Ergebnisse von Laboruntersuchungen

Eignung von Kalksteinsplitt aus Baden-Württemberg für XF2-Beton nach ZTV-ING

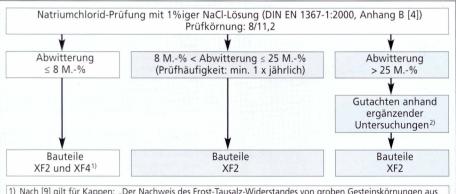
Andreas Huß, Stuttgart, und Kai Fischer, Ostfildern

Im Zuge der Überarbeitung der ZTV-ING, Ausgabe 2006, wurde das Nachweisverfahren für die Eignung von Gesteinskörnungen für Bauwerke der Expositionsklassen XF2 und XF4 geändert. Dadurch wurde in Baden-Württemberg und Bayern der Einsatz von bewährten Gesteinskörnungen in ZTV-ING-Bauwerken der Expositionsklasse XF2 stark eingeschränkt. Aus früheren Versuchsreihen ist bekannt, dass es deutschlandweit einzelne Gesteinsarten gibt, die den empirischen Grenzwert (≤ 8 M.-%) für das Prüfverfahren mit einer Natriumchlorid-Lösung überschreiten. Speziell die Gruppe der in Baden-Württemberg abgebauten Kalkgesteine ergeben beim "Dosenfrostverfahren" mit Natriumchlorid teilweise höhere Abwitterungen. Da in Baden-Württemberg keine dokumentierten Schäden an XF2-Bauwerken nach den alten Regelungen der ZTV-ING mit Gesteinskörnungen aus Kalkgestein bekannt geworden sind, wurde eine vertragsrelevante Sonderregelung für Kalksteinsplitte eingeführt. Grundlage dafür sind u.a. Untersuchungen an Kalksteinsplitt und an damit hergestellten Betonen. Über diese Untersuchungen wird in dem Beitrag berichtet.

1 Einleitung

Für Beton, der in Bauwerken der Expositionsklasse XF2 eingesetzt werden soll, wird nach DIN EN 206-1 [1]/DIN 1045-2 [2] eine Gesteinskörnung mit einer Magnesiumsulfat-Widerstandsfähigkeit der Kategorie ${\rm MS}_{25}$ gefordert. Diese Anforderung galt bis

2006 auch für Ingenieurbauwerke nach ZTV-ING. Mit Einführung der ZTV-ING Ausgabe 2006 [3] dürfen für ZTV-ING-Bauwerke nur noch Gesteinskörnungen verwendet werden, deren Frost-Tausalz-Widerstand mit der Natriumchlorid-Prüfung nach DIN EN 1367-1, Anhang B [4] nachgewiesen wurde.



- 1) Nach [9] gilt für Kappen: "Der Nachweis des Frost-Tausalz-Widerstandes von groben Gesteinskörnungen aus Kalkgestein in der Expositionsklasse XF4 für Kappen gilt nur dann als erbracht, wenn der Masseverlust der letzten drei zurückliegenden Prüfergebnisse 5 M.-% (Einzelwert) nicht überschreitet. Die Prüfergebnisse einer anerkannten Stelle sind dem Auftraggeber mit der Erstprüfung des Betons vorzulegen."
- 2) Nach [9] Absatz (6) gilt: "Grobe Gesteinskörnungen, deren Massenverlust die Anforderungen nach (5) [Abwitterung

 25 M.-%] überschreitet, kann in den Expositionsklassen XF2 und XF4 nur dann eingesetzt werden, wenn ein Gutachten eines anerkannten Sachverständigen einer Materialprüfungsanstalt (MPA) die Verwendung in der jeweiligen Expositionsklasse durch ergänzende Untersuchungen bestätigt. Das Gutachten ist dem Auftraggeber mit der Erstprüfung des Betons vorzulegen.

Als ergänzende Untersuchung ist der vergleichende Betonversuch an einer gesägten Prüffläche mit dem CDF-Prüfverfahren nach E DIN EN 12390-9 durchzuführen. Die Zusammensetzung und Herstellung der Betone erfolgt nach DIN V 18004. Die zu verwendende grobe Vergleichsgesteinskörnung kann bei der MPA Stuttgart (Abteilung 11 Mineralische Baustoffe, Pfaffenwaldring 4c, 70569 Stuttgart-Vaihingen) bezogen werden."

