Neue Zemente im Spannungsfeld zwischen Ressourcenverfügbarkeit und Dauerhaftigkeit

Die Zementindustrie in Europa will die Treibhausgas-Emissionen bis zum Jahr 2050 auf Netto-Null bringen. Dabei werden zum einen der Herstellungsprozess weiter optimiert sowie Techniken zum Abscheiden von CO_2 aus dem Abgasstrom implementiert und zum anderen neue Zemente mit geringeren Klinkergehalten und bisher noch nicht genutzten Zementhauptbestandteilen eingeführt. Inwieweit diese Zemente für den Bau von Betonfahrbahndecken geeignet sind, wird derzeit in Forschungsprojekten untersucht. Beim Bau von Betonfahrbahndecken werden nach wie vor überwiegend CEM I-Zemente verwendet. Mit Einführung des ARS 04/2022 sowie der Überarbeitung der TL Beton-StB ist es erstmals möglich, im Ober- und Unterbeton unterschiedliche Zementarten (z. B. CEM III/A) zu verwenden. Dies ermöglicht es schon heute, die baustoffbedingten CO_2-Emissionen, die beim Bau von Fahrbahndecken aus Beton entstehen, zu reduzieren.

The cement industry in Europe wants to reduce greenhouse gas emissions to net zero by 2050. On the one hand, the manufacturing process will be further optimized and technologies for capturing CO_2 from the exhaust gas stream will be implemented, and on the other hand, new cements with lower clinker contents and previously unused main cement constituents will be introduced. The extent to which these cements are suitable for the construction of concrete road surfaces is currently being investigated in research projects. CEM I cements are still predominantly used in the construction of concrete road surfaces. With the introduction of ARS 04/2022 and the revision of TL Beton-StB, it is now possible for the first time to use different types of cement (e. g. CEM III/A) in the top and bottom layer of the concrete road. This already makes it possible to reduce the CO_2 emissions caused by the construction materials used for concrete road surfaces.

doi.org/10.53184/STA7-2025-3

Einleitung

Bei der Herstellung von Zement werden große Mengen an CO_2 freigesetzt. Rund ein Drittel der Emissionen sind brennstoffbedingt, zwei Drittel entfallen auf die Entsäuerung des Kalksteins.

Mit Veröffentlichung der Roadmap im Jahr 2020 und dem Update im Jahr 2024 [1] hat die europäische Zementindustrie Wege aufgezeigt, wie sie bis zum Jahr 2050 die Klimaziele der europäischen Union umsetzen möchte. Zur Erreichung der Klimaziele setzt die europäische Zementindustrie auf den sogenannten 5-C-Ansatz entlang der Wertschöpfungskette. Von der Herstellung des Zements bis zum Rückbau von Gebäuden werden alle Lebenszyklen analysiert und optimiert, mit dem Ziel, die CO_2-Emissionen auf Netto-Null zu bringen. Einflussmöglichkeiten zur Reduzierung der CO_2-Emissionen hat der Zementhersteller bei der Herstellung des Portlandzementklinkers (Clinker) sowie des daraus hergestellten Zements (Cement). Die Betonherstellung (Concrete), der Bau (Construction) sowie die CO_2-Aufnahme des Betons während der Nutzungsphase (Carbonation) sind die weiteren Lebenszyklen, auf die der Zementhersteller aber keinen direkten Einfluss hat.

Handlungsoptionen während der Herstellung des Portlandzementklinkers sind:

- Verwendung von alternativen Rohstoffen, die teils schon dekarbonisiert sind
- Alternative Brennstoffe/Brennstoffe mit erhöhtem Biomassenanteil
- Herstellung von Portlandzementklinker mit geringeren CO_2-Emissionen
- Erhöhung der thermischen Effizienz
- Abscheidung und Speicherung oder Nutzung des CO_2
- Umrüstung der Brennöfen auf Wasserstoff oder Strom.

Handlungsoptionen bei der Herstellung von Zement sind:

- Reduktion des Anteils an Portlandzementklinker durch Herstellung von Zementen mit mehreren Hauptbestandteilen
- Verwendung von grünem Strom bei der Zementmahlung
- Klimaneutraler Transport.

Schon vor Einführung von CO_2-Zielen und Roadmaps wurden der Herstellungsprozess des Zements in der deutschen Zementindustrie stetig optimiert und Ressourcen effizient genutzt. So werden bereits seit mehr als 100 Jahren Hochofenzemente (CEM III) hergestellt und verwendet sowie seit vielen Jahren Flugaschen und andere Zusatzstoffe erfolgreich im Beton eingesetzt.

