

# Bewertung von Frost- und Frost-Tausalz-Schäden an Betonpflastersteinen – Teil 2

*Im ersten Teil der Artikelserie wurde über die unterschiedlichen Schadensbilder von Frost-Tausalz-Schäden, den Einfluss von Rissen in den Produkten und die Einflüsse der Verlegung und Nutzung auf die Entstehung der Schäden eingegangen.*

Der zweite Teil des Artikels beschäftigt sich mit der gutachterlichen Bewertung von Frost-Tausalz-Schäden an Pflastersteinen in Objekten. Hierbei wird im Besonderen auf die möglichen Verfahren zum Nachweis des Frost-Tausalz-Widerstandes der Produkte,

- auf die zulässigen Abwitterungsraten von Bauwerksproben,
- auf die Bewertung des Witterungswiderstandes bereits verbauter Produkte sowie
- auf Besonderheiten bei der Bewertung optisch hochwertiger Produkte eingegangen.

## 1 Gutachterliche Bewertung von Frost-Tausalz-Schäden

Soll geklärt werden, ob eine nicht ausreichende Witterungsbeständigkeit der Produkte ursächlich für Zementsteinabwitterungen an Pflasterbelägen ist (siehe Abb. 1), bedienen sich Sach-

verständige häufig der Durchführung von Frost-Tausalz-Versuchen an den bereits verbauten Produkten.

### 1.1 Verfahren zum Nachweis des Frost-Tausalz-Widerstandes

Soll der Frost-Tausalz-Widerstand von Pflasterbelägen im Laborversuch nachgewiesen werden, so erfolgt dies üblicherweise unter Verwendung der normativ beschriebenen Prüfverfahren (»Slab-Test« oder »CDF-Test«). Bei der Bewertung der Ergebnisse dieser Laborversuche ist aber zu berücksichtigen, dass unterschiedliche Verfahren (»Slab-Test« oder »CDF-Test«) unterschiedliche Abwitterungsraten liefern und sogar unterschiedliche Aussagen dazu, ob die Pflasterbeläge ausreichend witterungsbeständig sind oder nicht (in Abschnitt 1.7.2 aus [12] erfolgen detaillierte Aussagen zu den jeweiligen Frost-Tausalz-Verfahren und zur Bewertung der jeweiligen Ergebnisse). Gerade diese unterschiedlichen Bewertungen befeuern die Diskussion darüber, welches das »richtige« Verfahren zum Nachweis des Frost-Tausalz-Widerstandes ist. Die Verfechter des »schärferen« »CDF-Tests« argumentieren dabei damit, dass der »Slab-Test« die Wirklichkeit nicht sachgerecht abbildet. Diese Aussage ist auch absolut richtig. Tatsächlich ist es sogar nahezu unmöglich, ein Prüfer-



Abb. 1 a+b: Betonabwitterungen an Bordsteinen

fahren zu entwickeln, welches in der Lage ist, die Wirklichkeit innerhalb angemessener Prüfzeiten sachgerecht abzubilden.

Laborprüfverfahren zum Nachweis der Produkteigenschaften können die »Wirklichkeit« normalerweise nicht sachgerecht abbilden. So wird eine Pflasterdecke in der Innenstadt von Köln mit Sicherheit einer völlig anderen Beanspruchung ausgesetzt sein als eine Pflasterdecke in ländlicheren Gebieten Süddeutschlands. Sollen Laborversuche die Wirklichkeit tatsächlich sachgerecht abbilden, dann stellt sich die Frage, ob das Laborverfahren den Angriffsgrad des Kölner Klimas oder des in Süddeutschland abbilden muss?