Bild 1: Schematische Darstellung des Nachweisverfahrens nach [9]

Die Autoren:

Dipl.-Ing. Andreas Huß studierte Bauingenieurwesen mit der Vertiefungsrichtung Werkstoffkunde/Bauphysik an der Universität Stuttgart. Seit 1998 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter der Abteilung Mineralische Baustoffe des Otto-Graf-Institutes (FMPA) mit Schwerpunkt Betontechnologie und derzeit stellvertretender Leiter des Referats Betontechnologie. Er ist derzeit stellvertretender Leiter des Referats Betontechnologie und u.a. Mitglied der DAfStb Arbeitsgruppe "Übertragbarkeit von FrostLaborversuchen auf Praxisverhältnisse. Seine Dissertation zum Thema SVB mit gebrochener Gesteinskörnung befindet sich in der Vorbereitung.

Dipl.-Ing. (FH) Kai Fischer studierte nach einer Ausbildung zum Industriemechaniker an der Hochschule für Technik in Stuttgart Bauingenieurwesen. Von 1999 bis 2003 war er als Technischer Angestellter am Otto-Graf-Institut der FMPA Stuttgart in der Abteilung "Baustoffe" tätig. Seit April 2003 ist Herr Fischer als Referent beim Industrieverband Steine und Erden Baden-Württemberg e.V. für die Interessenvertretung der Fachgruppe Naturstein tätig und für die fachlich-technische Betreuung im Güteschutz Naturstein Baden-Württemberg e.V. zuständig. Darüber hinaus ist er als Überwachungsbeauftragter für Transportbeton im Baustoffüberwachungs- und Zertifizierungsverband Baden-Württemberg tätig sowie Mitglied der Betreuungsgruppe des AiF-Verbundforschungsvorhabens "Frostbeständigkeit von Gesteinskörnungen".

Das Prüfverfahren ist in der Zwischenzeit als eigenständige Norm DIN EN 1367-6 [5] erschienen. Der Nachweis des Frost-Tausalz-Widerstands mit dem so genannten Magnesiumsulfat-Verfahren nach DIN EN 1367-2 [6] ist damit für ZTV-ING-Bauwerke nicht mehr möglich.

Kalksteinsplitte, die in der Kategorie MS₂₅ eingestuft sind, dürfen somit nicht mehr für die Herstellung von Beton der Expositionsklasse XF2 nach ZTV-ING verwendet werden. Die Anforderung an die Abwitterungsmenge bei der Natriumchlorid-Prüfung für die Anwendung in der Expositionsklasse XF2 liegt nach ZTV-ING bei ≤ 8 M.-%. Dies bedeutet, dass viele Kalksteinsplitte aus Baden-Württemberg, für die bei einem Magnesiumsulfat-Wert von MS₂₅ zwar positive baupraktische Erfahrungen bei der Verwendung in XF2-Bauteilen vorliegen, deren Abwitterung aber bei der Natriumchlorid-Prüfung > 8 M.-% liegt, nicht mehr für XF2-Beton nach ZTV-ING verwendet werden dürfen.

Gegen diesen Ausschluss von erfahrungsgemäß geeigneten Kalksteinsplitten wurde vom Bundesverband Mineralische Rohstoffe e.V. (MIRO) und den Industrieverbänden aus Baden-Württemberg und Bayern bei der für das Regelwerk ZTV-ING zuständigen Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) eingesprochen. Parallel dazu erfolgte die umfangreiche Sichtung und Auswertung von einer Vielzahl von historischen Prüfdaten, die im Rahmen der regelmäßigen Fremdüberwachungen der Gesteinsproduzenten in Bayern aufgelaufen sind. Im Sachstandsbericht des Centrums für Baustoffe und Materialprüfung der Technischen Universität München [7] konnte gezeigt werden, dass die bis 2002 für "Zuschlag" geltende erhöhte Anforderung an den Widerstand gegen Frost und Taumittel "eFT" (≤ 2 M.-% nach 10 Frost-Tau-Wechseln unter Wasser) nach DIN 4226-1 [8] einem Natriumchlorid-Grenzwert von rd. 25 M.-% entspricht. Hierbei ist anzumerken, dass Gesteinskörnungen mit der Eigenschaft "eFT" damals für alle Betone mit einem hohen Frost-Tausalz-Widerstand verwendet werden durften. Dies würde nach heutiger Definition die beiden Expositionsklassen XF2 und XF4 abdecken.

