

Bestimmung der korrosionsauslösenden Chloridgehalte zur Bewertung der chloridinduzierten Stahlkorrosion von Stahlbetonbauteilen

In diesem Artikel wird nachfolgend auf die Methoden zur Bewertung des chloridinduzierten Korrosionspotenzials sowie auf die Optimierung der Untersuchungsmethodik eingegangen.

Die Stahlbewehrung ist im alkalischen Zementsteinmilieu des Betons gegen Korrosion geschützt. Der Grund hierfür besteht darin, dass sich bei pH-Werten > 10 eine für Sauerstoff und Wasser nahezu undurchlässige Passivierungsschicht auf der Oberfläche des Bewehrungsstahls ausbildet. Die Passivierung der Bewehrung kann durch veränderte Bedingungen im Umfeld der Bewehrung z. B. durch die Veränderung des pH-Werts aufgrund der Carbonatisierung des Betons oder durch die Einwirkung von Chloriden (z. B. in

Form von Tausalzen) aufgehoben werden. Treten dann Wasser und Sauerstoff hinzu, »rostet« der Bewehrungsstahl, wobei es in der Folge zu einer Volumenvergrößerung und damit zur Bildung von Betonabplatzungen oberhalb des Bewehrungsstahls kommt (Abb. 1).

1 Chloridinduzierte Stahlkorrosion

Während es sich bei der carbonatisierungsinduzierten Stahlkorrosion um ein flächig auftretendes Phänomen handelt, läuft die chloridinduzierte Stahlkorrosion, wie Abb. 2 und Abb. 3 zeigen, häufig in lokal begrenzten Bereichen ab (sog. Lochfraßkorrosion).

Die chloridinduzierte Stahlkorrosion verläuft nur dann in relevanter Geschwindigkeit, wenn der kritische korrosionsauslösende Chloridgehalt auf Höhe des Bewehrungsstahls überschritten wird und die weiteren Voraussetzungen für die Stahlkorrosion (z. B. Zutritt von Feuchtigkeit und Sauerstoff) gegeben sind.

Zur Bestimmung der Gehalte der in den Beton eingedrungenen Chloride sind Proben (Bohrmehl oder Bohrkernscheiben) in

unterschiedlichen Tiefen von der Betonoberfläche aus zu entnehmen. Dabei ist von entscheidender Bedeutung, dass Analysenproben zu entnehmen sind, die »repräsentativ für das zu beurteilende Bauteil« sind. Weiterhin sind die Anwendungsgrenzen der jeweiligen Probenahmeverfahren (Anzahl der Teilproben zur Herstellung einer Mischprobe, Aufmahlen der Proben, Entnahmetiefen) im Rahmen der Probenahme zu beachten [13] und [14].

1.1 Wasserlösliche Chloridgehalte

Neben den unterschiedlichen Probenahmeverfahren haben auch die zur Anwendung kommenden Analyseverfahren einen wesentlichen Einfluss auf die Genauigkeit der Untersuchungsergebnisse. Nor-



Abb. 1 a+b: Korrosion des Bewehrungsstahls

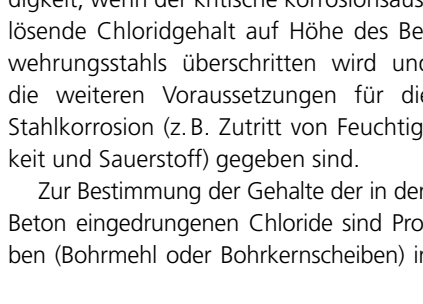


Abb. 2: Erscheinungsbild der Lochfraßkorrosion



Abb. 3 a+b: Erscheinungsbild der Lochfraßkorrosion

mativ ist nur die Anwendung des Verfahrens nach Volhard oder die potentiometrische Titration für die Bestimmung der Chloridgehalte im Beton zulässig, bei denen der Beton mittels Salpetersäure vollständig aufgeschlossen wird.

Im Gegensatz zu dem oben erwähnten Verfahren kommen in der Praxis nicht selten Schnellprüfverfahren (Nachweis mittels UV oder Ionenchromatographie) zur Anwendung, bei denen nicht die Gesamtchloridgehalte sondern nur die wasserlöslichen Chloridgehalte bestimmt werden. Diese Verfahren werden aufgrund der geringeren Prüfkosten und der deutlich größeren Prüfgeschwindigkeit häufig in Verbindung mit dem Verfahren der Bohrmehlentnahme (siehe Abb. 4) bei Objekten wie Parkhäusern oder Tunnelbauwerken eingesetzt.