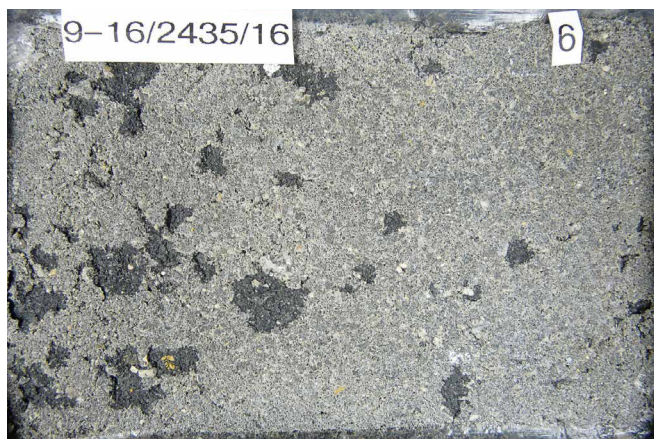
Des Weiteren ist es allein aus Gründen der Prüfzeit auszuschließen, dass Laborverfahren die in der Praxis auftretenden Beanspruchungen angemessen nachstellen. So muss es sich bei Laborverfahren zwangsläufig um »Zeitrafferverfahren« handeln. Kein Kunde oder Gericht wird Verständnis dafür haben, wenn er/es mehrere Jahre auf die Ergebnisse eines Frost-Tauwechsel-Versuchs warten soll. Da mehrjährige Prüfzeiten in der Realität nicht umsetzbar sind, müssen die Rahmenbedingungen während der Prüfung des Frost-Tauwechsel-Widerstandes im Labor (die Prüftemperaturen, die Steilheit der Aufheiz- bzw. Abkühlkurven beim Frostversuch sowie der Salzgehalt des Taumittels) demnach zwangsläufig massiv von den in der Praxis auftretenden Bedingungen abweichen.

Bereits diese kurze Einführung zeigt, welchem Spannungsfeld sowohl die Sachbearbeiter im Prüflabor als auch die Sachverständigen bei der Bewertung von Frost-Tausalz-Schäden im Objekt ausgesetzt sind.

## 1.2 Zulässige Abwitterungsraten neuer und noch nicht verbauter Produkte

Beim Slab-Test handelt es sich um das normativ in DIN EN 1338 vorgesehene Referenzprüfverfahren zum Nachweis des Frost-Tausalz-Widerstandes von Betonpflastersteinen. Gemäß DIN EN 1338 darf die Abwitterungsrate von neuen und noch nicht verbauten Betonpflastersteinen im Prüflabor von 28 Tagen bei der Durchführung von 28 Frost-Tauwechseln bei Verwendung von Natriumchlorid als Tausalz bei im Mittel maximal  $1.000 \text{ g/m}^2$  liegen, sofern die Einzelwerte  $1.500 \text{ g/m}^2$  nicht übersteigen.

Um diese Anforderungswerte anschaulicher zu machen, zeigt Abb. 2 Betonpflastersteine mit einer Abwitterungsrate von ca.  $150 \text{ g/m}^2$  (links) und von  $1.430 \text{ g/m}^2$  (rechts) im Rahmen eines normativen Slab-Tests.



Beim CDF-Test handelt es sich um ein Alternativverfahren nach DIN EN 12390-9 zum Nachweis des Frost-Tausalz-Widerstandes von Betonen. Wird der Nachweis des Frost-Tausalz-Widerstandes abweichend von DIN EN 1338 unter Einsatz des CDF-Tests gefordert, dann müssen die Grenzwerte für die zulässigen Abwitterungsraten im Rahmen dieses Versuchs konkret zwischen den Parteien vereinbart werden. Üblicherweise wird der Richtwert der ZTV W [10] (Abwitterungsrate von im Mittel  $1.500 \text{ g/m}^2$ ) herangezogen. Zusammenfassend ist festzustellen, dass der Nachweis des Frost-Tausalz-Widerstandes mittels des CDF-Verfahrens (ebenso wie die Festlegung der einzuhaltenden Grenzwerte) konkret zwischen den Parteien zu vereinbaren und auch gesondert zu vergüten ist.