Der Weg in die Klimaneutralität führt jedoch dazu, dass sich Stoffströme verändern werden. Die Verfügbarkeit von geeigneten Flugaschen als Zusatzstoff für den Beton ist mittlerweile sehr volatil. Mit jedem Kohlekraftwerk, welches abgeschaltet wird, wird die Menge an regional verfügbarer Flugasche geringer. Projekte, bei denen die

■ Verfasser

Dr.-Ing. Stefan Hainer
stefan.hainer@dyckerhoff.com

Dyckerhoff GmbH
Qualität und technische Beratung
Dyckerhoffstraße 7
65203 Wiesbaden

Dr.-Ing. Werner Remarque
werner.remarque@dyckerhoff.com

Dyckerhoff GmbH
Qualität und technische Beratung
Bauberatung
Lienener Straße 89
49525 Lengerich

Dr.-Ing. Julia Scheidt
julia.scheidt@dyckerhoff.com

Dr.-Ing. Thomas Sievert
thomas.sievert@dyckerhoff.com

Dyckerhoff GmbH
Qualität und technische Beratung
Dyckerhoffstraße 7
65203 Wiesbaden

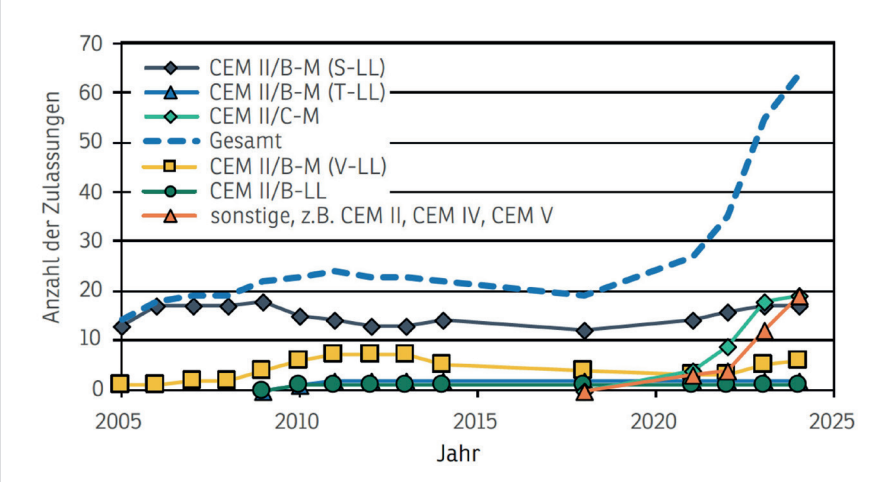

Bild 1: Entwicklung der Anzahl der bauaufsichtlichen Anwendungszulassungen der vergangenen Jahre [5]

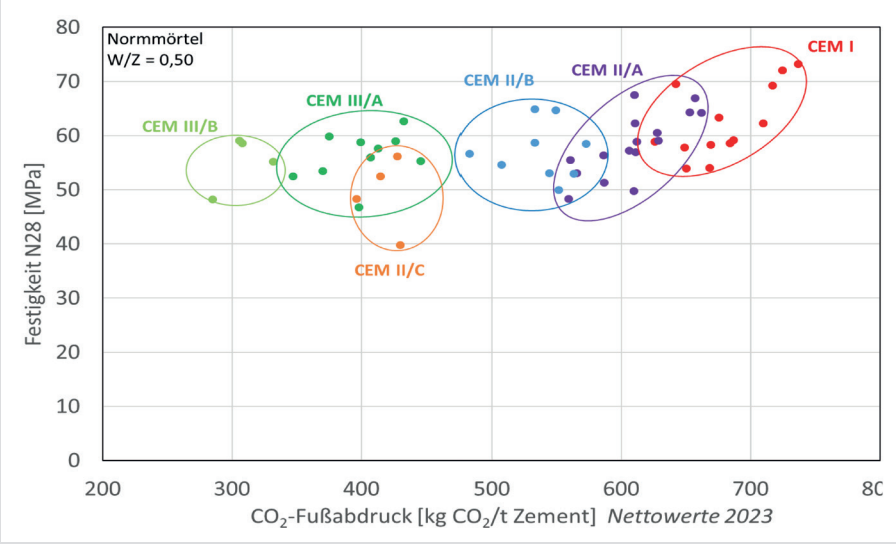

Bild 2: CO_2-Fußabdruck[1] verschiedener Zementarten in Bezug auf die Leistungsfähigkeit nach 28 Tagen