Leider liegen bei den ausschreibenden Stellen im Regelfall keine ausreichenden Kenntnisse über die mit der Anwendung dieser Schnellprüfverfahren in Verbindung stehenden Einschränkungen bei der Bewertbarkeit der Ergebnisse der ermittelten Chloridgehalte vor. Dies wird be-

sonders beim Studium von Ausschreibungstexten deutlich, in denen die Verfahren zur Vorbereitung der Proben i.d.R. nicht genau beschrieben werden. Gerade bei der Bestimmung der wasserlöslichen Chloridgehalte wirken sich die verwendeten Verfahren der Probenvorbereitung (Aufmahlen, Wassermenge und Kontaktzeit mit dem Wasser) aber erheblich auf das ermittelte Prüfergebnis aus.

Ohne konkrete Festlegung der Probenvorbereitungsverfahren werden sich gewinnorientierte Prüfstellen mit hoher Wahrscheinlichkeit für das einfachste und schnellste Vorbereitungsverfahren entscheiden. Bei diesem werden die Bohrmehlproben ohne weiteres Aufmahlen in einer Spritze mit dem Analysenwasser in Kontakt gebracht und die resultierende Prüflösung nach kurzer Kontaktzeit (häufig unter einer Minute) zur Messung verwendet. Auch ist das Verhältnis von der Prüfgut- zur Wassermenge bei diesem Verfahren nicht definiert. Die Rückfindungsrate der Chloride ist hierbei zum einen gering und schwankt zum anderen stark, sodass die tatsächlich vorliegenden Chloridgehalte bei diesem Verfahren auf Basis der ermittelten Untersuchungsergebnisse i.d.R. deutlich unterschätzt werden (siehe Abschnitt 1.3).

Etwas bessere Ergebnisse werden erzielt, wenn das Bohrmehl vor der Untersuchung aufgemahlen wird, da der wasserlösliche Anteil in diesem Fall ansteigt. Allerdings sind die Wiederfindungsraten auch bei diesem Verfahren deutlich geringer, als bei dem sauren Aufschluss (siehe Abschnitt 1.3).

Die besten (genauesten) Ergebnisse werden mit den Schnellprüfverfahren vorgefunden, wenn das Bohrmehl aufgemahlen wird und die Analysenprobe mindestens 24 Stunden im Verhältnis 1:10 mit Wasser geschüttelt wird. Allerdings werden auch bei diesem Verfahren noch geringere Chloridgehalte als an dem säurelöslichen Aufschluss vorgefunden (siehe Abschnitt 1.3).

Ein Planer, der kein konkretes Verfahren zur Probenvorbereitung im LV-Text definiert (Aufmahlen der Probe, Verhältnis zwischen Prüfgut- und Wassermenge sowie Kontaktzeit mit dem Wasser), muss demnach damit rechnen, dass die Prüfstelle das einfachste und kostengünstigste, aber auch das ungenaueste Verfahren bestellungskonform anwendet. Was dies für die Bewertung der Ergebnisse konkret bedeutet, soll nachfolgend diskutiert werden.

1.2 Bewertung der ermittelten Chloridgehalte

Bei den in den einschlägigen Technischen Regelwerken genannten Richtwerten, wie z.B. der Instandsetzungsrichtlinie, handelt es sich um langjährige Erfahrungswerte, die auf Basis der säurelöslichen (und nicht der wasserlöslichen) Chloridgehalte festgelegt wurden.

Anmerkung:

Zur konkreten Beurteilung der kritischen, korrosionsauslösenden Chloridgehalte müsste das Wasser aus den Kapillarporen der Proben ausgepresst und der Chloridgehalt der Kapillarporenflüssigkeit ermittelt werden. Hierbei handelt es sich aus Kostengründen aber nicht um ein anwendbares Verfahren.

Aufgrund des hohen Aufwands des o.g. Verfahrens wurden die Richtwerte für die Bewertung der Chloridgehalte auf Basis langjähriger Erfahrungen mit den säurelöslichen Chloridgehalten festgelegt [9]. Danach dürfen im Beton salpetersäurelösliche Chloridgehalte in einer Größenordnung von 0,03 M.-% bezogen auf den Beton enthalten sein.