Dies ist auch bei der Untersuchung und Bewertung des Frost-Tausalz-Widerstandes von Bauwerksproben durch Sachverständige zu beachten. So gibt es Sachverständige, die zur Beurteilung des Frost-Tausalz-Widerstandes von Pflasterbelägen im Reklamationsfall standardmäßig das CDF-Verfahren verwenden. Dabei ist aber zu beachten, dass der Frost-Tausalz-Nachweis nach dem CDF-Test gesondert vereinbart worden sein muss, ansonsten sind die Vorgaben der DIN EN 1338 zu erfüllen. Demnach wäre in einem Fall ohne eine gesonderte Vereinbarung »nur« die Einhaltung der Anforderungen des Frost-Tausalz-Widerstandes nach dem Slab-Test Vertragsgegenstand. Dies ist besonders wichtig, wenn man bedenkt, dass der CDF-Test um den Faktor 1,35 bis 5,00 höhere Abwitterungsraten im Vergleich zum Slab-Test liefert (siehe Abschnitt 1.7.2 aus [12]).

## 1.3 Bewertung des Witterungswiderstandes bereits verbauter Produkte

Käufer von Betonprodukten gehen im Regelfall davon aus, dass Pflasterbeläge im Rahmen der üblichen Nutzung keinerlei Frost- bzw. Frost-Tausalz-Abwitterungen aufweisen dürfen. Ganz im Gegensatz dazu zeigen bereits die Anforderungswerte an den Witterungswiderstand neuer und noch nicht verbauter Betonpflastersteine (nach DIN EN 1338 darf die mittlere Abwitterungsrate bei im Mittel  $1.000 \text{ g/m}^2$  liegen), dass auch regelwerkskonforme Produkte eine gewisse Menge an Abwitterungen aufweisen dürfen (siehe Abschnitt 1.2).

Produzenten von Pflasterbelägen können nicht sicherstellen, dass die Produkte in den Pflasterdecken über die gesamte Nutzungszeit vollständig frei von Frost- und Frost-Tausalz-Abwitterungen bleiben.



Abb. 2: Betonpflastersteine mit einer Abwitterungsrate von  $150 \text{ g/m}^2$  (links) bzw.  $1.430 \text{ g/m}^2$  (rechts) im Rahmen des Slab-Tests

Demnach ist bei der Bewertung von Frost- bzw. Frost-Tausalz-Schäden an Pflasterbelägen bereits genutzter Pflasterdecken zu beachten, dass auch bei regelwerkskonformen Produkten mit einem ausreichenden Frost-Tausalz-Widerstand über die Nutzung eine gewisse Menge an Abwitterungen entstehen wird. Die Entstehung einer gewissen Menge an Abwitterungen im Rahmen der Nutzung ist demnach erwartungsgemäß und üblich, allerdings darf die Menge der Abwitterungen auch nicht »über das übliche Maß hinausgehen«.

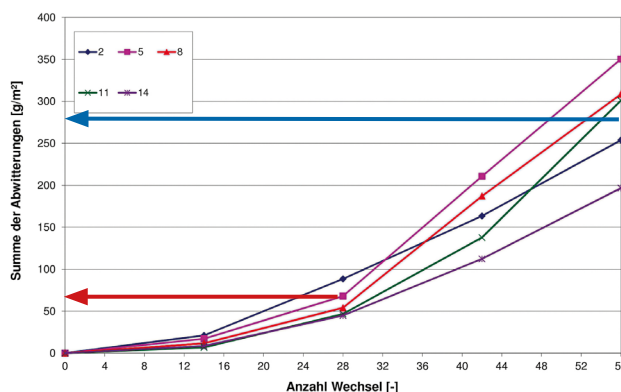
Diese Ausführungen verdeutlichen, warum die sachverständige Bewertung von witterungsbedingten Abwitterungen an Pflasterbelägen so schwierig ist. Sachverständige müssen bei einer aus technischer Sicht sachgerechten Bewertung des Frost- und Frost-Tausalz-Widerstandes bereits verbauter Pflasterbeläge aus den genannten Gründen u.a. die nachfolgenden Punkte beachten:

