

Nachhaltig bauen mit Beton

Roadmap des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb) für einen klimagerechten und ressourceneffizienten Betonbau (Version 2.0)

0 Präambel

Die Umsetzung von Nachhaltigkeitszielen im Bauwesen hat in den vergangenen 20 Jahren an Bedeutung gewonnen. Zertifizierungssysteme des Bundes (BNB) und der Privatwirtschaft (DGNB) sind nur zwei herausragende Beispiele, die zeigen, wie die 3 Säulen der Nachhaltigkeit anhand vorgegebener Kriterien zur ökologischen und ökonomischen Qualität, zur soziokulturellen, funktionalen und technischen Qualität sowie zur Prozessqualität für das Bauen spezifiziert und bewertet werden.

Integrale Bestandteile der Nachhaltigkeit sind der Klimaschutz und die ressourceneffiziente Nutzung von Baustoffen, auf die in den zurückliegenden Jahren bewusst der politische Fokus gelegt wurde. Klimaschutz ist dabei als Sammelbegriff für Maßnahmen zu verstehen, die der durch den Menschen verursachten globalen Erwärmung entgegenwirken und mögliche Folgen der globalen Erwärmung abmildern (Mitigation) oder verhindern sollen. Die Klimaschutzziele sind in Nachhaltigkeitsbeurteilungen von Gebäuden implementiert. Als eine Leitgröße innerhalb der ökologischen Säule der Nachhaltigkeit ist daher in der jüngeren Vergangenheit der Indikator „Treibhauspotenzial (GWP)“ in den Fokus gerückt, gilt es doch, die globale Erderwärmung auf maximal 1,5 °C gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen.

Im Dezember 2019 haben sich die Staats- und Regierungschefs der EU im Rahmen des „Grünen Deals“ zum Ziel der Klimaneutralität bis 2050 bekannt [1]. Bis 2050 sollen also alle Treibhausgasemissionen in der Europäischen Union soweit wie möglich vermieden werden. Dabei dürfen die Folgen aus den erforderlichen Maßnahmen zum Klimaschutz für ökonomische und soziokulturelle Entwicklungen nicht außer Acht gelassen werden, weshalb der Klimaschutz immer auch im Gesamtzusammenhang der Nachhaltigkeit gesehen werden muss. Die Europäische Kommission hat zudem im April 2021 mit der

EU-Taxonomie [2] ein Maßnahmenpaket zur Unterstützung des „Grünen Deals“ vorgelegt, das dazu beitragen soll, in der Europäischen Union mehr Geld in nachhaltige Tätigkeiten zu lenken. Anleger werden in die Lage versetzt, ihre Investitionen verlässlich und ohne „Greenwashing“ auf nachhaltigere Technologien und Unternehmen umzustellen. Auf globaler Ebene will die EU bei der Festlegung von Standards für ein nachhaltiges Finanzwesen eine Führungsrolle übernehmen.

Deutschlands Weg zur Treibhausgasneutralität ist im Klimaschutzgesetz (KSG) vorgezeichnet. Nach dem Beschluss des Bundesverfassungsgerichts vom 29. April 2021 und mit Blick auf das europäische Klimaziel 2030 hat die Bundesregierung am 12. Mai 2021 ein gegenüber der Fassung aus 2019 und den genannten europäischen Zielen zugescharftes Klimaschutzgesetz 2021 vorgelegt [3]. Der Beschluss des Gerichts verpflichtet den Staat, aktiv vorzubeugen, so dass es in Zukunft nicht zu unverhältnismäßigen Einschränkungen der Freiheitsgrundrechte der heute jüngeren Menschen kommt. Der Bundestag hat die Klimaschutznovelle am 24. Juni 2021 beschlossen. Sie hat am 25. Juni 2021 auch den Bundesrat passiert. Mit dem neuen Klimaschutzgesetz begegnet die Bundesregierung den besonderen Herausforderungen, die mit dem Klimawandel verbunden sind. Mit dem geänderten Klimaschutzgesetz werden die Zielvorgaben für weniger CO₂-Emissionen angehoben. Das Minderungsziel für 2030 steigt um 10 %-Punkte auf mindestens 65 %. Das heißt, Deutschland soll bis zum Ende des Jahrzehnts seinen Treibhausgas-Ausstoß um 65 % gegenüber dem Jahr 1990 verringern. Die höheren Ambitionen wirken sich auch auf die Kohlendioxid-Minderungsziele bis zum Jahr 2030 in den einzelnen Sektoren aus: in der Energiewirtschaft, der Industrie, im Verkehrssektor, im Gebäudebereich und in der Landwirtschaft. Die Klimaziele werden kontinuierlich per Monitoring überprüft. Der Expertenrat für

Klimafragen hat erstmals im November 2022 ein Gutachten nach § 12, Abs. 4, des Bundes-Klimaschutzgesetzes, über die bisher erreichten Ziele, Maßnahmen und Trends vorgelegt [4]. Im Turnus von zwei Jahren erfolgt eine Neuauflage des Gutachtens. Werden die Budgets nicht eingehalten, steuert die Bundesregierung umgehend nach. 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 zum Jahr 2045 soll Deutschland Treibhausgasneutralität erreichen: Es muss dann also ein Gleichgewicht zwischen Treibhausgas-Emissionen und deren Abbau herrschen. Nach dem Jahr 2050 strebt die Bundesregierung negative Emissionen an. Dann soll Deutschland mehr Treibhausgase in natürlichen Senken einbinden, als es ausstößt.

Flankierende Maßnahmen des überarbeiteten KSG sind:

- Verbesserung der CO₂-Bindungswirkung durch natürliche Ökosysteme (Kohlenstoffspeicher als Senken);
- 8 Mrd. EUR Sofortprogramm für mehr Klimaschutz;
- Abstimmung der Klimaschutzmaßnahmen mit der EU-Kommission;
- konkrete Festlegungen des Weges zur Klimaneutralität (Planvorgaben).

Die Umsetzung von Nachhaltigkeitszielen fügt sich nahtlos in die Agenda 2030 „Ziele für nachhaltige Entwicklung“ der Vereinten Nationen mit ihren 17 Zielen ein [5]. Die Vereinten Nationen haben sich auf einen globalen Plan zur Förderung nachhaltigen Friedens und Wohlstands und zum Schutz unseres Planeten geeinigt. Seit 2016 arbeiten alle Länder daran, diese gemeinsame Vision zur Bekämpfung der Armut und Reduzierung von Ungleichheiten in nationale Entwicklungspläne zu überführen. Nachhaltigkeit im Bauwesen trägt hier insbesondere (mittelbar und unmittelbar) zu den Zielen:

- Sauberes Wasser und Sanitärversorgung (Nr. 6),
- Industrie, Innovation und Infrastruktur (Nr. 9),
- Nachhaltige Städte und Gemeinden (Nr. 11),
- Maßnahmen zum Klimaschutz (Nr. 13),
- Leben unter Wasser (Nr. 14) und an Land (Nr. 15)

bei.