Anmerkung:

Auch bei diesem Richtwert handelt es sich nur um einen groben Orientierungswert. Bei der sachgerechten Bewertung müssten die ermittelten Chloridgehalte auf die C_3A -Anteile des Zementsteins bezogen werden.

Da die Instandsetzungsrichtlinie bei dem o.g. Richtwert von einem sehr geringen Zementgehalt ausgeht, liegt diese Bewertung auf der sicheren Seite. Zur genaueren Bewertung der Chloridgehalte von Bauwerksproben ist in der Instandsetzungsrichtlinie zusätzlich ein zementbezogener Richtwert von 0,5 M.-% genannt.

1.3 Wiederfindungsrate wasserlöslicher Chloridgehalte

Wie in Abschnitt 1.1 ausgeführt wurde, liegt die Wiederfindungsrate der Chloride bei der Prüfung der wasserlöslichen Anteile im Regelfall deutlich unterhalb der Wiederfindungsrate für die säurelöslichen Anteile. Demnach lassen sich so ermittelte wasserlösliche Chloridgehalte nicht ohne Weiteres mit den Richtwerten vergleichen, die in den einschlägigen Technischen Regelwerken, wie z.B. der Instandsetzungsrichtlinie benannt sind.

Einheitliche Faktoren zur Umrechnung von wasserlöslichen in säurelösliche Chloridgehalte sind nicht bekannt, sodass eine sachgerechte Bewertung von wasserlöslichen Chloridgehalten demnach nur sehr eingeschränkt möglich ist.

Um einheitliche Umrechnungsfaktoren zwischen wasser- und säurelöslichen Chloridgehalten zu ermitteln, erfolgten in der



Abb. 4 a+b: Bohrmehlentnahme

Tabelle 1: Zusammenhang zwischen dem Vorbereitungsverfahren und den Wiederfindungsraten wasserlöslicher Chloride

	Chloridgehalte [M.-%]				
	Potentiometrische Titration	Ionenchromatograph		Abweichung [%]	
		wässriger Auszug	Verfahren		
6-19/1298/14-S1.1	0,4213	0,4052	24 h Schütteln	-3,8	-12,2
6-19/1298/14-W2.1	0,775	0,3288		-12,9	
6-19/1298/14-S1.2	0,2094	0,2173		3,8	
6-19/1298/14-W2.2	0,1689	0,1356		-19,7	
6-19/1298/14-W2.3	0,0747	0,0550		-26,4	
6-19/1298/14-S1.3	0,0355	0,0305	-14,1		
6-19/1101/14-1.1	0,2087	0,1434	24 h Schütteln	-31,3	-26,9
6-19/1101/14-2.8	0,1831	0,1417		-22,6	
6-19/1104/14-1.1-0,5-1,5	0,1003	0,0706	24 h Schütteln	-29,6	-43,3
6-19/1104/14-1.1-1,5-2,5	0,0455	0,0264		-42,0	
6-19/1104/14-1.1-2,5-3,5	0,0197	0,0106		-46,2	
6-19/1104/14-1.2-0,5-1,5	0,079	0,0507		-35,8	
6-19/1104/14-1.2-1,5-2,5	0,0356	0,0188		-47,2	
6-19/1104/14-1.2-2,5-3,5	0,0160	0,0072		-55,0	
6-19/1104/14-1.3-0,5-1,5	0,8380	0,0776		-90,7	
6-19/1104/14-1.3-1,5-2,5	0,0260	0,0148		-43,1	
6-19/1104/14-1.3-2,5-3,5	0,0127	0,0059		-53,5	
6-19/1104/14-1.4-0,5-1,5	0,1517	0,1098		-27,6	
6-19/1104/14-1.4-1,5-2,5	0,1063	0,0694		-34,7	
6-19/1104/14-1.4-2,5-3,5	0,0302	0,0189		-37,4	
6-19/1104/14-1.5-0,5-1,5	0,1132	0,0829		-26,8	
6-19/1104/14-1.5-1,5-2,5	0,0525	0,0339		-35,4	
6-19/1104/14-1.5-2,5-3,5	0,0245	0,0135		-44,9	

2 Potenzialfeldmessung

Wie in Abschnitt 1 ausgeführt, wird aus Kosten- und Zeitgründen häufig die Bestimmung der wasserlöslichen Chloridgehalte ausgeschrieben und/oder beauftragt. Im Ergebnis resultieren ggf. deutliche Fehlbeurteilungen aufgrund eines zu gering abgeschätzten Chloridgehaltes der Proben. Aus Sicht der Sanierungsplanung erscheint es deutlich sinnvoller, anstelle einer großen Anzahl an wasserlöslichen Chloridgehalten eine geringere Menge an säurelöslichen Chloridgehalten zu untersuchen, dafür aber eine sog. Potenzialfeldmessung vorzuschalten.