1. Werden die Anforderungen der einschlägigen Technischen Regelwerke an neue und nicht verbaute Pflasterbeläge erfüllt (nach DIN EN 1338, DIN EN 1339 und DIN EN 1340 darf die mittlere Abwitterungsrate der Pflasterbeläge bei im Mittel 1.000 g/m<sup>2</sup> liegen)?
2. Erfüllt die verwendete Gesteinskörnung die Anforderungen des einschlägigen Technischen Regelwerkes (üblicherweise sollte die Abwitterungsrate der Gesteinskörnung unter 1 M.-% im Rahmen des Frostversuchs liegen)?
3. Geht die Menge an Betonabplatzungen unter Berücksichtigung der Nutzungsintensität, der verwendeten Taumittel und der Nutzungszeit über das übliche Maß hinaus?
4. Handelt es sich um Bauteile mit hohen Anforderungen an die Optik? Wie stark wird die Optik der Pflasterdecke durch die Abwitterungen beeinflusst?

Darüber hinaus sind auch die Einflüsse der Nutzung (Winterdienst, Feuchte- und Reinigungszustand der Pflasterdecke) bei der Bewertung der Schadensursache und der Festlegung der Verantwortlichkeiten zu berücksichtigen. Abschließend ist zu beachten, dass sich auch die Anzahl der bereits im Objekt erfolgten Frost-Tau-Wechsel auf den verbliebenen Witterungswiderstand der Produkte auswirkt.

### 1.3.1 Einfluss der bereits im Bauwerk erfolgten Frost-Tau-wechsel

Je mehr Frost-Tauwechseln die Pflasterbeläge in der Pflasterdecke bereits ausgesetzt waren, umso stärker sind die Produkte



Grafik 1: Abwitterungsrate im Rahmen der Frost-Tauwechsel-Versuche in Abhängigkeit von der Anzahl der Frost-Tauwechsel

üblicherweise bereits vorgeschädigt. Abb. 3 zeigt Betonpflastersteine in einer Pflasterdecke, die aufgrund ihrer Nutzung bereits erhebliche Zementsteinabwitterungen aufweisen. Sind die Betonpflastersteine aufgrund dieser Abwitterungen automatisch mangelhaft?

Berücksichtigt man, dass die abgebildete Pflasterdecke bereits über einen Zeitraum von über 50 Jahren genutzt wurde, dann erscheint der Materialabtrag des vorliegenden Betonsteinpflasters als absolut erwartungsgemäß, weshalb die Pflastersteine in diesem Beispiel auch nicht als mangelhaft zu bewerten sind. Wie dieses Beispiel zeigt, ist die Nutzungszeit des Pflasterbelags bei der sachverständigen Bewertung der Abwitterungsrate von bereits verbauten Pflasterbelägen in jedem Falle zu berücksichtigen.

Bereits verlegte Pflasterbeläge waren vor der Entnahme der Produkte aus der Pflasterdecke üblicherweise bereits einer Vielzahl von Beanspruchungen ausgesetzt, die zu einer Beeinträchtigung der Materialeigenschaften geführt haben können. Aus diesem Grunde sind die normativen Grenzwerte (z.B. der DIN EN 1338) im Regelfall nicht ohne Weiteres auf die Bewertung des Frost-Tausalz-Widerstandes der Bauwerksproben übertragbar.