Die Bauwirtschaft und insbesondere die Betonbauweise stehen bereits seit längerem im Fokus der Klimaschutz- und Nachhaltigkeitsdiskussionen. Der Bausektor wird von Politik und Öffentlichkeit als einer der größten Verbraucher von Ressourcen und als Verursacher hoher CO₂-Emissionen wahrgenommen. Baustoffindustrie und Bauwirtschaft haben daher 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 [6], was die Dringlichkeit unterstreicht.

Letztendlich sind von den politischen Vorgaben alle am Betonbau beteiligten Kreise vom Planer über den Betonhersteller und -verarbeiter bis hin zum Nutzer des Bauwerkes sowie die Bauaufsicht betroffen. Die Koordination der verschiedenen Aktivitäten und die Festschreibung von Regelungen zur Nachhaltigkeit beim Bauen mit Beton über die verschiedenen Interessensgruppierungen sind daher unstrittige Aufgaben, die auf den DAfStb mit seiner außergewöhnlichen Fachkompetenz und Arbeitsweise am „Runden Tisch“ zugeschnitten sind.

Wenngleich sich dieses Engagement über lange Zeiten erstrecken wird, gilt es 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 also um den Betonbau insgesamt. Die jetzt zu treffenden Maßnahmen werden für lange Zeit richtungsweisend sein. Es handelt sich 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 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.

Anlässlich der 49. Sitzung des Vorstandes am 23. März 2021 wurde daher beraten, wie der DAfStb die Herausforderungen in entsprechenden Aufgaben und Maßnahmen für seine Gremien umsetzen kann und soll. Startpunkt aller nachfolgenden Aktivitäten ist der sehr ambitionierte Grundsatzbeschluss

„Ziel des DAfStb ist, bis spätestens 2050 die Klimaneutralität der Betonbauweise zu erreichen.“

der, bedingt durch die Novelle des Klimaschutzgesetzes auf Grundlage der Beschlüsse des Bundesverfassungsgerichtes (s. o.), anlässlich der 50. Vorstandssitzung am 27. September 2021 noch einmal wie folgt zugeschräfft wurde.

„Ziel des DAfStb ist, bis spätestens 2045 die Klimaneutralität der Betonbauweise zu erreichen.“

Alle Maßnahmen müssen sich an folgenden wesentlichen Zielen der Nachhaltigkeit ausrichten:

- a) eine unverzügliche und drastische Reduzierung der CO₂-Emissionen als essenziellen Beitrag zum Klimaschutz;
- b) Vorsorge leisten für die bereits vorhandenen Folgen des Klimawandels;
- c) Ressourcenschonung und Materialoptimierung.

Bei der Abwägung, ein Bauwerk zu erhalten oder es zurückzubauen, ist im Sinne der Nachhaltigkeit immer zunächst der erhaltende Ansatz zu verfolgen und die Lebensdauer durch entsprechende Instandhaltungsmaßnahmen zu verlängern.

Diese durch den DAfStb-Vorstand in der Urfassung (Version 1.0) 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. Die Roadmap beinhaltet kurz- und mittelfristige Maßnahmen zur Umsetzung der Nachhaltigkeitsziele, aus denen dann weitere langfristig angelegte Vorhaben (Forschung, Richtlinien, Normung) entwickelt werden. Sie wird fortgeschrieben, wenn wichtige neue Projekte hinzugekommen sind oder Vorhaben abgeschlossen wurden.

1. Meilensteinplanung

1.1 Herausgabe einer Planungshilfe zum nachhaltigen Bauen mit Beton

Zunehmende Rohstoffknappheit, begrenzter Deponieraum und gesetzliche Vorgaben zum Klimaschutz... dies sind die globalen Entwicklungen, die von nachhaltigen Gebäuden u. a. einen geringen Verbrauch von Rohstoffen und Energie ebenso wie eine größtmögliche Nutzungsflexibilität und Wiederverwendbarkeit fordern. Sie müssen ökologischen, ökonomischen und sozialen Ansprüchen gerecht werden, gleichzeitig eine hohe technische Qualität bieten sowie auf die Prozesse des Bauwesens abgestimmt sein. Weiterhin sollen die Gebäude für den Nutzer behaglich sein und dürfen dessen Gesundheit nicht beeinträchtigen. Das spezifische Anforderungsprofil des Bauherrn legt deshalb fest, mit welchen Schwerpunkten die zahlreichen Kriterien der Nachhaltigkeit, wie sie z. B. in den Zertifizierungssystemen des Bundesbauministeriums [7] oder der DGNB [8] verankert sind, gegeneinander abgewogen werden sollen. Da der Wert eines Gebäudes

im Sinne der Nachhaltigkeit nicht nur von dessen Herstellkosten und vom reinen Grundstückswert abhängt, gilt es eine Vielzahl von Kriterien zu prüfen und in die Planung und Errichtung des Gebäudes einfließen zu lassen. Hieraus ergeben sich eine sinnvolle Standortplanung, eine ästhetische Architektur, eine optimierte Tragwerksplanung, eine effiziente Gebäudetechnik, eine geeignete Materialauswahl und ein sinnvoller Herstellungsprozess.

Einer der bereits umgesetzten Meilensteine der Roadmap des DAfStb ist die Planungshilfe „Nachhaltig bauen mit Beton“ [9] für Bauwerke des üblichen Hochbaus (Wohnungsbauten, Verwaltungsgebäude, Veranstaltungsbauten, Einkaufszentren, Industriehallen etc.). Sie dient Investoren, Bauherren, Planern, Ausführenden und Vertretern der Bauaufsicht für Entscheidungsprozesse beim nachhaltigen Bauen mit Beton. Sie zeigt auf, wie mit dem bereits vorhandenen Regelwerk im Betonbau nachhaltig geplant und gebaut werden kann und verdeutlicht Wechselwirkungen zwischen den Maßnahmen. Die Planungshilfe wurde als erste konkrete Maßnahme zeitgleich zur Version 1.0 der Roadmap im Herbst 2021 veröffentlicht und kann zum Beispiel im Rahmen von BBQ-S nach DIN 1045:1000:2023-08 [10] im Zusammenhang mit dem „Anwendungsfall 0“ nach Tabelle 2 der Norm speziell vereinbart werden.