Nach eingehender fachlicher Diskussion und unter Berücksichtigung einer gutachterlichen Stellungnahme des Otto-Graf-Instituts (FMPA) der Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart konnte erreicht werden, dass für Baden-Württemberg eine Sonderregelung für die Verwendung von Kalksteinsplitten aus Baden-Württemberg eingeführt wurde. Das im Rahmen der Sonderregelung anzuwendende Nachweisverfahren (Bild 1) ist in einer Verwaltungsvorschrift des Innenministeriums von Baden-Württemberg vom 20. Juni 2008 [9] verankert.

Bereits vor der Einführung der Sonderregelung wurden für verschiedene Kalksteinsplitte aus Baden-Württemberg Untersuchungen an den Gesteinskörnungen und an damit hergestelltem Beton durchgeführt. Über diese Untersuchungen und deren Ergebnisse wird im Folgenden berichtet.

Tafel 1: Übersicht über Frisch- und Festbetonkennwerte der untersuchten Betone

	Referenz KS	Referenz G	Werk A	Werk B	Werk C	Werk D	Werk E	Werk F
Frischbetonroh- dichte [kg/dm³]	2,29	2,28	2,28	2,33	2,32	2,33	2,32	2,31
Verdichtungs- maß	1,17	1,27	1,39	1,23	1,18	1,23	1,27	1,33
Luftgehalt [Vol%]	5,0	4,8	5,0	4,6	5,0	4,5	5,0	4,6
Festbetonroh- dichte [kg/dm³]	2,26	2,28	2,26	2,29	2,27	2,34	2,31	2,28
Druckfestigkeit ¹⁾ [N/mm ²]	38,5	40,0	45,5	37,5	35,5	41,5	42,5	35,5

¹⁾ Faktor 0,92 berücksichtigt

2 Angaben zu den Ausgangsstoffen

Das Untersuchungsprogramm umfasste die Prüfung von acht Gesteinskörnungen der Korngruppen 2/4 bzw. 2/5, 4/8 bzw. 5/8, 8/11 und 11/16. Die Gesteinskörnungen wurden so ausgewählt, dass bei der Natriumchlorid-Prüfung die Bereiche mit einer Abwitterung von ≤ 8 M.-%, zwischen 8 M.-% und 25 M.-% und > 25 M.-% abgedeckt wurden. Es wurden zwei Gesteinskörnungen aus Kies-Edelsplitt und Granitsplitt als Referenzkörnungen (Bezeichnung: Referenz KS bzw. Referenz G) sowie sechs Gesteinskörnungen aus Kalksteinsplitt verschiedener Herstellwerke (Bezeichnung: Werk A bis Werk F) als Prüfkörnungen verwendet. Für die Herstellung der Prüfbetone wurde des Weiteren Rheinsand der Korngruppe 0/2, als Zement ein CEM 1 32,5 R sowie ein Luftporenbildner auf Naturharzseifenbasis verwendet

3 Frost-Tau- bzw. Frost-Tausalz-Widerstand der Gesteinskörnungen

Der Frost-Tau- bzw. Frost-Tausalz-Widerstand der Gesteinskörnungen wurde nach DIN EN 1367-1 [4] an der Korngruppe 8/11,2 geprüft. Die Prüfergebnisse sind in Bild 2 grafisch dargestellt. Demnach liegen der Kies-Edelsplitt und Granitsplitt (KS und G) sowie der Kalksplitt A unter 8 M.-% Abwitterung, die Kalksplitte B, C und D im Bereich zwischen 8 M.-% und 25 M.-% und die Kalksplitte E und F über 25 M.-%.