Auf die Bewertung des Frost-Tausalz-Widerstandes der Pflasterbeläge wirken sich insbesondere die bereits im Objekt erfolgten Frost-Tauwechsel aus. Diesbezüglich ist festzustellen,

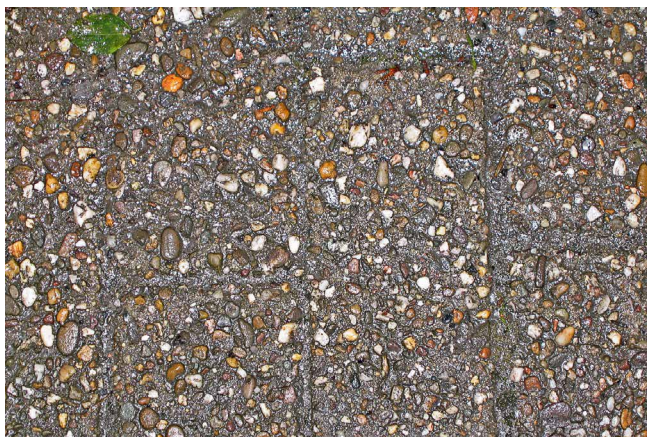


Abb. 3 a+b: Altersgemäße Menge an Betonabwitterungen an den Pflastersteinen einer alten Pflasterdecke



**Abb. 4 a+b+c:** Betonabwitterungen an optisch hochwertigen Bauteilen aus Beton

dass die Menge der Abwitterungen auch im Rahmen von Frost-Tauwechsel-Versuchen im Labor üblicherweise mit der Anzahl der Frost-Tauwechsel nicht nur linear sondern sogar exponentiell ansteigt. Anders formuliert bedeutet dies, dass die Menge der Abwitterungen bei den ersten 28 Frost-Tauwechseln (roter Pfeil aus Grafik 1) erfahrungsgemäß deutlich geringer ist, als bei den Frost-Tauwechseln 29 bis 56 (blauer Pfeil aus Grafik 1).

Bei dem in Abb. 4 dargestellten Beispiel lag die mittlere Abwitterungsrate der ersten 28 Frost-Tauwechseln bei ca.  $65 \text{ g/m}^2$ , während bei den nächsten 28 Frost-Tauwechseln (Frost-Tauwechsel 29 bis 56) eine mittlere Abwitterungsrate von ca.  $285 \text{ g/m}^2$  (und damit mehr als dem Vierfachen) vorgefunden wurde.

Wie dieses Beispiel zeigt, wirkt sich die Anzahl der bereits im Objekt erfolgten Frost-Tauwechsel in erheblichem Umfang auf die Ergebnisse der Frost-Tauwechsel-Versuche und damit auf die

Bewertung des Frost-Tausalz-Widerstandes der untersuchten Pflasterbeläge zum Prüfzeitpunkt aus. Dies gilt auch für den Fall, dass keine augenscheinlich sichtbaren Schäden an den Pflasterbelägen erkennbar sind. Aus diesem Grunde sind die Ergebnisse der Frost-Tausalz-Versuche zum Prüfzeitpunkt (d. h. nach dem Einbau und der Nutzung der Pflasterdecke) auch nicht ohne Weiteres zur Bewertung des Frost-Tausalz-Widerstandes derselben Produkte zum Lieferzeitpunkt heranzuziehen.

### 1.3.2 Bewertung von Frost-Tausalz-Schäden an optisch hochwertigen Bauteilen

Bei optisch hochwertigen Bauteilen ist zu berücksichtigen, dass diese Bauteile nicht nur technische Anforderungen (zulässige Abwitterungsraten) zu erfüllen haben, vielmehr werden auch optische Anforderungen an sie gestellt. Ein Beispiel für Frost-Schäden an einem optisch repräsentativen Bauteil ist der Abb. 4 zu entnehmen.

Da das Betonbauteil aus Abb. 4 nur eine geringe Funktionsbedeutung, dafür aber eine hohe optische Bedeutung besitzt, sind bei diesem Bauteil nicht nur die üblichen, technisch begründeten Anforderungen zu berücksichtigen. Aufgrund der signifikanten Beeinträchtigung der Optik des Brunnens stellen die vorgefundenen Abwitterungen im beschriebenen Fall einen Mangel dar, obwohl die Grenzwerte des Technischen Regelwerkes an die zulässige Menge an Abwitterungen deutlich unterschritten werden.