1.2 Überarbeitung der 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, [11]), in denen die 3 Säulen der Nachhaltigkeit für den Betonbau spezifiziert wurden. Analog zur GruSiBau [12], die die Grundlagen der Sicherheitsanforderungen für den Betonbau festlegt (Vorläufer von EN 1990), stellt die GrunaBau die wesentlichen Grundvorgaben für das nachhaltige, ressourceneffiziente und klimaschonende Bauen mit Beton zusammen und konkretisiert diese durch Hinweise, die als Hilfestellung bei der Planung und zur Ausarbeitung von weitergehenden Anwendungsregeln genutzt werden können. Der DAfStb greift die neueren Entwicklungen in Deutschland und im CEN/TC 350 auf und setzt dabei die Arbeiten an der GrunaBau über seinen Unterausschuss „Grundsätze“ fort (s. Tabelle 1). Grundlage ist dabei der Entwurf (Gelbdruck) aus dem Jahr 2014, in dem die 3 Säulen der Nachhaltigkeit anhand der in den genannten Zertifizierungssystemen (BNB [7], DGNB [8]) vorgegebenen Kriterien zur ökologischen und ökonomischen Qualität, zur soziokulturellen, funktionalen und technischen Qualität sowie zur Prozessqualität für den Betonbau spezifiziert wurden. Die entlang des Lebenszyklus an eine Norm oder Richtlinie des DAfStb angelehnte Struktur des Entwurfes der GrunaBau aus 2014 mit derzeit 54 Seiten, stellt sich wie folgt dar:

0	Vorwort
1	Anwendungsbereich
2	Bezugsdokumente – normative Verweisungen
3	Begriffe
4	Grundlagen der Nachhaltigkeitsbeurteilung
5	Durchführung der Nachhaltigkeitsbeurteilung – Lebenszyklusmanagement
6	Technische Empfehlungen für die Umsetzung
6.1	Herstellung von Ausgangsstoffen für Stahlbeton
6.2	Planung von Betonbauwerken
6.3	Bauausführung von Betonbauwerken
6.4	Umbau von Betonbauwerken
6.5	Rückbau von Betonbauwerken

Die bereits vorhandenen Inhalte sollen bei der Überarbeitung der GrunaBau weitgehend erhalten bleiben und den aktuellen Entwicklungen angepasst werden. U. a. werden [13], [14], [15], [16] und [17] berücksichtigt.

In erläuternden Anmerkungen der GrunaBau werden bereits Hinweise auf Anwendungsregeln gegeben, die im Zuge der weiteren Konkretisierung ausgearbeitet werden müssen. Hinzugenommen und als Fokusaspekt bei der überarbeiteten GrunaBau herausgestellt werden die genannten Zielsetzungen zur Reduzierung klimaschädlicher Gase bis zur Klimaneutralität im Jahr 2045 bei der Herstellung und Errichtung von Betonbauwerken, dem Betrieb, der Instandhaltung und dem Rückbau. Diese Zielsetzungen sind im Gelbdruck der GrunaBau aus 2014 in Form von „Prinzip bzw. Grundvorgabe“ und „Anwendungsregel“ bereits angelegt. Das nachfolgende Beispiel verdeutlicht dieses Konzept:

Zitat aus 6.1.1 in [11] : *„Die in Ökobilanzen zu erfassenden Wirkungen der Herstellung des Betons werden durch seine Ausgangsstoffe und dabei im Wesentlichen durch den Beitrag des Bindemittels (z. B. der Zementart) bestimmt. Bei der Wahl der Betonzusammensetzung ist dieser Gesichtspunkt zu beachten“ (→ Prinzip bzw. Grundvorgabe).*

Dazu ANMERKUNG 2, Zitat aus [11] : *„Ökobilanzen zur Herstellung von Zement werden durch den Aufwand für die Herstellung des Portlandzementklinkers wesentlich beeinflusst. Entsprechend weisen Zemente mit mehreren Hauptbestandteilen, die z. B. unter zusätzlicher Verwendung von Hüttensand, Flugasche oder Kalkstein hergestellt werden, ein günstigeres ökobilanzielles Baustoffprofil auf.“ (→ Anwendungsregel).*

Die in Abschnitt 6 der GrunaBau aus 2014 formulierten Empfehlungen werden entsprechend dem genannten Beispiel zu Prinzipien und Anwendungsregeln umformuliert und gegebenenfalls durch noch zu erarbeitende Planungshilfen, Empfehlungen, Richtlinien- oder Normenprojekten mit Maßnahmen und Festlegungen zur Umsetzung der Nachhaltigkeitsziele entlang des Lebenszyklus konkretisiert, die dann beispielsweise in bestehende Be-

wertungssysteme integriert werden können (DGNB oder BNB). Wertvolle Hinweise hierzu enthält auch [13], [17]. Als neue Rahmendokumente werden insbesondere auch [7], [18] und [19] hinzugezogen.

Die überarbeitete GrunaBau dient damit im Wesentlichen als Grundlagendokument, das für die Entwicklung von Technischen Regeln im Betonbau anzuwenden ist (Normen, Richtlinien). Aktuelle Beispiele sind die Richtlinienprojekte in Tabelle 1, Zeilen 4 und 6.

1.3 Konkrete Richtlinien- und Normenprojekte (mittel- bis langfristig)

Tabelle 1 enthält einen Meilensteinplan mit aktuellen und in der näheren Zukunft (mittelfristig bis ca. 2025) geplanten Richtlinien- und Normenprojekten zur Umsetzung der Nachhaltigkeits-/Klimaziele sowie über die in den vergangenen 2 bis 3 Jahren bereits umgesetzten Aktivitäten (Zeilen 15 bis 22).

Zukünftige Betonnormen und Richtlinien werden stets unter Einbeziehung der GrunaBau als Strukturierungsinstrument hinsichtlich ihres Beitrages zum nachhaltigen Bauen mit Beton betrachtet. Der DAfStb wird darauf hinwirken, dass eine erforderliche Anpassung der Betonnormen auf nationaler und europäischer Ebene schnell erfolgt.

Bei den bereits laufenden Regelwerksprojekten nach Tabelle 1 hat es sich bewährt, dass in sogenannten kleineren „Task Forces“ aus dem Kreis der Mitarbeiter eines Gremiums zunächst ein Konzept (Terms of Reference (ToR)) entwickelt und durch das Gremium verabschiedet wird, bevor die eigentliche Arbeit an dem Regelwerk im Detail aufgenommen wird. Dadurch kann die Bearbeitungszeit spürbar reduziert werden.