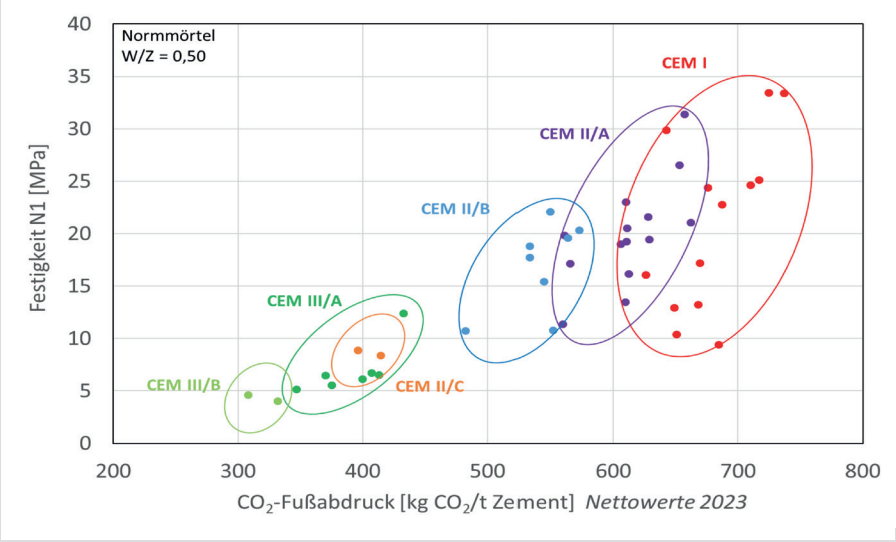

Bild 3: CO_2-Fußabdruck[1] verschiedener Zementarten in Bezug auf die Leistungsfähigkeit nach 1 Tag

Verwendung von Flugasche im Beton sinnvoll ist, sind nicht mehr zielsicher planbar und es müssen alternative Betonkonzepte ohne Flugasche entworfen werden.

Auch beim Hüttensand ist davon auszugehen, dass die verfügbaren Mengen in den kommenden Jahren geringer werden. Aktuelle Konzeptstudien zur Dekarbonisierung der Eisen- und Stahlindustrie lassen erkennen, dass sich lokal verfügbare Hüttensande in ihren Eigenschaften drastisch verändern werden [2]. Ob diese dann weiterhin als Zementhauptbestandteil geeignet sind, ist derzeit noch unbekannt.

Die eingeschränkte Verfügbarkeit der bisher verwendeten Rohstoffe wird zu einem vermehrten Einsatz von Portlandkompositzementen führen, die neben dem Portlandzementklinker noch zwei weitere Hauptbestandteile enthalten. Gute Erfahrungen wurden in den vergangenen Jahren mit Portlandkompositzementen CEM II/A-M und CEM II/B-M gesammelt.

Mit Einführung der nicht harmonisierten Zementnormen DIN EN 197-5 und DIN EN 197-6 sind erste Schritte unternommen worden, um auch künftig Zemente mit einem niedrigen Treibhauspotenzial (CO_2-Fußabdruck) verwenden zu können. Vor allem die klinkereffizienten CEM II/C-M-Zemente nach DIN EN 197-5 sind bereits im Markt, auch für höherwertige Anwendungen, etabliert [3]. Weiterhin sind auch erste Zemente mit Betonrecyclingmehl nach DIN EN 197-6 zugelassen. Die aktuellen Arbeiten an der Zementnorm lassen erkennen, dass mit der Einführung weiterer klinkereffizienter Zemente zu rechnen ist [4]. Eine Übersicht, welche Zemente in den vergangenen Jahren über eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung den Weg in den Markt gefunden haben, ist in Bild 1 dargestellt.

Ein effektiver Weg, den CO_2-Fußabdruck im Zement zu verkleinern, ist die Reduktion des Anteils an Portlandzementklinker (Clinker) im Zement. Liegt der Anteil an Portlandzementklinker heute im europäischen Mittel bei 77 % [1], soll er in Deutschland bis zum Jahr 2030 auf 63 % im Mittel reduziert werden [5].

Vor diesem Hintergrund ist es wichtig, sich frühzeitig auch für den Verkehrswegebau mit dieser Thematik auseinanderzusetzen.

Umweltwirkungen von Beton

Die Umweltwirkungen eines Betons werden in erster Linie vom Zementgehalt und der

[1] GWP der Zemente wurde mittels GCCA-Tool im Rahmen einer Self-Declaration ermittelt. GCCA's Industry EPD Tool for Cement and Concrete (V4) International version.

verwendeten Zementart beeinflusst. Je höher der Anteil an Portlandzementklinker im Zement, desto höher ist der CO_2-Fußabdruck des Betons. Zur Reduzierung des CO_2-Fußabdrucks von Beton können Zemente mit mehreren Hauptbestandteilen, wie z. B. Portlandkompositzemente oder Hochofenzemente verwendet oder ein Teil der Zementmenge durch Betonzusatzstoffe ersetzt werden. Dabei muss jedoch der jeweilige Anwendungsfall betrachtet werden.