4 Angaben zur Betonherstellung

Für die Untersuchungen der Gesteinskörnungen im Beton wurden Prüfbetone mit den Referenzkörnungen Kiesbzw. Granit-Edelsplitt (Bezeichnung: Beton KS bzw. Beton G) sowie den Prüfkörnungen (Bezeichnung: Beton A bis Beton F) gemäß DIN V 18004 [10] hergestellt. Der Zementgehalt betrug dabei 320 kg/m³, der Wasserzementwert 0,50. Die Frischbetonkennwerte sind in Tafel 1 zusammengefasst. Der angestrebte Luftgehalt im Frischbeton von 4,5 Vol.-% bis 5,0 Vol.-% wurde durch eine entsprechende Dosierung des Luftporenbildners erreicht. Das Verdichtungsmaß der hergestellten Betone lag zwischen 1,17 und 1,39 (Konsistenz plastisch bis steif). Von jedem Beton wurden Würfel mit 15 cm Kantenlänge für die Prüfung der Druckfestigkeit und des Frost-Tausalz-Widerstands sowie für Auslagerungsversuche hergestellt. Die Würfel für die Auslagerungsversuche wurden ohne Schalöl gegen eine in der Würfelform eingeklebte Teflonscheibe betoniert.

5 Prüfung des Festbetons

Die Druckfestigkeiten der untersuchten Betone im Alter von 28 Tagen lagen zwischen 35,5 N/mm² (Beton F) und 45,5 N/mm² (Beton Werk A). Die Ergebnisse sind in Tafel 1 zusammengefasst.

Die Prüfkörper mit einer Höhe von rd. 70 mm für die Prüfung des Frost-Tausalz-Widerstands wurden gemäß der Vornorm DIN CEN/TS 12390-9, Abschnitt 5.3, [11] aus den Betonwürfeln im Nass-Säge-Verfahren bei konstantem Vorschub herausgesägt. Die Seitenflächen der Prüfkörper wurden zwischen dem 21. und 26. Tag nach der Probenherstellung mit einem lösungsmittelfreien

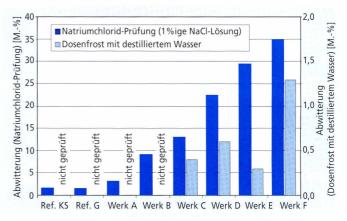


Bild 2: Grafische Darstellung der Abwitterungen der untersuchten Gesteinskörnungen der Korngruppe 8/11,2 bei der Frost- bzw. Frost-Tausalz-Prüfung

beton [5/2010]

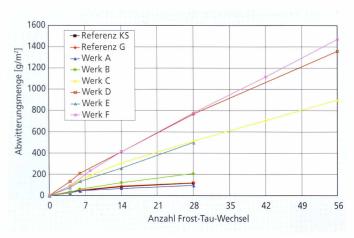


Bild 3: Abwitterungsmenge der untersuchten Betone in Abhängigkeit von der Anzahl der Frost-Tau-Wechsel bei der CDF-Prüfung

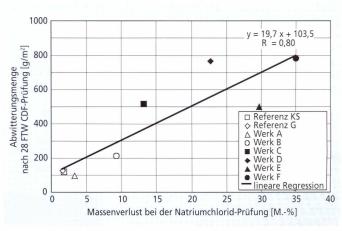


Bild 4: Grafische Gegenüberstellung des Massenverlusts bei der Natriumchlorid-Prüfung (Dosenfrost mit 1%iger NaCl-Lösung) der Gesteinskörnung und der Abwitterungsmenge der Prüfbetone nach 28 FTW der CDF-Prüfung

Epoxidharz versiegelt. Die Prüffläche war in allen Fällen die gesägte Fläche.

In diesem Zusammenhang wird darauf hingewiesen, dass gemäß der Anmerkung in DIN V 18004, Abschnitt 4.3.3.2 [10], für das CDF-Verfahren bisher überwiegend Erfahrungen mit der Prüfung an geschalten Prüfflächen vorliegen. Deshalb können derzeit noch keine allgemein anwendbaren Anforderungswerte für die direkte Beurteilung von Gesteinskörnungen mit dem CDF-Verfahren angegeben werden. Da zudem das CDF-Prüfverfahren ein Prüfverfahren zur Beurteilung des Frost-Tausalz-Widerstands von Beton der Expositionsklasse XF4 darstellt, ist die Beurteilung der Eignung von Gesteinskörnungen für die Verwendung in Beton der Expositionsklasse XF2 anhand der CDF-Prüfung an gesägten Prüfflächen nicht abschließend geklärt.