Tabelle 1 – Meilensteinplan – Matrix mit Priorisierungen für Normen- und Richtlinienprojekte
(Handlungsrahmen für die nähere Zukunft bis 2025)

Nr.	Projekt	Gremium/Ausschuss	Obperson
1	2	3	4
1	Nachhaltig bauen mit Beton – Roadmap des DAfStb für einen klimagerechten und ressourceneffizienten Betonbau	Vorstand; Vorbereitung und Unterstützung durch den Engeren Vorstand; Unterstützung durch den TA Nachhaltig Bauen mit Beton (TA NBB) bei der Fortschreibung	Breitenbücher
2	Koordinierung aller Aktivitäten und Aufgaben zur Zielsetzung „Nachhaltig Bauen mit Beton“	TA NBB	Haist, Glock
3	Überarbeitung der GrunaBau (Basis: Gelbdruck aus 2014)	UA Grundsätze unter dem TA NBB	Becke
4	RL Treibhausgasreduzierte Tragwerke aus Beton, Stahlbeton oder Spannbeton, Teile 0 „Grundlagen“ und 1 „Deckenbauteile“	TA NBB	Haist, Glock

Wesentliche Zielsetzung zur Umsetzung des Nachhaltigen Bauens mit Beton	Zeithorizont	Priorität
5	6	7
Meilensteinplanung und Steuerung; permanente Überprüfung der Ziele und Maßnahmen	verabschiedet in der Version 1.0 durch den Vorstand am 27. September 2021; aktualisiert in der Version 2.0 und verabschiedet durch Vorstandsbeschluss am 25. September 2023.	1
permanente Überprüfung der Ziele und Maßnahmen; Clusterung von Themen; Festlegung von Aufgaben und Projekten für die Technischen Ausschüsse (Forschung, Regelwerke) für das nachhaltige Bauen mit Beton; Entwicklung von generischen Richtlinien für den Betonbau (s. z. B. Zeilen 4 und 5); Positionspapiere zur Information von Politik und Öffentlichkeit.	Konstituierung des TA NBB am 07. Dezember 2021	1
Entwicklung von Prinzipien/Grundvorgaben und Anwendungsregeln für das nachhaltige Bauen für Regelwerke im Betonbau (analog zur EN 1990)	Gelbdruck bis Ende 2023/Anfang 2024	1
Die Richtlinie definiert generische und spezifische Anforderungen und Maßnahmen, mittels derer die Einhaltung der international und national vorgegebenen Treibhausgasreduktionsziele bei der Errichtung von Tragwerken aus Beton, Stahlbeton oder Spannbeton sichergestellt wird. Dies wird erreicht durch: <ul style="list-style-type: none"> – Festlegung von allgemein gültigen Referenzzuständen für das gewählte Basisjahr 2020; – Festlegung eines allgemein gültigen CO₂-Minderungspfad, mittels sogenannter Treibhausgas-Minderungsklassen bis zur Treibhausgasneutralität im Jahr 2045; – Festlegung von zulässigen Treibhausgasemissionen für das gesamte Tragwerk; – Konkretisierung des Referenzzustandes 2020 für Deckenbauteile im Teil 1 der RL Forschungsvorhaben V514 „Ableitung von Empfehlungen und Regeln für die frühe Planungsphase von Hochbauten zur Auswahl nachhaltiger Deckensysteme in Massivbauweise unter Beachtung der Prinzipien der „Grundsätze des nachhaltigen Bauens mit Beton“ (DAfStb-GrunaBau)“ zur Unterstützung von Teil 1 der RL bewilligt (Prof. Ricker).	RL-Entwurf wurde innerhalb von ca. 1,5 Jahren im TA NBB fertiggestellt; Gelbdruck wurde im August 2023 durch den Vorstand verabschiedet; Gelbdruckverfahren läuft noch bis zum 03.11.2023; Veröffentlichung für Anfang 2024 geplant; anschließende Notifizierung. Abschlussbericht bis Ende 2023	1

Nr.	Projekt	Gremium/Ausschuss	Obperson
1	2	3	4
5	Begleitung der CEN-Aktivitäten, z. B. in WG19 von CEN/TC104 → Abstimmung mit JCP (informell)	TA NBB oder UA Grundsätze	Müller
6	RL Dauerhaftigkeit nach dem System der Expositionswiderstandsklassen (ERC-Richtlinie)	UA Dauerhaftigkeit von Betonbauwerken unter dem TA BT	Schießl-Pecka
7	RL Verfahren zur Herleitung von Teilsicherheitsbeiwerten im Massivbau unter Verwendung probabilistischer Methoden	UA Sicherheit im Massivbau unter dem TA BK	Ricker
8	RL Ultrahochfester Beton, Teile 1, 2 und 4	UA Ultrahochfester Beton unter dem TA BT	Schmidt

Wesentliche Zielsetzung zur Umsetzung des Nachhaltigen Bauens mit Beton	Zeithorizont	Priorität
5	6	7
<p>Reduzierung des Materialverbrauchs und der CO₂-Emissionen entlang der Wertschöpfungskette; Veröffentlichung eines CEN-TR, bestehend aus 2 Teilen in Planung:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Teil 1 enthält Maßnahmen, die bereits heute ergriffen werden können, um zur Dekarbonisierung, Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit im Betonbau beizutragen; – Teil 2 zeigt weitere langfristige Maßnahmen und Potenziale zur Dekarbonisierung und Nachhaltigkeit im Betonbau auf. <p>Englische Übersetzung der Planungshilfe https://www.fdb-fertigteilbau.de/fileadmin/user_upload/Planungshilfen/Nachhaltig_Bauen/DAfStb-Planungshilfe_zum_nachhaltigen_Bauen_mit_Beton_englisch_2021-12-17.pdf als Basispapier für den Teil 1 eingebracht</p>	Veröffentlichung des CEN-TR in 2024	1
Optimierung von Betonzusammensetzungen mit dem Ziel der Reduzierung von CO ₂ -Emissionen für bis zu 80% des deutschen Betonmarktes durch Anwendung des neuen Dauerhaftigkeitskonzeptes der Expositionswiderstandsklassen XRC und XRDS von DIN EN1992-1-1:2023	Verabschiedung eines Richtlinienkonzeptes im Dezember 2022; Ausarbeitung der Richtlinie auf Grundlage der neuen DIN 1045:2023-08 läuft seit Anfang 2023; Gelbdruck der RL im ersten Quartal 2024 geplant.	1
Optimierung von Teilsicherheitsbeiwerten zur besseren Ausnutzung der Werkstoffe (z. B. Beton), s. a. Anhang A von DIN EN 1992-1-1:2023; Vorarbeiten aus dem WIPANO-Projekt TesiproV des BMWK (Richtlinienentwurf aus 2022 als Vorlage); Teil 1 der RL „Grundlagen für zeitinvariante Betrachtungen“ liegt im Entwurf vor; DAfStb-Vorhaben V513 „Beitrag zur datengesteuerten Tragwerksplanung durch die Aktualisierung der Prior-Verteilungen eines Bayes'schen Modells zur stochastischen Beschreibung der Betondruckfestigkeit unter Verwendung von Daten aus der Betonfremdüberwachung“ zur Unterstützung der Richtlinienarbeit im Dezember 2022 abgeschlossen (Prof. Ricker).	Konstituierende Sitzung des UA am 07.11.2022; Abschluss von Teil 1 der Richtlinie im Laufe des Jahres 2024	1
Beitrag zur Nachhaltigkeit durch Dauerhaftigkeit/ lange Nutzungsdauer; Verlängerung der Nutzungsdauer von Bestandsbauwerken (Brückeninstandsetzung, z. B. durch Deckschicht auf der Fahrbahnplatte und dadurch Vermeidung von Abriss)	Gelbdruck bis Mitte/Ende 2024 auf Grundlage von DIN EN 1992-1-1:2023 für Teil 1 und DIN 1045:2023 für die Teile 2 und 4	2