Im Bereich der Transportbetonindustrie liegt der Fokus meist auf der Erzielung der 28-Tage-Druckfestigkeit. Hier ist das CO_2-Reduktionspotenzial am größten. Zemente mit einem geringeren CO_2-Fußabdruck erreichen nach 28 Tagen oftmals die gleiche Festigkeit wie Zemente mit einem hohen CO_2-Fußabdruck (Bild 2). Bei der Herstellung von Betonwaren und Betonfertigteilen liegt das Ziel darin, innerhalb von kurzer Zeit die gefertigten Betonelemente auf den Lagerplatz bzw. zum Kunden zu bringen. Dort werden auch heute noch Betone mit sehr hohen Zement- und Portlandzementklinkergehalten verwendet. Hier sind Zemente mit einem höheren CO_2-Fußabdruck zum Teil unabdingbar (Bild 3).

Im Bereich der Verkehrsinfrastruktur sind vor allem die technischen Anforderungen sowie eine hohe Dauerhaftigkeit und Verfügbarkeit der Fahrbahn im Fokus. Umweltwirkungen haben bisher nur eine untergeordnete Rolle gespielt. Jedoch findet auch im Bereich des Verkehrswegebaus ein Umdenken statt. So werden z. B. im Arbeitsausschuss 4.6 (Nachhaltigkeit im Straßenbau) der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V. (FGSV) Kriterien zur Bewertung der Nachhaltigkeit erarbeitet. Schwerpunkte sind dabei:

- Emissionsmengen von Treibhausgasen bei Bau und Erhaltung von Straßen
- Wirtschaftlichkeit der Bauweisen
- Verbrauch an Primärbaustoffen und Energien, insbesondere fossilen Energien
- Beeinträchtigung des Verkehrs (Verfügbarkeit) durch Bau- und Erhaltungsmaßnahmen
- Widerstandsfähigkeit (Resilienz) der Bauweisen des Straßenbaus gegenüber dem Klimawandel.

Bei Betonfahrbahnen werden die baustoffbedingten Emissionen überwiegend durch die Wahl der Zementart bestimmt.

In den TL Beton-StB 07 war ursprünglich festgelegt, dass im Unter- und Oberbeton Zemente der gleichen Art und Festigkeitsklasse zu verwenden sind. Ebenso bedurfte es der Zustimmung des Auftraggebers, falls ein anderer Zement als CEM I verwendet werden sollte. Dennoch wurden in den vergangenen Jahren bereits Betonfahrbahndecken mit Portlandkompositzementen (CEM II) sowie Hochofenzementen (CEM III) hergestellt [6]. Insgesamt wurden in den zurückliegenden Jahrzehnten Fahrbahndecken aus Beton jedoch überwiegend mit CEM I-Zementen hergestellt.

Seit Einführung des ARS 04/2022 dürfen im Ober- und Unterbeton unterschiedliche Zemente verwendet werden. Dies ermöglicht, die baustoffbedingten Umweltwirkungen einer Fahrbahndecke aus Beton deutlich zu reduzieren. Erste Erfahrungen mit dieser Bauweise liegen vor, beispielsweise im Rahmen der grundhaften Erneuerung der BAB A 1 Höhe Wildeshausen Fahrtrichtung Bremen, aber auch in Fahrtrichtung Osnabrück. Hier wurden im Ober- und Unterbeton unterschiedliche Zemente verwendet. Im Oberbeton wurde ein CEM I 42,5 N (sd) in Kombination mit Sand 0/2 und gebrochenem Korn (Splitt) verwendet, im Unterbeton ein CEM III/A 42,5 N (na) in Kombination mit Sand und Rundkorn (Kies). Tabelle 1 zeigt die Zusammensetzung und den CO_2-Fußabdruck der verwendeten Betone. Die Oberfläche wurde mittels Grinding bearbeitet. Zusätzlich wurde der CO_2-Fußabdruck des Unterbetons auch einmal so gerechnet, als wäre er mit CEM I-Zement und Kies hergestellt worden.

Beton	Unterbeton mit Kies [UB CEM III]	Oberbeton mit Splitt [OB CEM I]	Unterbeton mit Kies [UB CEM I]
		Gehalt [kg/m³]	
CEM I 42,5 N (sd)		340	350
CEM III/A 42,5 N (na)	350		
Sand 0/2	529	519	529
Kies	1.304		1.304
Splitt		1.335	
		kg CO_2/m³ Beton (netto)	
CO_2-Fußabdruck[2]	171	283	274

Tabelle 1: Zusammensetzung der Fahrbahndeckenbetone

	Art der Ausführung	
Oberbeton	OB CEM I	OB CEM I
Unterbeton	UB CEM III	UB CEM I
	kg CO_2/km RF[3]	
CO_2-Emissionen	689.125	933.750

Tabelle 2: Baustoffbedingte CO_2-Emissionen von unterschiedlich hergestellten Fahrbahndecken aus Beton

[2] Daten wurden mittels eines EXCEL-Tools der Dyckerhoff GmbH ermittelt. Zusammensetzungen der Betone sowie die Transportentfernungen zur Baustellenmischanlage für die grundhafte Erneuerung der BAB A 1 Höhe Wildeshausen Fahrtrichtung Bremen, mit freundlicher Genehmigung der Strabag AG.