Im Rahmen der durchgeführten Untersuchungen wurden daher die Prüfergebnisse der Abwitterungen an den gesägten Prüfflächen vergleichend betrachtet. Um die Voraussetzungen für die Vergleichbarkeit zu gewährleisten, erfolgte die Herstellung, Lagerung und Vorbereitung der untersuchten Prüfkörper unter gleichen Randbedingungen (gleicher Zement, gleicher Luftporenbildner, gleiche feine Gesteinskörnung, gleicher Mischablauf, gleiche Nachbehandlung und Vorbereitung der Prüfkörper). Der Verlauf der Abwitterung in Abhängigkeit von der Anzahl der Frost-Tau-Wechsel (FTW) ist in Bild 3 dargestellt. In Bild 4 sind die Abwitterungsmengen der Betonversuche nach 28 FTW CDF-Prüfung den Abwitterungsmengen bei der Natriumchlorid-Prüfung mit 1%iger NaCl-Lösung gegenübergestellt. In Bild 5 sind exemplarisch Ausschnitte der Prüfflächen von jedem untersuchten Beton nach 28 bzw. 56 FTW der CDF-Prüfung abgebildet.

Bei Betrachtung der Prüfflächen der Betone nach 28 bzw. 56 FTW der CDF-Prüfung und Vergleich mit dem Massenverlust bei der Natriumchlorid-Prüfung zeichnet sich ein Zusammenhang zwischen dem Anteil der geschädigten Gesteinskörner und dem Massenverlust bei der Natriumchlorid-Prüfung ab.

Zusätzlich zu der Erfassung der Abwitterungsmenge wurde an den Probekörpern der dynamische E-Modul nach dem "Merkblatt Frostprüfung von Beton" der Bundesanstalt für Wasserbau [12] bestimmt. Der relative dynamische Elastizitätsmodul nach 28 FTW CDF-Prüfung, bezogen auf die Ausgangsmessung vor der Frost-Tausalz-Beanspruchung, ist in Bild 6 dargestellt. Die Ergebnisse der untersuchten Betone liegen dabei unter dem im BAW-Merkblatt [12] aufgeführten zusätzlichen Abnahmekriterium für die innere Schädigung, wonach der Beton als innerlich geschädigt gilt, wenn ein relativer dynamischer E-Modul von 75 % nach 28 FTW (bei der Eignungsprüfung) unterschritten wird.

6 Feststellungen zu den Abwitterungen beim Betonversuch

Das bei der CDF-Prüfung am Beton innerhalb von 28 FTW abgewitterte Material wurde nach dem Trocknen mit einem Pinsel von den Faltenfiltern abgebürstet und von Hand über den Sieben mit 1 mm, 2 mm, 4 mm und 8 mm Lochweite gesiebt. Die Verteilungen der Abwitterungsmengen sind in Bild 7 als prozentualer Anteil des abgewitterten Materials bezogen auf die Gesamtmenge und in Bild 8 als Abwitterungsmenge in g/m² dargestellt. Als Gesamtmenge wurde die bei der CDF-Prüfung bestimmte Abwitterungsmenge nach 28 FTW angesetzt.

Die Abwitterungen > 2 mm lassen sich als dünne, plattige Abplatzungen der Kalksteinsplitte beschreiben, die auf ein lagenweises Abwittern der an der gesägten Prüffläche freiliegenden Gesteinskörnungen hindeuten.

7 Auslagerung von Probekörpern

Um den Frost-Tausalz-Widerstand unter Praxisverhältnissen abschätzen zu können, wurden im Januar 2009 Betonproben unter XF2-Bedingungen an der Autobahn A 8 in der Nähe von Hohenstadt (770 m ü. NN) ausgelagert. Als Auslagerungsproben wurden von den acht hergestellten Betonen je ein halbier-

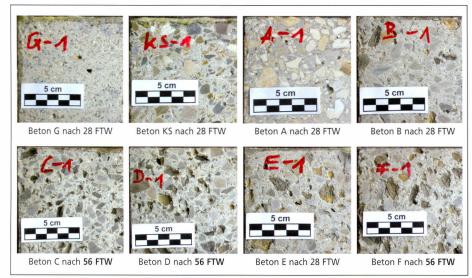


Bild 5: Fotos der Prüfflächen (Ausschnitte) der untersuchten Betone nach 28 bzw. 56 FTW CDF-Prüfung