Anmerkung:

Mittels der zerstörungsfreien Potenzialfeldmessung können im Objekt Teilflächen mit aktuell ablaufenden Korrosionsströmen lokalisiert werden.

Bei einer angepassten Prüfplanung würde sich der Ablauf dahingehend ändern, dass zu Beginn der Untersuchungen eine Potenzialfeldmessung erfolgt, um Bereiche zu lokalisieren, in denen aktuell eine Stahlkorrosion abläuft. Unter Berücksichtigung der hierbei erhaltenen Ergebnisse kann eine sachgerechte Prüfplanung erfolgen, bei der gezielt Stellen für die Entnahme der Chloridproben festgelegt werden.

Neben der Möglichkeit zur zielgerichteten Festlegung der Mess- und Untersuchungsstellen bietet die Potenzialfeldmessung den Vorteil, dass auf Basis der Ergebnisse dieser Voruntersuchungen zusätzlich Aussagen zu den Sanierungshöhen (bis zu welcher Höhe muss der Beton z.B. im Bereich von Stützen abgetragen werden) möglich sind. Die erforderliche Abtragtiefe muss weiterhin auf Basis der nachgeschalteten Chloridbeprobungen planerisch festgelegt werden. Ein typisches Ergebnis für die Untersuchung einer Tiefgarage unter Verwendung der

MPVA Neuwied GmbH orientierende Vergleichsuntersuchungen mittels der Ionenchromatografie am wässrigen Auszug und der potentiometrischen Titration am salpetersauren Aufschluss (siehe Tabelle 1).

Die Ergebnisse aus der rechten Spalte dieser Tabelle zeigen, dass mittels der ionenchromatografischen Bestimmung der wasserlöslichen Chloride erwartungsge-

mäß nur deutlich geringere Chloridgehalte als nach dem Säureaufschluss und der Bestimmung der säurelöslichen Chloride vorgefunden wurden. Die Wiederfindungsrate der wasserlöslichen Chloride variierte dabei stark, wobei kein einheitlicher Zusammenhang zwischen den Vorbereitungsverfahren und den Wiederfindungsraten festgestellt wurde.