[3] Baustoffbedingte CO_2-Emissionen (netto) für 1 km Richtungsfahrbahn mit einer Breite von 12,5 m und einer Deckendicke von 0,27 m. Schichtdicke Unterbeton 0,19 m, Schichtdicke Oberbeton 0,08 m.

Zement	Gehalt an weiteren Hauptbestandteilen	Na_2O-Äquivalent des Zements	Na_2O-Äquivalent des Zementanteils ohne Berücksichtigung der weiteren Hauptbestandteile
	[M.-%]	[M.-%]	[M.-%]
CEM I, CEM II/A-S[1], -T, -LL[1], CEM II/A-M (S-LL[1], V-LL, T-LL)	-	≤ 0,80	-
CEM II/B-T, CEM II/B-M (T-LL)	-	-	≤ 0,90
CEM II/B-S[1], CEM II/B-M (S-LL, V-LL)	21 bis 29	-	≤ 0,90
	30 bis 35	-	≤ 1,00
CEM III/A[1]	36 bis 50	-	≤ 1,05

[1] Alternativ kann für ausgewählte Zemente der Alkaligehalt über die Hydroxidionenkonzentration von ≤ 250 mmol/l mit dem Lösungsverfahren nach DIN 1164-10, das einem wirksamen Na_2O-Äquivalent nach DIN 1164-10 von ≤ 0,80 M.-% entspricht, nachgewiesen werden.

Tabelle 3: Maximal zulässige Alkaligehalte von Fahrbahndeckenzementen, Entwurf TL Beton-StB 2025

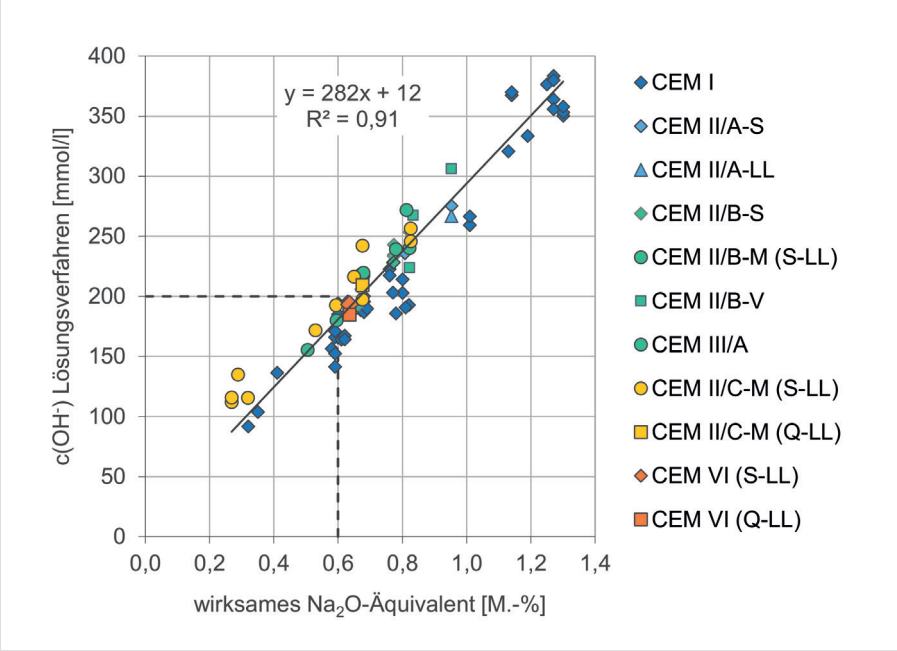

Bild 4: Wirksames Na_2O-Äquivalent und Hydroxidionenkonzentration im Lösungsverfahren von unterschiedlichen Zementen [7] sowie Grenzwerte gemäß Entwurf TL Beton-StB 2025

Die daraus resultierenden baustoffbedingten CO_2-Emissionen für einen Kilometer Autobahn sind in Tabelle 2 dargestellt.

In dem hier ausgeführten Vorhaben lagen die baustoffbedingten CO_2-Emissionen bei gut 690.000 kg CO_2/km Richtungsfahrbahn. Würden beide Schichten, also Ober- und Unterbeton, mit CEM I hergestellt, lägen die Emissionen bei rund 934.000 kg CO_2/km Richtungsfahrbahn. Dies bestätigt eindrucksvoll, welchen Einfluss die Auswahl des Zements auf die baustoffbedingten Umweltwirkungen hat. Aktuell werden Umweltkriterien nur untergeordnet bei der Auftragsvergabe berücksichtigt. Die derzeit auch innerhalb der FGSV geführten Diskussionen lassen aber erkennen, dass dies künftig mehr Berücksichtigung finden wird.