Nr.	Projekt	Gremium/Ausschuss	Obperson
1	2	3	4
9	RL Betonbauteile mit nichtmetallischer Bewehrung	UA Nichtmetallische Bewehrung als Gemeinschaftsunterausschuss zum TA BEW und TA BK	Will
10	RL Erhaltung von Bauwerken aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton	UA Bauen im Bestand unter dem TA BK	Marx
11	RL Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen abweichend von den Anforderungen der DIN 1045-2:2023-08	TA BK (Federführung) / UA Beton mit rezyklierter Gesteinskörnung unter dem TA BT	Hegger/ N.N.
12	RL Verstärken von Betonbauteilen mit geklebter Bewehrung	UA Verstärken unter dem TA BK	Finckh
13	RL Flächige Instandsetzung mit carbonbewehrten Mörtel- und Betonschichten	TA SIB	Raupach
14	RL Infraleichtbeton	UA Infraleichtbeton unter dem TA BK (Einbindung von TA BT)	Hückler

Wesentliche Zielsetzung zur Umsetzung des Nachhaltigen Bauens mit Beton	Zeithorizont	Priorität
5	6	7
Einführung einer neuen Bauart mit dem Potenzial, CO ₂ -Emissionen zu reduzieren; begleitend Erläuterungsheft Nr. 660 in Vorbereitung. 2. Fassung der Richtlinie mit erweitertem Anwendungsbereich (z. B. vorgespannte Bauteile, Ermüdung) zur nationalen Umsetzung von Anhang R der DIN EN 1992-1-1:2023	Einspruchverfahren zum Gelbdruck in 2023 abgeschlossen; Weißdruck durch den Vorstand im September 2023 zur Drucklegung freigegeben; Notifizierung bis zum 11. Dezember 2023 Drucklegung Anfang 2024. Erarbeitung 2. Fassung bis etwa Mitte 2025.	2
Verlängerung der Nutzungsdauer von Bestandsbauwerken; nationale Umsetzung von Anhang I der DIN EN 1992-1-1:2023; zur Unterstützung DAfStb-Hefte zur Bauwerksinspektion und zur Anpassung von Teilsicherheitsbeiwerten in Planung.	Richtlinienstruktur wird derzeit im UA diskutiert; RL-Erarbeitung bis etwa Mitte 2025	2
Erhöhung der austauschbaren Anteile grober rezyklierter Gesteinskörnung auf bis zu 100 %; Einführung von Regelungen für rezyklierte Gesteinskörnungen vom Typ 3; DAfStb-Vorhaben V515 „Bemessen und Konstruieren von Betontragwerken mit erhöhten Anteilen rezyklierter Gesteinskörnungen – Identifizierung und Strukturierung des Forschungsbedarfs“ zur Identifizierung der Lücken und des Forschungsbedarfes im April 2023 abgeschlossen (Prof. Hegger, Prof. Claßen).	Strukturierung des Forschungsbedarfes liegt vor; Geeignete Bekanntmachungen für Verbundforschung werden gesucht	3
Verlängerung der Nutzungsdauer von Bestandsbauwerken; Überarbeitung der bestehenden RL aus 2012-03 zur nationalen Umsetzung von Anhang J der DIN EN 1992-1-1:2023; Aufnahme von spezifischen Regelungen zum Verstärken mit Carbonbeton.	Überarbeitung der RL bis etwa Mitte 2025	3
Verlängerung der Nutzungsdauer von Bestandsbauwerken; ein erster Entwurf einer RL auf Grundlage von BAW-MITEX liegt vor.	Im TA SIB wird derzeit der mögliche Anwendungsbereich für die Richtlinie beraten, Vorstellung des Ergebnisses im TA SIB im März 2024	3
günstige Ökobilanz durch CEM III/A; schnelle Aufnahme von CO ₂ durch Karbonatisierung; gute Wärmedämmeigenschaften; weitere Informationen zum Infraleichtbeton s. Beton-Kalender 2021.	RL-Konzept liegt vor und wird in den beiden eingerichteten Arbeitsgruppen „Bemessung und Konstruktion“ und „Beton“ weiterentwickelt	3

Nr.	Projekt	Gremium/Ausschuss	Obperson
1	2	3	4
15	RL Bestimmung der Freisetzung umwelt-relevanter Stoffe aus zementgebundenen Baustoffen in der dynamischen Oberflächenauslaugprüfung	TA Umwelt (bis Juni 2021)	Spanka
16	Erläuterungen zur Umweltverträglichkeit	TA Umwelt (bis Juni 2021)	Spanka
17	Planungshilfe Nachhaltig bauen mit Beton	Vorstand; Vorbereitung und Unterstützung durch den Engeren Vorstand	Breitenbücher
18	Anwendungshilfe zur DIBt TR Instandhaltung von Betonbauwerken in Verbindung mit der RL SIB (2001)	TA SIB	Raupach
19	RL Fertigteilhohlplatten	UA	Tillmann
20	RL Verwendung von siliziumreicher Flugasche und Kesselsand in Betonbauteilen in Kontakt mit Boden, Grundwasser oder Niederschlag	TA Umwelt (bis Juni 2021)	Spanka