Abb. 5 a+b: Vorgehensweise bei der Potenzialfeldmessung

Potentialfeldmessung Fahrbahn Ebene 2
Messzeitraum: 16.-17.09.2017

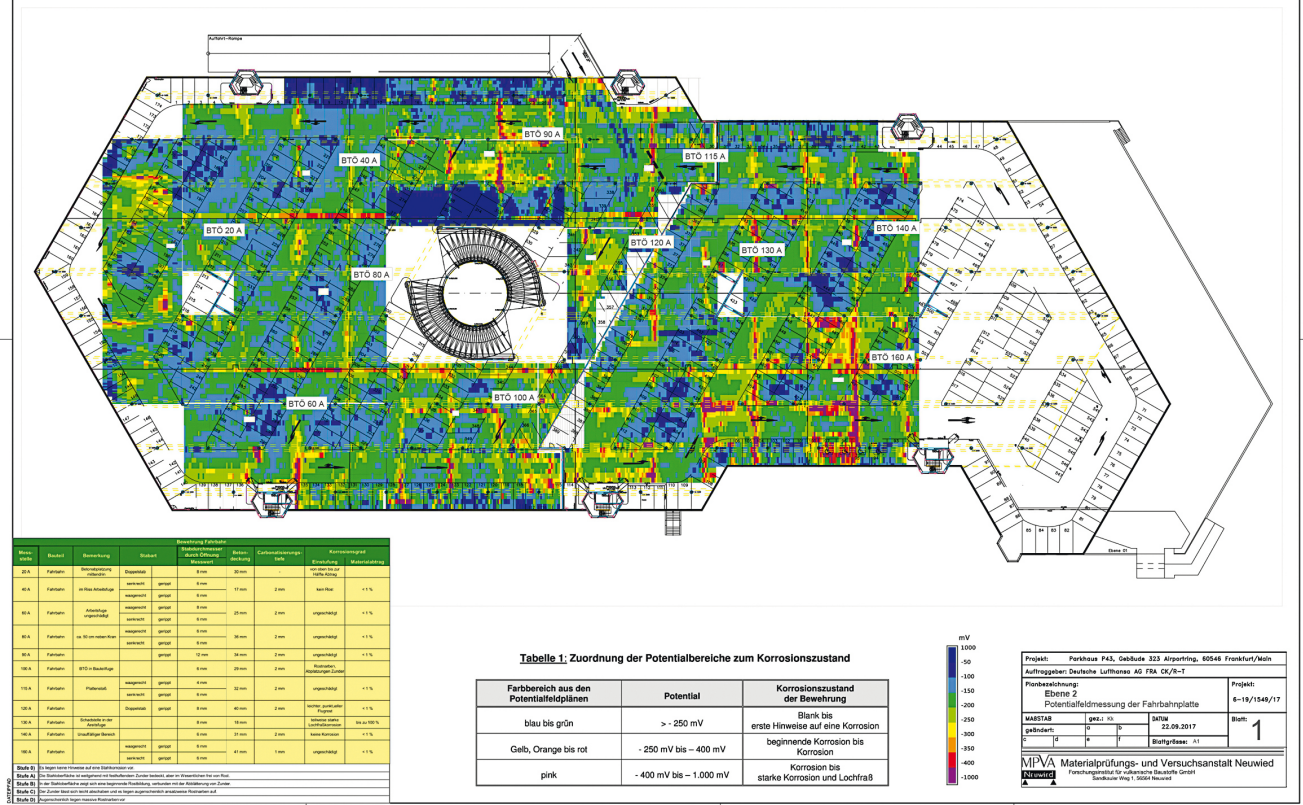


Abb. 6: Ergebnisse der Potenzialfeldmessung der Fahrbahn eines Parkhauses

Potentialfeldmessung ist in Abb. 6 exemplarisch dargestellt.

Wie diese Ergebnisse zeigen, lagen im dargestellten Objekt bevorzugt aktuell ablaufende Korrosionsströme im Bereich von Unterzügen (siehe rote und pinkfarbene Teilflächen) vor. Wie bei fast allen modernen Prüfverfahren ist aber auch bei diesem Verfahren zu beachten, dass die Untersuchungsmethodik Schwachstellen und Potenzial für Fehlbeurteilungen enthält, auf die in [13] und [14] bereits detailliert eingegangen wurde.

3 Zusammenfassung

Im Rahmen der Sanierungsplanung z. B. von Parkhäusern, Brücken oder Tunnelbauwerken ist der Bewertung der Risiken der chloridinduzierten Stahlkorrosion eine besondere Bedeutung beizumessen. Trotzdem entscheiden sich Planungsbüros und ausschreibende Stellen aus Kosten- und Zeitgründen häufig für die deutlich preisgünstigere Methode der Bestimmung der wasserlöslichen Chloridgehalte. Nicht allen Büros ist dabei bewusst, dass die bekannten Richtwerte (für säurelösliche Chloride z. B. aus der Instandset-

zungsrichtlinie) nur sehr eingeschränkt zur Bewertung der wasserlöslichen Chloridgehalte heranzuziehen sind.

So haben diverse Vergleichsuntersuchungen gezeigt, dass die Wiederfindungsrate der wasserlöslichen Chloride deutlich unterhalb der säurelöslichen Chloride liegt.

Daneben hängt die Wiederfindungsrate gerade der wasserlöslichen Chloride sehr stark von der Probenvorbereitung (Körnigkeit des Prüfgutes und Aufmahlen der Proben, Kontaktzeit mit dem Wasser sowie Mengenverhältnis zwischen Wasser und Bohrmehl) ab. Aufgrund der vielseitigen Einflüsse lassen sich ohne genaue Kenntnis der Eigenschaften des Bohrmehls (z. B. der Korngröße) und der konkreten Probenvorbereitung auch keine einheitlichen Umrechnungsfaktoren zwischen den wasserlöslichen und den säurelöslichen Chloriden ableiten. Somit sind die wasserlöslichen Chloride nur sehr eingeschränkt zur Bewertung des chloridinduzierten Korrosionspotenzials zu verwenden. Konkrete Korrosionsbewertungen sind streng genommen nur auf Basis der säurelöslichen Chloride möglich.