Gesteinskörnung

ter Würfel mit an Teflon geschalter Prüffläche und ein halbierter Würfel mit gesägter Prüffläche verwendet. Die Probekörper wurden mit Ausnahme der Prüffläche mit Epoxidharz versiegelt. Die Befestigung erfolgte wie in Bild 9 dargestellt auf Gitterrosten an der Leitplanke. Dabei wurden die Probekörper zur Vermeidung eines Durchfrierens von hinten auf der Rückseite mit expandiertem Poly-

3,3 M.-% bis 35,0 M.-% auf. Damit wurden die Bereiche ≤ 8 M.-% (Kalksteinsplitt aus Werk A), > 8 M.-% bis ≤ 25 M.-% (Kalksteinsplitte aus den Werken B, C und D) und > 25 M.-% (Kalksteinsplitte aus den Werken E und F) abgedeckt.

Die Ergebnisse und Feststellungen der Betonversuche an gesägten Prüfflächen mit dem CDF-Prüfverfahren nach der Vornorm DIN

CEN/TS 12390-9 [11] lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Der mit Kalksteinsplitt Werk A hergestellte Beton wies eine ähnlich geringe Abwitterung auf wie die aus den Referenzkörnungen Kies-Edelsplitt und Granit-Splitt hergestellten Betone. Daraus wird ersichtlich, dass durchaus auch Kalksteinsplitte gibt, die hin-

sichtlich des Frost-Tausalz-Widerstandes die gleiche Leistungsfähigkeit wie die Referenzkörnungen haben können."

- Die aus Kalksteinsplitten der Werke B, C und D hergestellten Betone wiesen erwartungsgemäß mit zunehmendem Masseverlust bei der Natriumchlorid-Prüfung eine zunehmende Abwitterung bei der CDF-Prüfung auf. Entsprechend Absatz (5) der Verwaltungsvorschrift [9] dürfen diese Gesteinskörnungen für XF2-Bauteile nach ZTV-ING verwendet werden, wenn mindestens einmal jährlich eine Abwitterung von ≤ 25 M.-% bei der Natriumchlorid-Prüfung nachgewiesen wird.
- Die Kalksteinsplitte der Werke E und F mit Masseverlusten von rd. 30 M.-% bzw. 35 M.-% wiesen deutliche Unterschiede

der Abwitterungen bei der CDF-Prüfung auf. Gemäß Absatz (6) der Verwaltungsvorschrift [9] könnten diese Kalksteinsplitte im Rahmen der Gutachterlösung beurteilt werden. Da derzeit keine abgesicherten wissenschaftlichen Erkenntnisse vorliegen, sind nach Auffassung der Autoren neben den ergänzenden Untersuchungen auch die klimatischen Verhältnisse am Einsatzort mit zu berücksichtigen.

Wurden mit Kalksteinsplitten, die im Rahmen der Gutachterlösung beurteilt werden sollen, bereits XF2-Bauwerke ohne Schäden erstellt, sollten diese Bauwerke als Referenz berücksichtigt und ebenfalls begutachtet werden. Im Rahmen der ergänzenden Untersuchungen sind die bei der Natriumchlorid-Prüfung und der CDF-Prüfung abgewitterten Bestandteile näher zu untersuchen.

Die CDF-Prüfung mit den Kalksteinsplitten der Werke C, D und F wurde auf 56 Frost-Tau-Wechsel verlängert. Dabei wurde zwischen dem 14. und 56. Frost-Tau-Wechsel eine weitgehend lineare Zunahme der Abwitterungsmengen festgestellt. Aufgrund dieser Feststellung wird eine Verlängerung der CDF-Prüfung von 28 auf 56 Frost-Tau-Zyklen im Hinblick auf die Beurteilung des Frost-Tausalz-Widerstands von Kalksteinsplitten als Gesteinskörnung in ZTV-ING-Beton der Expositionsklasse XF2 seitens der Autoren als nicht zielführend eingestuft.