Zemente und Dauerhaftigkeit

Die Dauerhaftigkeit eines Betons hängt in erster Linie von seiner Zusammensetzung ab. Bei Betonen, hergestellt nach DIN 1045-2, wird davon ausgegangen, dass sie mindestens 50 Jahre allen Belastungen aus den Umgebungsbedingungen widerstehen. Die unterschiedlichen Belastungen werden in Form von Expositionsklassen beschrieben. Es gibt Belastungen, die den Beton selber schädigen, wie z. B. Angriff durch Frost und Frost-Tausalz oder der Kontakt mit Sulfat-Ionen. Zusätzlich gibt es Stoffe, die den Betonstahl angreifen, wie z. B. Chlorid-Ionen oder eine fortschreitende Carbonatisierung.

Die DIN 1045-2 regelt, welche Zemente in welchen Expositionsklassen verwendet werden dürfen. Alternativ können Zemente auch verwendet werden, wenn sie über eine allgemeine bauaufsichtliche Anwendungszulassung des Deutschen Instituts für Bautechnik verfügen. Für den Bau von Betonfahrbahndecken gelten abweichende Regeln. Diese sind in den TL Beton-StB beschrieben. So legen die TL Beton-StB fest, welche Zemente für den Bau von Fahrbahndecken aus Beton verwendet werden dürfen. Ohne Zustimmung des Auftraggebers dürfen für den Oberbeton CEM I sowie CEM II/A-S verwendet werden. Für den Unterbeton dürfen darüber hinaus die Zementarten CEM II/B-S, CEM II/A-T, CEM II/B-T, CEM II/A-LL, und CEM III/A verwendet werden. Diese dürfen dann auch mit Zustimmung des Auftraggebers im Oberbeton verwendet werden. Nach Einführung der TL Beton-StB 2025 dürfen zusätzlich auch die Portlandkompositzemente CEM II/A-M (S-LL, V-LL, T-LL) und CEM II/B-M (S-LL, V-LL, T-LL) im Unterbeton sowie mit Zustimmung des Auftraggebers auch im Oberbeton verwendet werden.

An Betone für Fahrbahndecken werden u. a. hohe Anforderungen hinsichtlich Frost- und Frost-Tausalz-Widerstand (FTSW) gestellt. Um die Anforderungen zu erfüllen, wird ein Luftporenbeton eingesetzt. Ein gesonderter Nachweis zur Beständigkeit gegen Frost- und Frost-Tausalz-Angriff erfolgt i. d. R. nicht.

Seit Einführung der DIN EN 197-5 wurden in Deutschland viele CEM II/C-M-Zemente zugelassen. Nicht alle dürfen in der Expositionsklasse XF4 eingesetzt werden. Inwieweit die neuen Zemente auch für den Verkehrswegebau geeignet sind, wird derzeit in dem Forschungsprojekt 08.0276/2023/DGB „Nachhaltige Betonfahrbahndecken durch Verwendung neuer Zemente unter Berücksichtigung erforderlicher Dauerhaftigkeitsaspekte“ untersucht.

Ein weiterer Aspekt zur Dauerhaftigkeit von Betonfahrbahnen ist der Widerstand gegen eine schädigende Alkali-Kieselsäure-Reaktion (AKR). Dieser ist abhängig von der Alkali-Reaktivität der Gesteinskörnung, dem wirksamen Alkaligehalt des Zements sowie dem Zementgehalt [7]. Zemente für Fahrbahndecken sind im Alkaligehalt begrenzt. Dabei wird bereits berücksichtigt, dass nicht alle Alkalien eines Zements wirksam sind (Tabelle 3).

Bisher sind nur Zemente für Fahrbahndecken aus Beton zugelassen, mit denen eine ausreichende Praxiserfahrung vorliegt. Die Einführung neuer Zemente wird sowohl für den allgemeinen Betonbau als auch für den Bau von Fahrbahndecken aus Beton mit umfangreichen Untersuchungen zur Dauerhaftigkeit der damit hergestellten Betone begleitet. Aus Untersuchungen von [7] und [8] geht hervor, dass Zemente mit mehreren Hauptbestandteilen die Dauerhaftigkeit von Betonfahrbahndecken positiv beeinflussen können.

In Bild 4 ist beispielsweise der Zusammenhang zwischen der Hydroxidionenkonzentration (OH^--Ionen) im Lösungsverfahren nach DIN 1164-10 und dem berechneten, wirksamen Natriumäquivalent dargestellt. Ein Großteil der Zemente mit mehreren Hauptbestandteilen weist ein wirksames Natriumäquivalent kleiner 0,8 M.-% auf.