Alternativ zur Untersuchung hunderter oder manchmal sogar tausender wasserlöslicher Chloridgehalte, wie dies bei Großobjekten durchaus häufiger der Fall ist, sollte eine Kombination aus einer vorgeschalteten Potentialfeldmessung und der anschließenden Bestimmung der säurelöslichen Chloride erfolgen. So ist die Potentialfeldmessung eine sehr gute Methode, um Teilflächen zu lokalisieren, in denen eine Instandsetzung aufgrund von Bewehrungsstahlkorrosion erforderlich ist.

Die Kombination der Potentialfeldmessung mit der Bestimmung einer deutlich geringeren Prüfmenge an säurelöslichen Chloridgehalten liefert nicht nur deutlich mehr Informationen, sondern führt gerade bei großen Flächen, wie z. B. bei Parkhäusern oder Brücken, nicht selten sogar zu einer deutlichen Reduzierung der Prüfkosten. Darüber hinaus ist auf Basis einer sachgerechten Prüfplanung eine deutlich sicherere Festlegung der Sanierungsbereiche (inkl. der abgeleiteten Abtragtiefe des Betons) möglich, sodass nicht nur die Prüfkosten sinken, sondern auch reduzierte Sanierungskosten resultieren können. Last but not least

ist auf Basis dieser Untersuchungen eine sachgerechte Bewertung der vorliegenden Chloridgehalte möglich, da ein Verfahren gewählt wurde, welches zu den in den Technischen Regelwerken benannten Grenzwerten passt.