Auf Grundlage der zusätzlichen Anforderungen an den dynamischen E-Modul des BAW-Merkblatts [12] zur Prüfung des Betons auf Frost gilt keiner der untersuchten Betone als innerlich geschädigt. Da das CDF-Prüfverfahren XF4-Verhältnisse mit hoher Wassersättigung simuliert, ist diese Feststellung für Gesteinskörnungen mit dem Einsatzzweck XF2 besonders hervorzuheben.

9 Ausblick

Die realen Bedingungen in der Expositionsklasse XF2 (mäßige Durchfeuchtung) und XF4 (starke Durchfeuchtung) unterscheiden

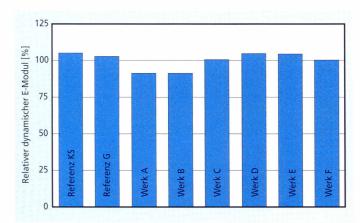


Bild 6: Relativer dynamischer Elastizitätsmodul nach 28 FTW CDF-Prüfung

styrol gedämmt. Die senkrecht angeordneten Prüfflächen sind in Richtung Süden ausgerichtet. Die Klimadaten an der Auslagerungsstelle werden über die in unmittelbarer Nähe vorhandene Wetterstation der Autobahnmeisterei erfasst. An den Auslagerungsproben soll nach jedem Winter der Zustand der Prüfflächen visuell hinsichtlich Abplatzungen und Abwitterungen untersucht werden. Zudem sollen die Prüfflächen fotografiert und so die Veränderungen gegenüber dem Ausgangszustand dokumentiert werden.

8 Zusammenfassung und Bewertung der Ergebnisse

Die im Rahmen der durchgeführten Untersuchungen geprüften Kalksteinsplitte aus Baden-Württemberg wiesen bei der Natriumchlorid-Prüfung einen Massenverlust von

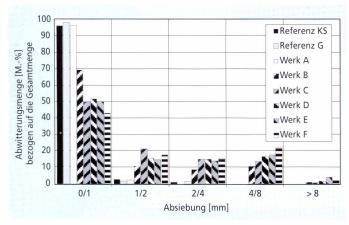


Bild 7: Abwitterungsmenge in M.-% bezogen auf die Gesamtabwitterung der Betone nach 28 FTW CDF-Prüfverfahren, aufgeteilt in die Korngruppen 0/1, 1/2, 2/4, 4/8 und > 8 mm

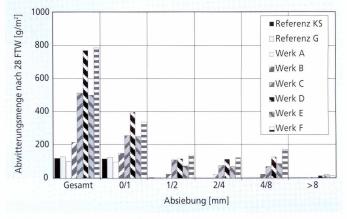


Bild 8: Abwitterungsmenge in g/m^2 der Betone nach 28 FTW CDF-Prüfverfahren als Gesamtmenge und aufgeteilt in die Korngruppen 0/1, 1/2, 2/4, 4/8 und > 8 mm

Gesteinskörnung





Bild 9: Auslagerungsproben an der Autobahn A 8 München-Stuttgart

sich hinsichtlich des maximalen Wassersättigungsgrads der Randzone und der Häufigkeit über den jahreszeitlichen Verlauf deutlich. Dieser Sachverhalt ist in [13] anschaulich dargelegt. Aus diesem Grund haben zwei Grenzwerte für die grobe Gesteinskörnung in einem normativ abgestuften Konzept ihre Berechtigung. Bei der anstehenden Überarbeitung der europäischen Normen für Gesteinskörnungen ist damit zu rechnen, dass zukünftig das Magnesiumsulfat-Prüfverfahren für die Dauerhaftigkeit von Gesteinskörnungen hinsichtlich Frost-Tausalz-Angriff keine Rolle mehr spielen wird. Aus diesem Grund ist eine zutreffende Kategorie nach dem Natriumchlorid-Verfahren für die Verwendung in XF2 mit weiteren Daten zu hinterlegen. Als erster Vorschlag könnte die Kategorie F_{EC}25 (Natriumchlorid ≤ 25 M.-%) aufgrund des historischen Datenhintergrunds und den bis dato nicht aufgetretenen Schäden dienen.