Wesentliche Zielsetzung zur Umsetzung des nachhaltigen Bauens mit Beton	Zeithorizont	Priorität
5	6	7
Unterstützung zur Erfüllung von DGNB-Kriterium „Risiken für die lokale Umwelt“; Umsetzung „BWR3“ der EU-BauPVO/MBO; Prüfverfahren für 6.2.1 (6) in Deutscher Ausschuss für Stahlbeton. Grundsätze des nachhaltigen Bauens mit Beton, Gelbdruck Juli 2014, unveröffentlicht.	Veröffentlichung der überarbeiteten Richtlinie mit Ausgabe Juni 2020	–
Unterstützung zur Erfüllung von DGNB-Kriterium „Risiken für die lokale Umwelt“; Erläuterung zu 6.2.1 (6) in Deutscher Ausschuss für Stahlbeton. Grundsätze des nachhaltigen Bauens mit Beton, Gelbdruck Juli 2014, unveröffentlicht.	veröffentlicht im September 2020, s. https://www.dafstb.de/application/stellungnahmen/DAfStb_Umweltvertraeglichkeit_Beton_2020-09-07.pdf	–
Hilfestellung zum nachhaltigen Bauen mit Beton für Planer, Beton-technologen und Ausführende	Mit Datum vom 29.10.2021 auf der Homepage des DAfStb veröffentlicht; Foliensatz für Vorträge und Vorlesungen und DAfStb-Heft 588 auf der Homepage veröffentlicht (http://www.dafstb.de/nachhaltigkeit.html)	–
Unterstützung der Fachöffentlichkeit bei der Planung und Instandhaltung von Betonbauteilen zur Verlängerung der Nutzungsdauer von Bestandsbauwerken.	Erschienen als DAfStb-Heft 638 im September 2022	–
Materialoptimierung durch Hohlplatten zur Reduzierung des „CO ₂ -Inhaltes“; s. a. [6] Adaptivität der Grundrisse durch große Spannweiten, s. a. [9]	Neuveröffentlichung mit Ausgabe Januar 2023	–
Unterstützung zur Erfüllung von DGNB Kriterium „Risiken für die lokale Umwelt“; Umsetzung „BWR3“ der EU-BauPVO/MBO; Umsetzung von Anhang 10 der MVV TB.	Veröffentlichung der überarbeiteten Richtlinie mit Ausgabe April 2023	–

Nr.	Projekt	Gremium/Ausschuss	Obperson
1	2	3	4
21	Neue DIN 1045-1000	NABau FBR 07 Beton- und Stahlbetonbau	Breitenbücher
22	Neue DIN 1045-2	NABau AA Betontechnik	Breitenbücher

Wesentliche Zielsetzung zur Umsetzung des nachhaltigen Bauens mit Beton	Zeithorizont	Priorität
5	6	7
Einführung BBQ-Klassen für folgende Anwendungsfälle: <ul style="list-style-type: none"> – Betonbauwerke mit besonderen Anforderungen hinsichtlich Nachhaltigkeit (insbesondere Klimaschutz, Ressourceneffizienz) und Bauen im Bestand (BBQ-S); – Von 50 Jahren abweichende geplante Nutzungsdauer (BBQ-S); – Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen ≤ 25 Vol.-% Austausch der groben Gesteinskörnung (BBQ-N); – Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen > 25 Vol.-% Austausch der groben Gesteinskörnung (BBQ-E). 	Veröffentlichung der DIN 1045-1000:2023-08	–
Verbesserte Regelungen mit höhere Einsatzmengen für rezyklierten Gesteinskörnungen in Beton (Ersatz von natürlichen Gesteinskörnungen zur Ressourceneinsparung); Aufnahme von Anwendungsregeln für CEM II/C-Zemente zur Reduzierung von CO ₂ -Emissionen.	Veröffentlichung der DIN 1045-2:2023-08	–

Verwendete Gremienabkürzungen für die Technischen Ausschüsse:

- TA BK: Technischer Ausschuss Bemessung und Konstruktion
- TA BT: Technischer Ausschuss Betontechnik
- TA BEW: Technischer Ausschuss Bewehrung
- TA BA: Technischer Ausschuss Bauausführung
- TA BFT: Technischer Ausschuss Betonfertigteile
- TA BB: Technischer Ausschuss Betonbrücken
- TA SIB: Technischer Ausschuss Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen
- TA NBB: Technischer Ausschuss Nachhaltig bauen mit Beton

1.4 Forschungsaktivitäten im Verbund

Die Betonherstellung unterliegt einem stetigen Wandel. In den letzten Jahren wurden neue Zemente entwickelt, mit denen der Energieaufwand und die CO₂-Emissionen bei der Herstellung deutlich verringert werden können. Zudem führen der gesellschaftliche Anspruch und der Druck auf die Hersteller durch gesetzliche Vorgaben wie z. B. das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz dazu, dass Herstellprozesse vermehrt unter dem Aspekt der Ressourcenschonung und Nachhaltigkeit optimiert werden. Auf der anderen Seite stellt sich in naher Zukunft die Frage, inwieweit Flugasche, die bereits seit mehreren Jahrzehnten erfolgreich im Betonbau eingesetzt wird und die die CO₂-Bilanz von Beton verbessern kann, als Nebenprodukt aus der Kohleverstromung noch verfügbar sein werden. Diese Umbrüche im Markt, die Frage nach der zukünftigen Verfügbarkeit von Rohstoffen zur Herstellung von Beton sowie die damit einhergehenden Zement- und Zusatzstoffneuentwicklungen stellen die Branche in den nächsten 10 Jahren vor große Herausforderungen. Betonrezepturen müssen dahingehend optimiert werden, dass sie nachhaltig, d. h. mit einem möglichst geringem „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 anhand von speziellen, z. T. noch zu entwickelnden Prüfverfahren, erfasst wird, sind zwar für einige Bauwerkseinwirkungen bereits recht weit entwickelt, es fehlen aber umfassende praktische Erfahrungen mit diesen Ansätzen hinsichtlich Anwendbarkeit und Reproduzierbarkeit. Darüber hinaus gibt es auch zu bereits existierenden Prüfverfahren Vorbehalte, da ihre Ergebnisse nicht immer mit den Praxiserfahrungen übereinstimmen. Diese Ansätze, mit denen neue (z. B. ressourcenschonendere) oder bereits vorhandene Betonrezepturen hinsichtlich ihrer Dauerhaftigkeit zielsicher beurteilt und optimiert werden können, sollen durch Forschungsaktivitäten bis zur Praxisreife weiterentwickelt, verifiziert und für die Regelwerksetzung vorbereitet werden.

Ein entsprechendes Verbundforschungsprogramm zur Unterstützung der Arbeiten an den RL Dauerhaftigkeit nach dem System der Expositionswiderstandsklassen

des neuen EC 2 in Verbindung mit Performanceprüfungen (s. Tabelle 1, Zeile 6), insbesondere für die bisher noch nicht erfassten Expositionsklassen XD2, XD3, XS2 und XS3, wurde im Jahr 2020 durch den DAfStb vorbereitet und in Form von 5 Projekten über verschiedene AiF-Forschungsvereinigungen eingereicht (s. Tabelle 2).