4 Literatur

- [1] DIN EN 206-1:2001-07 Beton – Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität
- [2] DIN EN 206-1: 2017-01 Beton – Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität
- [3] DIN 1045-2:2008-08 Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 2: Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität – Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1
- [4] DIN EN 1992-1-1:2011-01 + A1-Änderung: 2015-03 Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
- [5] DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04 + A1-Änderung: 2015-12 Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
- [6] DIN EN 1504-10:2017-12 Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betonbauteilen – Teil 10: Definitionen, Anforderungen, Qualitätsüberwachung und Beurteilung der Konformität – Anwendung von Produkten und Systemen auf der Baustelle und Qualitätsüberwachung der Ausführung
- [7] DIN EN 14629:2007-06 Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Bestimmung des Chloridgehaltes in Festbeton
- [8] DAfStb-Heft 401: 1989 Anleitung zur Bestimmung des Chloridgehaltes von Beton, Berlin, Beuth 1989
- [9] DAfStb Betonbauteile:2001-10; Instandsetzungs-Richtlinie:2001-10; RL SIB:2001-10 DAfStb-Richtlinie - Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen (Instandsetzungs-Richtlinie) - Teil 1: Allgemeine Regelungen und Planungsgrundsätze; Teil 2: Bauprodukte und Anwendung; Teil 3: Anforderungen an die Betriebe und Überwachung der Ausführung; Teil 4: Prüfverfahren
- [10] Tritthart, J.; Gugmeyer, H.: Untersuchungen zu Korrosionsrisikos von Stahl in Beton. In: Baustoffe – Forschung, Anmerkung, Bewährung; Festschrift R. Springenschmid, Baustoffinstitut der TU München, 1989
- [11] Breit, W.: Kritischer korrosionsauslösender Chloridgehalt – Sachstand. Teil 1. Beton 48(1998) Nr. 7, S. 442-449
- [12] Breit, W.: Kritischer korrosionsauslösender Chloridgehalt – Neuere Untersuchungsergebnisse. Teil 2. Beton 48(1998) Nr. 8, S. 511-522
- [13] Voß, K.-U.: Anwendungsgrenzen der Bestandsuntersuchungen vor einer sachgerechten Instandsetzungsplanung. Tl. 1. Hinweise für die Praxis. Beton 62(2012) Nr. 12, S. 470-474
- [14] Voß, K.-U.: Anwendungsgrenzen der Bestandsuntersuchungen vor einer sachgerechten Instandsetzungsplanung. Tl.2. Hinweise für die Praxis. Beton 63(2013) Nr. 1/2, S. 18-23
- [15] Lichtmann, M.; Wegen, G. van der; Polder, R. B.: Beton mit hohem Chlorideindringwiderstand. Erfahrungen aus den Niederlanden. BWI – BetonWerk International 21(2018) Nr. 5, S. 54-63
- [16] Schiessl, P.; Raupach, M.: Chloridinduzierte Korrosion von Stahl in Beton. Untersuchungen mit Betonkorrosionszellen. Beton-Informationen (1988) Nr. 3/4, S. 33-45
- [17] Schöppel, K.: Aussagekraft von Chloridwerten aus Betonbauwerken hinsichtlich der Korrosionsgefährdung. Beton- und Stahlbetonbau 105(2010) Nr. 11, S. 703-713
- [18] Schöppel, K.; Dorner, H.; Letsch, R.: Nachweis freier Chlorionen auf Betonoberflächen mit dem UV-Verfahren. BFT International 54(1988) Nr. 11, S. 80-85
- [19] Raupach, M.: Zur chloridinduzierten Makroelementkorrosion von Stahl in Beton. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Heft 433, 1992
- [20] Springenschmid, R.: Anleitung zur Bestimmung des Chloridgehaltes von Beton. In: Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Heft 401, 1989, S. 7-43
- [21] Breit, W.: Kritischer Chloridgehalt – Untersuchungen an Stahl in chloridhaltigen alkalischen Lösungen. Materials and Corrosion – Werkstoffe und Korrosion 1998, Nr. 8, S. 539-550
- [22] Taffe, A.; Wilsch, G.; Schaurich, D.: Zuverlässige Bestimmung von Chloridgehalten bei der Instandsetzung tausalzgeschädigter Bauwerke. In: 4. Kolloquium Verkehrsbauten – Schwerpunkt Parkhäuser, 02. und 03. Februar 2010, Tagungsband. Technische Akademie Esslingen TAE, 2010, S. 405-412
- [23] Richartz, W.: Die Bindung von Chlorid bei der Zementerhärtung. Zement – Kalk – Gips 22(1969) Nr. 10, S. 447-456
- [24] Tritthart, J.: Bewehrungskorrosion – zur Frage des Chloridbindevmögens von Zement. Zement – Kalk – Gips 37(1984) Nr. 4, S. 200-204
- [25] Sodeikat, Ch.: Auffinden von Bewehrungskorrosion mit Hilfe der Potentialfeldmessung. In: 1. Kolloquium Verkehrsbauten – Schwerpunkt Parkhäuser, 27. und 28. Januar 2004, Tagungsband. Technische Akademie Esslingen TAE, 2004, S. 637-648
- [26] Nürnberger, U.: Korrosion und Korrosionsschutz im Bauwesen, Band 1: Grundlagen, Betonbau. Wiesbaden: Bauverlag, 1995
- [27] Raupach, M.: Auswirkung von Chloriden im Beton, Abhängigkeit von Betoneigenschaften. Institut für Bauforschung der RWTH Aachen, 2008. Online Ressource

Der Autor



Dr. rer. nat. Karl-Uwe Voß

Dr. Karl-Uwe Voß (1966), 1985 – 1992 Chemiestudium und Promotion an der Westfälischen Wilhelms-Universität, Münster; 1992 – 1997 Sachbearbeiter und stellvertretender Prüfstellenleiter beim ZEMLABOR, Beckum; 1998 – 2000 technischer Geschäftsführer der Duisburger Bundesüberwachungsverbände und des Baustoffüberwachungsvereins Nordrhein-Westfalen; 2000 – 2002 Prüfstellenleiter beim ZEMLABOR; seit 2002 Geschäftsführer und Institutsleiter der Materialprüfungs- und Versuchsanstalt Neuwied; seit 2005 von der IHK Koblenz als Sachverständiger für Analyse zementgebundener Baustoffe öffentlich bestellt und vereidigt; seit 2013 im Vorstand des QS-Pflaster; seit 2014 im Vorstand des LVS Rheinland-Pfalz; seit Dezember 2014 wurde der Bestimmungstenor auf den Bereich der Flächenbefestigungen aus Betonpflastersteinen und anderen Betonwaren ausgedehnt

Materialprüfungs- und Versuchsanstalt Neuwied GmbH
Sandkauler Weg 1, 56564 Neuwied
Tel. 02631/3993-23, Fax 02631/3993-40
voos@mpva.de