Die Erkenntnisse aus den Forschungsarbeiten von [7] sind bei der Überarbeitung der TL Beton-StB berücksichtigt worden. So wird es künftig möglich sein, das wirksame Natriumäquivalent von hüttensand- und kalksteinhaltigen Zementen mittels Lösungsverfahren nach DIN 1164-10 zu ermitteln. In weiteren Forschungsarbeiten soll geprüft werden, ob dieses Verfahren auch auf andere Zemente übertragen werden kann.

Auch der Chloridmigrationskoeffizient von Betonen aus Zementen mit mehreren Hauptbestandteilen ist oftmals besser als der von reinen CEM I-Betonen (Bild 5).

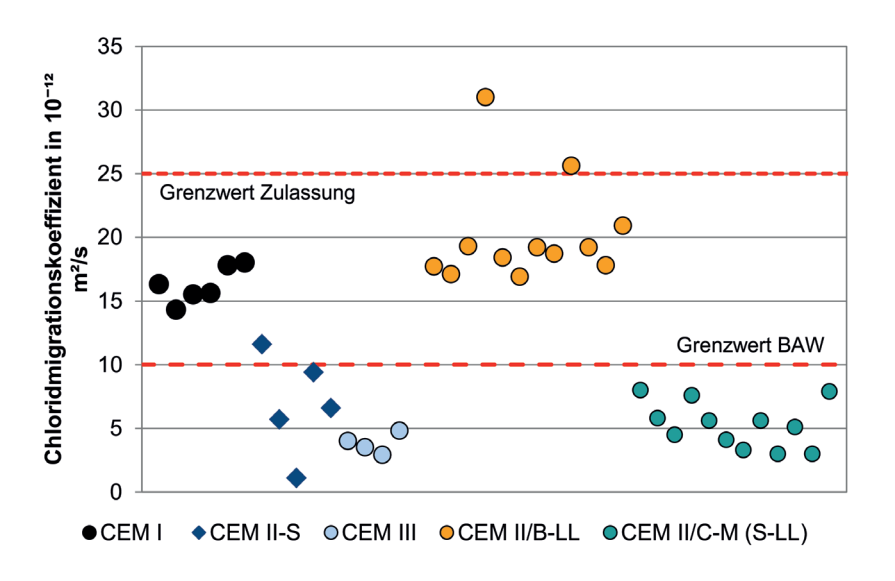

Bild 5: Chloridmigrationskoeffizient von Betonen mit unterschiedlichen Zementen [8]

Fazit und Perspektive

Der Weg in die Klimaneutralität wird zu einem Umdenken bei der Herstellung von Beton für Fahrbahndecken führen. Der Grundstein, auch beim Bau von Fahrbahndecken aus Beton nachhaltiger zu werden, wurde mit Einführung des ARS 4/2022 sowie der Überarbeitung der TL Beton-StB gelegt. Künftig dürfen auch Portlandkompositzemente CEM II/A-M und CEM II/B-M zum Bau von Fahrbahndecken aus Beton verwendet werden.

Es ist davon auszugehen, dass in den kommenden Jahren weitere nachhaltige Zemente, wie z. B. CEM II/C-M-Zemente, bei entsprechend nachgewiesener Eignung den Weg in den Betonstraßenbau finden werden. Auch wenn die Zementindustrie mit Hochdruck daran arbeitet, die Technik zur Abscheidung von CO_2 aus dem Herstellungsprozess des Portlandzementklinkers in die großtechnische Anwendung zu bringen, wird an der Verwendung von Zementen mit mehreren Hauptbestandteilen, auch im Verkehrswegebau, kein Weg vorbeiführen. Weiterhin werden voraussichtlich auch Zemente mit bisher nicht verwendeten Rohstoffen, wie z. B. Zemente mit Betonrecyclingmehl, als Zemente für den Bau von Betonfahrbahndecken zur Anwendung kommen. Stoffströme, die heute zur Herstellung von Zement und Beton zur Verfügung stehen,

Q point
q-point.com
Weitere Informationen

werden durch die Dekarbonisierung der Industrie in ihrer regionalen Verfügbarkeit eingeschränkt oder gar nicht mehr zur Verfügung stehen. Diese müssen dann durch andere Stoffströme ersetzt werden [9, 10].

Das Abscheiden von CO_2 aus dem Abgasstrom des Zementwerks wurde in den vergangenen Jahren bereits erprobt und steht vor der technischen Umsetzung. Die Umrüstung eines Zementwerks ist jedoch mit hohen Kosten verbunden. Eine CO_2-Infrastruktur ist noch nicht vorhanden und muss erst aufgebaut werden [11]. Dieser Prozess kann starten, sobald die gesetzlichen Rahmenbedingungen festgelegt sind. Aufgrund der zu erwartenden hohen Kosten für die CO_2-Abscheidung ist jedoch nicht damit zu rechnen, dass der Portlandzementklinkergehalt in den Zementen wieder steigen wird.