Erfreulicherweise wurden alle 5 Projekte bewilligt. Einheitlicher Laufzeitbeginn war der 01. Mai 2021. Laufzeitende für alle Projekte ist der 30. April 2024. Im Frühjahr 2024 soll ein DAfStb-Fachkolloquium anlässlich des Abschlusses des Vorhabens stattfinden. Die Forschungsergebnisse sollen Eingang in die Schriftenreihe und die weitere Richtlinienarbeit finden.

1.5 Projekte zur Mitigation/Adaption

Ende 2020 wurde ein Unterausschuss „Betonbau bei höheren Temperaturen“ unter dem Technischen Ausschuss „Betontechnik“ eingerichtet, der sich mit den Konsequenzen und ggf. zu ergreifenden Maßnahmen auseinandersetzt, die sich aus den in den Sommermonaten klimabedingt erhöhten Betontemperaturen im gesamten Betonbau ergeben. Hintergrund hierzu ist, dass die in der heutigen Betonnorm enthaltene Empfehlung einer auf 30 °C begrenzten Frischbetontemperatur vielfach nicht eingehalten werden kann. Diese Thematik betrifft sowohl die Planung als auch die Betontechnik und ebenso die Bauausführung (Querschnittsaufgabe).

Die Temperaturentwicklung im Betonbauteil wird maßgeblich durch die Betonzusammensetzung bestimmt. Flugasche und Hüttensand werden seit Jahren zur Reduzierung der Hydratationswärmeentwicklung im Bauteil eingesetzt. Die bereits jetzt feststellbare deutliche Abnahme der Verfügbarkeit von Flugasche und Hüttensand im Marktgeschehen erfordert ein Paradigmenwechsel insbesondere bei der Planung, in der Betontechnik und bei der Ausführung, insbesondere von massigen Bauteilen.

Erste Ergebnisse der Aktivitäten des neuen Unterausschusses sind Vorschläge zu einer moderaten Erhöhung der höchstzulässigen Frischbetontemperatur auf 35 °C mit konkretisierten Anwendungseinschränkungen, wodurch sichergestellt wird, dass die Bauteilbemessung ohne zusätzlichen Aufwand nach DIN EN 1992-1-1 durchgeführt werden kann.

Weiterhin soll die Entwicklung eines den sich ändernden Bedingungen angepassten Maßnahmenkatalogs zur Vermeidung höherer Frischbetontemperaturen/Begrenzung der Hydratationswärmeentwicklung Gegenstand der Arbeiten in dem Unterausschuss sein (z. B. Kühlen mit Scherbeneis, Verwendung von VLH-Zementen, neue oder angepasste Nachbehandlungsverfahren, Bauteilkühlung etc.).

Tabelle 2 – Projekte und beteiligte Institutionen

Projekt	Inhalt	AiF-FV ¹⁾	Forschungsstellen ²⁾	Projektausschuss/Partner (Auswahl)
1	2	3	4	5
P1	Objektsammlung, Zustandserfassung eines repräsentativen Bauwerksbestandes (XC, XD, XS und XF)	VDZ	<u>VDZ</u> , TUM	BAW, BASt, Autobahndirektionen
P2	Grenzzustände/erforderliche Zuverlässigkeiten	FV BFT	<u>TUM</u> , HSU	BAW, DIBt
P3	Prüfverfahren (Labor, Bauwerksprüfungen)	FEhS	<u>FEhS</u> , KIT, RUB	VGB PowerTech, Autobahndirektionen, BAW
P4	Klassifikation Materialwiderstände, Produktionskontrolle (PC), Konformitätskriterien und -kontrolle (CC)	FTB	<u>KIT</u> , VDZ, HCU	Zementwerke, Transportbetonwerke, Fertigteilwerke
P5	Annahmeprüfungen auf der Baustelle/Abnahmeprüfungen am Bauwerk	FTB	<u>RUB</u> , TUM	Bauunternehmen, BAW, BASt, Autobahndirektionen

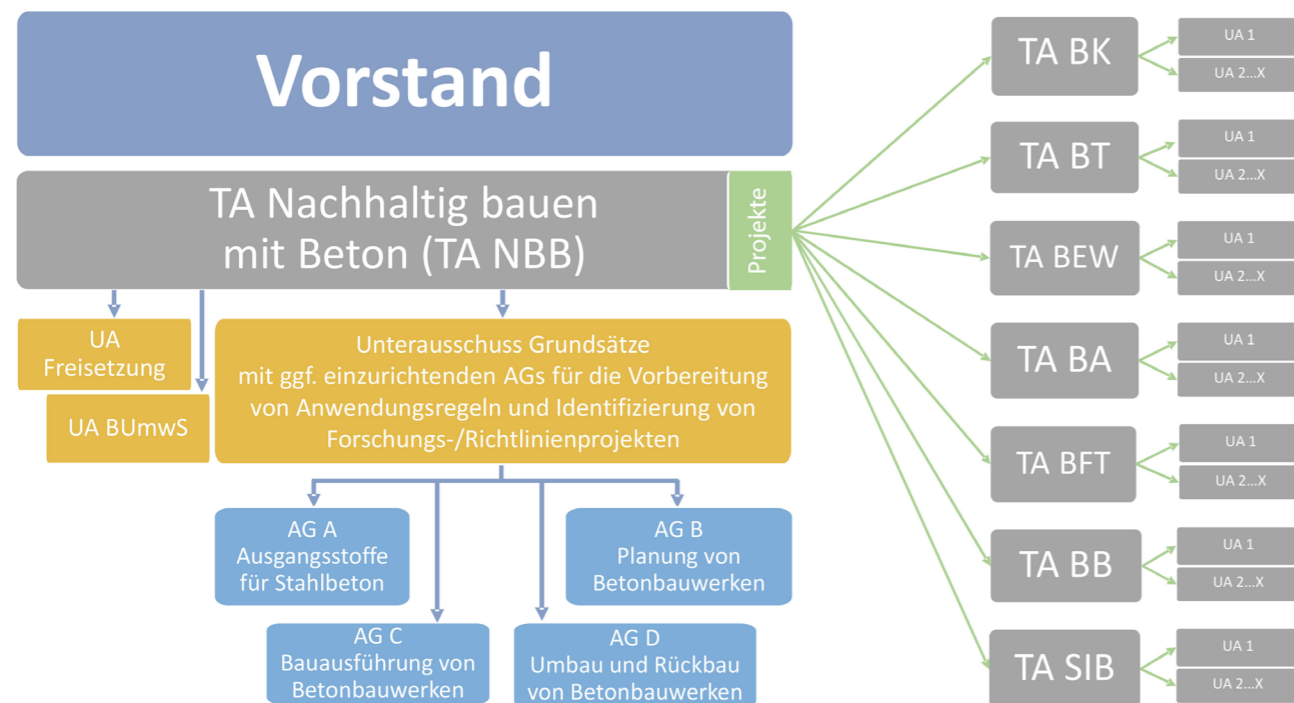
1) AiF-Forschungsvereinigungen (AiF-FV)
2) Beteiligte Forschungsstellen: VDZ; TU München; HSU, Helmut Schmidt Universität der Bundeswehr in Hamburg; HCU, Hafen City Universität Hamburg; RUB, Ruhr-Universität Bochum; KIT, Karlsruhe Institute for Technology; FEhS; jeweils federführende Forschungsstelle unterstrichen.