Darüber hinaus sollten Erfahrungen mit dem in [13] beschriebenen Prüfverfahren (modifizierter CDF-Versuch) für Betone in der Expositionsklasse XF2 gesammelt werden. Neben den Ergebnissen des AiF-Cluster-Forschungsvorhabens "Verbundforschung Frost- und Frost-Tausalz-Widerstand von Beton unter besonderer Berücksichtigung der verwendeten Gesteinskörnungen" sollten auch die Erkenntnisse aus den Untersuchungsprogrammen (Labor und Auslagerungsversuche) der Industrieverbände in Baden-Württemberg und Bayern im Regelwerk Eingang finden.

Durch die Definition von zutreffenden und abgestuften Natriumchlorid-Grenzwerten für die Expositionsklassen XF2 und XF4 im Anhang U der Betonnorm DIN 1045-2 [2] könnten die "Länder-Sonderregelungen" für Ingenieurbauwerke in Baden-Württemberg und Bayern zukünftig entfallen.

Literatur

- DIN EN 206-1 "Beton Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität", Ausgabe Juli 2001
- [2] DIN 1045-2 "Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 2: Beton – Festlegung, Eigenschaf-

- ten, Herstellung und Konformität Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1", Ausgabe August 2008
- geln zu DIN EN 206-1", Ausgabe August 2008

 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten (ZTV-ING), Teil 3 Massivbau, Stand 07/06, Verkehrsblattsammlung Nr. S 1056
- [4] DIN EN 1367-1 "Prüfverfahren für thermische Eigenschaften und Verwitterungsbeständigkeit von Gesteinskörnungen – Teil 1: Bestimmung des Widerstandes gegen Frost-Tau-Wechsel", Ausgabe Januar 2000
- [5] DIN EN 1367-6 "Prüfverfahren für thermische Eigenschaften und Verwitterungsbeständigkeit von Gesteinskörnungen Teil 6: Beständigkeit gegen Frost-Tau-Wechsel in der Gegenwart von Salz (NaCl)", Ausgabe Dezember 2008
 [6] DIN EN 1367-2 "Prüfverfahren für thermische
- [6] DIN EN 1367-2 "Prüfverfahren für thermische Eigenschaften und Verwitterungsbeständigkeit von Gesteinskörnungen – Teil 2: Magnesiumsulfat-Verfahren", Ausgabe Mai 1998
- [7] Sachstandsbericht zu einer Besprechung an der Obersten Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Inneren am 1. 2. 2007, Univ.-Prof. Dr.-Ing. Peter Schießl, Dr. Erhard Westiner, Centrum für Baustoffe und Materialprüfung an der Technischen Universität 6. 3. 2007 (unweröffentlicht)
- [8] DIN 4226-1 "Zuschlag für Beton Teil 1. Zuschlag mit dichtem Gefüge – Begriffe, Bezeichnung und Anforderungen", Ausgabe April 1983
- [9] Verwaltungsvorschrift des Innenministeriums über die Fortschreibung der Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten (ZTV-ING), der Technischen Lieferbedingungen und Prüfvorschriften (TL/TP-ING) und des Merkblattes für die Bauüberwachung von Ingenieurbauten (M-BÜ-ING) vom 20. Juni 2008 – Az. 63-3944.0/144. Gemeinsames Amtsblatt des Landes Baden-Württemberg, 56. Jahrgang, Nr. 6, Stuttgart, 30. Juli 2008, S. 209-211.
- [10] DIN V 18004 "Anwendungen von Bauprodukten in Bauwerken – Pr
 üfverfahren f
 ür Gesteinsk
 örnungen nach DIN V 20000-103 und DIN V 20000-104", Ausgabe April 2004
- [11] Vornorm DIN CEN/TS 12390-9 "Prüfung von Festbeton – Teil 9: Frost- und Frost-Tausalz-Widerstand – Abwitterung". Ausgabe August 2006
- stand Abwitterung", Ausgabe August 2006 [12] Bundesanstalt für Wasserbau (BAW, Herausgeber) "Merkblatt Frostprüfung von Beton", Dezember 2004
- [13] Frost- und Frost-Tausalz-Prüfverfahren und ihre Übertragbarkeit, Ulf Guse, Tagungsband zum 6. Symposium Baustoffe und Bauwerkserhaltung "Dauerhafter Beton", Universität Karlsruhe (TH), 12. März 2009, Universitätsverlag Karlsruhe



Sichtbetonflächen mit

Betoplan S Schalungsplatten

Die leicht saugende Filmbeschichtung für ein porenarmes Betonbild