Im Verkehrswegebau ist die Nachfrage nach CO_2-reduzierten Betonen aktuell noch überschaubar. Aufgrund der derzeit geführten Diskussionen ist jedoch davon auszugehen, dass auch beim Verkehrswegebau die Nachfrage nach der Verwendung nachhaltiger Baustoffe steigen wird. Dabei sind die Dauerhaftigkeit und die Langlebigkeit und somit Verfügbarkeit einer Fahrbahn jedoch stets zu berücksichtigen.

Insgesamt kann damit gerechnet werden, dass die Herstellung von Beton in den kommenden Jahren aufgrund der dynamischen Ressourcenverfügbarkeit und politischen Rahmenbedingungen komplexer wird.

Literaturverzeichnis

[1] From Ambition to Deployment, CEMBUREAU, Mai 2024

[2] Eiserner Vorsatz – Die CO_2-intensiven Hochöfen weichen Direktreduktionsanlagen, VDI Nachrichten, Ausgabe vom 16.6.2023

[3] Fritsch, M.; Kleiser, J.; Boschmann, A.; Kording, A.; Scheidt, J.; Remarque, W.: Nachhaltige Betone für die Energiewende – CEM II/C-M-Zemente in der praktischen Anwendung, Beton 04/2025

[4] Dokument N279, Standardization request CEM 2025.02.24 – Legal text, NEN NC 353007

[5] https://www.vdz-online.de/aktuelles/aktiver-klimaschutz-anzahl-bauaufsichtlicher-zulassungen-fuer-die-anwendung-klinkereffizienter-zemente-auf-rekordniveau

[6] Bilgeri et al.: Verwendung von CEM/II- und CEM/III-Zementen in Fahrbahndeckenbeton, Beton-Informationen, Heft 2/2007

[7] Borchers, I.: Leistungsbasiertes Konzept für einen ausreichenden AKR-Widerstand von Beton, Dissertation, Technische Universität Clausthal

[8] Müller, C.; Palm, S.; Hermerschmidt, W.: Dauerhaftigkeitseigenschaften von Betonen mit CEM II/C-M (S-LL) und CEM II/B-LL-Zementen, Beton 10/2019

[9] Verein Deutscher Zementwerke, VDZ, Hrsg. Ressourcen der Zukunft für Zement und Beton – Potenziale und Handlungsstrategien. Düsseldorf 2022

[10] Remarque, W.; Scheidt, J.; Sievert, T: Stoffkreisläufe aus Sicht der Zementindustrie, Straße und Autobahn, Heft 9/2024. Kirschbaum Verlag, Bonn

[11] VDZ, Hrsg. Anforderungen an eine CO_2-Infrastruktur in Deutschland – Voraussetzungen für Klimaneutralität in den Sektoren Zement, Kalk und Abfallverbrennung. Düsseldorf, 2024

[12] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V.: Technische Lieferbedingungen für Baustoffe und Baustoffgemische für Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton (TL Beton-StB 07). FGSV Verlag, Köln

Handbuch und Kommentar zur Pflasterbauweise
1. Auflage 2022
Carsten Koch, Wulf Schneider
688 Seiten, 17 x 24 cm, Hardcover
Auch als E-Book über den KV-Reader erhältlich!
ISBN 978-3-7812-2100-0, 89,00 € inkl. Inlandsversand

Handbuch und Kommentar zur Pflasterbauweise

Dieses Handbuch erläutert die Bauweisen zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen, Belägen mit Großformaten sowie Entwässerungsrinnen und Einfassungen. Es vereint die Kommentierung der Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien zur Herstellung von Verkehrsflächen mit Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen (ZTV Pflaster-StB 20) und der Technischen Lieferbedingungen für Bauprodukte zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen (TL Pflaster-StB 06/15) mit den Regelungen der VOB/C ATV DIN 18318 Pflasterdecken und Plattenbeläge, Einfassungen.

Ergänzt werden die Erläuterungen durch eine Darstellung der nationalen und europäischen Anforderungen an die Bauprodukte. Neben der ungebundenen Ausführung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Großformatbelägen wird auch die gebundene Ausführung dieser Befestigungen dargestellt und kommentiert.

Damit bietet das vorliegende Handbuch mit Kommentar zur Pflasterbauweise eine umfassende Arbeitsgrundlage für die Planung und Bauausführung sowie das Vertragsrecht der unterschiedlichen Pflasterbauweisen.

KIRSCHBAUM

Weitere Infos/Online-Bestellung unter
www.kirschbaum.de