2 Arbeitsstruktur

Für die Umsetzung der Zielsetzungen zum nachhaltigen Bauen mit Beton wurde durch den Vorstand ein neuer Technischer Ausschuss Nachhaltig bauen mit Beton (TA NBB) eingesetzt, der unter Einbeziehung des Unterausschusses Grundsätze alle Aktivitäten koordinieren und Projekte zur Umsetzung der wesentlichen Zielsetzungen entwickeln soll (Bild 1). Die konstituierende Sitzung des neuen TA NBB fand am 07. Dezember 2021 statt.

Aus der Überarbeitung der GrunaBau im Unterausschuss Grundsätze können sich konkrete Forschungs- und Richtlinienprojekte ergeben, die über den TA NBB an einen (oder mehrere) Technische(n) Ausschuss (Ausschüsse) übergeben werden (z. B. eine RL zur Dauerhaftigkeit nach dem System der Expositionswiderstandsklassen des neuen EC 2 in Verbindung mit Performanceprüfungen an den UA „Dauerhaftigkeit von Betonbauwerken“ unter dem TA BT, s. Tabelle 1, Zeile 6).

Bild 1 – Arbeitsstruktur innerhalb des DAfStb zur Umsetzung der Roadmap



3 Literatur

- [1] https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_de, zuletzt abgerufen am 05. September 2023.
- [2] Verordnung (EU) 2020/852 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Juni 2020 über die Einrichtung eines Rahmens zur Erleichterung nachhaltiger Investitionen und zur Änderung der Verordnung (EU) 2019/2088 (Text von Bedeutung für den WR); <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2020/852/oj?locale=de>, zuletzt abgerufen am 05. September 2023.
- [3] <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/klimaschutzgesetz-2021-1913672>, zuletzt abgerufen am 05. September 2023.
- [4] Gutachten des Expertenrates für Klimafragen zu bisherigen Entwicklungen der Treibhausgasemissionen, Trends der Jahresemissionsmengen und Wirksamkeit von Maßnahmen gemäß § 12 Abs. 4 Bundes-Klimaschutzgesetz; November 2022; https://expertenrat-klima.de/content/uploads/2022/11/ERK2022_Zweijahresgutachten.pdf; zuletzt abgerufen am 05.09. 2023.
- [5] <https://unric.org/de/17ziele/>, zuletzt abgerufen am 05. September 2023.
- [6] Dekarbonisierung von Zement und Beton – Minderungspfade und Handlungsstrategien. Eine CO2-Roadmap für die deutsche Zementindustrie, November 2020, s. https://www.vdz-online.de/fileadmin/wissensportal/publikationen/zementindustrie/VDZ-Studie_Dekarbonisierung_Zement_Beton_2020.pdf, zuletzt abgerufen am 05. September 2023.
- [7] Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen des BMI, s. <https://www.bnb-nachhaltigesbauen.de/>, zuletzt abgerufen am 05. September 2023.
- [8] Das DGNB Zertifizierungssystem, s. <https://www.dgnb-system.de/de/system/index.php>, zuletzt abgerufen am 05. September 2023.
- [9] Nachhaltig bauen mit Beton – Planungshilfe des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb). Oktober 2021, s. https://www.dafstb.de/application/nachhaltigkeit/2021-10-29_DAfStb-Planungshilfe_Nachhaltig_Bauen_mit_Beton_final.pdf, zuletzt abgerufen am 05. September 2023.
- [10] DIN 1045-1000:2023-08, Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton - Teil 1000: Grundlagen und Betonbauqualitätsklassen (BBQ).
- [11] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton. Grundsätze des nachhaltigen Bauens mit Beton, Gelbdruck Juli 2014, unveröffentlicht.
- [12] GruSiBau: Grundlagen zur Festlegung von Sicherheitsanforderungen für bauliche Anlagen, 1981.
- [13] Wiens, U.; Hauer, B.; Hegger, J.; Dreßen, T.: Nachhaltiges Bauen mit Beton – In: Handbuch für Bauingenieure, Verlag Springer Vieweg, 3. Auflage, erscheint voraussichtlich August 2021, 18 Seiten.
- [14] DIN EN 15804:2020-03: Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen – Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte; Deutsche Fassung EN 15804:2012+A2:2019.
- [15] Umweltproduktdeklarationen für Zement, <https://www.beton.org/betonbau/planungshilfen/umweltproduktdeklarationen/> (gültig bis 2027), zuletzt abgerufen am 05. September 2023.
- [16] Umweltproduktdeklarationen für Beton, s. <https://www.beton.org/betonbau/planungshilfen/umweltproduktdeklarationen/> (gültig bis 2023), zuletzt abgerufen am 05. September 2023.
- [17] Graubner, C. A. et al.: Der Stadtbaustein im DAfStb/BMBF-Verbundforschungsvorhaben „Nachhaltig Bauen mit Beton“ / Dossier zu Nachhaltigkeitsuntersuchungen – Teilprojekt A – In: Schriftenreihe des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton, Heft-Nr. 588 (2014), Download unter https://www.dafstb.de/application/Nachhaltigkeit/DAfStb-Heft_588_Stadtbaustein_Nachhaltig_bauen_mit_Beton.pdf, zuletzt abgerufen am 05. September 2023.
- [18] DIN EN 15978, Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden – Berechnungsmethode; Deutsche Fassung EN 15978:2011
- [19] Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB): Rahmenwerk für „Klimaneutrale Gebäude und Standorte“, März 2020, s. https://issuu.com/dgnb1/docs/dgnb_rahmenwerk_2020, zuletzt abgerufen am 05. September 2023.

Ersetzt die Version 1.0 der Roadmap vom 27. September 2021.

Berlin, 25. September 2023

gez.

Univ.-Prof. Dr.-Ing Rolf Breitenbücher, Vorsitzender des DAfStb

- Änderungen gegenüber der Version 1.0 vom 27. September 2021
- Aktualisierung der gesetzlichen und politischen Rahmenbedingungen und redaktionelle Überarbeitung;
- Aktualisierung der verlinkten Dokumente;
- Zeithorizonte in Tabelle 1 angepasst;
- neue Projekte in Tabelle 1 aufgenommen.