## 2 Zusammenfassung

Im zweiten Teil des Artikels wurde über die wesentlichen Verfahren zum Nachweis des Frost-Tausalz-Widerstandes von Betonprodukten und die erwartungsgemäßen Abwitterungsraten von Bauwerksproben berichtet. Im Detail wurde darauf eingegangen, wie sich bereits erfolgte Frost-Tau-Wechsel auf den Witte-rungswiderstand der Pflasterbeläge auswirken und was bei der Bewertung von Frost-Tausalz-Schäden von optisch hochwertigen Bauteilen zu beachten ist.

## 3 Literaturverzeichnis

- [1] DIN 483:2005-10 Bordsteine aus Beton – Formen, Maße, Kennzeichnung
- [2] DIN EN 1338 Berichtigung 1:2006-11 Pflastersteine aus Beton – Anforderungen und Prüfverfahren
- [3] E DIN EN 1338:2010-08 Entwurf. Pflastersteine aus Beton – Anforderungen und Prüfverfahren (zurückgezogen)
- [4] DIN EN 1339 Berichtigung 1:2006-11 Platten aus Beton – Anforderungen und Prüfverfahren
- [5] E DIN EN 1339:2010-08 Entwurf. Platten aus Beton – Anforderungen und Prüfverfahren (zurückgezogen)
- [6] DIN EN 1340 Berichtigung 1:2006-11 Bordsteine aus Beton – Anforderungen und Prüfverfahren
- [7] E DIN EN 1340:2010-08 Entwurf. Bordsteine aus Beton – Anforderungen und Prüfverfahren (zurückgezogen)
- [8] DIN CEN/TS 12390-9:2017-05; DIN SPEC 91167:2017-05 Prüfung von Festbeton – Teil 9: Frost- und Frost-Tausalz-Widerstand – Abwitterung

- [9] FGSV-Merkblatt M FP – Merkblatt für Flächenbefestigungen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen in ungebundener Ausführung sowie für Einfassungen (FGSV; 618/1). Köln: FGSV Verlag, 2015
- [10] ZTV-W LB 215 – Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen - Wasserbau (ZTV-W) - für Wasserbauwerke aus Beton und Stahlbeton (Leistungsbereich 215), Ausgabe 2012
- [11] Voß, Karl-Uwe: Schäden an Flächenbefestigungen aus Betonpflaster – Teil 1: Ausblühungen, Kantenabplatzungen und Verfärbungen. 2., aktual. u. erw. Aufl. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2020
- [12] Voß, Karl-Uwe: Schäden an Flächenbefestigungen aus Betonpflaster – Teil 2: Frostscha-den, gebundene Bauweise, oberflächenvergütete Produkte. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2019
- [13] Setzer, Max J.; Hartmann, Volker: Verbesserung der Frost-Tausalz-Widerstands-Prüfung. In: Betonwerk + Fertigteil-Technik BFT 57(1991), Nr. 9, S. 73–82
- [14] Klöppner, Bernhard: Frost-Tausalz-Widerstandsfähigkeit von Betonwaren – ein Standpunkt aus der Sicht eines Herstellers. In: BFT International 74(2008) 74(2008) Nr. 3, S. 90-93
- [15] Voß, Karl-Uwe: Frost- und Frost-Tausalz-Schäden an Betonteilen. In: Straße und Autobahn 64(2013), Nr. 11, S. 854–860
- [16] Krell, Jürgen: Abplatzungen über gesunden, oberflächennahen Gesteinskörnern? Mangel trotz bestandener Frostprüfung? In: BFT International 79(2013), Nr. 2, S. 50–51
- [17] Voß, Karl-Uwe: Tausalzbedingte Schäden an Flächenbefestigungen aus wasserdurchlässigen Betonpflastersteinen. In: BWI BetonWerk International 18(2015), Nr. 6, S. 80-87
- [18] Schäffel, Patrick: Bestimmung des Frost-Tausalz-Widerstandes von vorgefertigten Straßenbauerzeugnissen unter praxisnahen Verhältnissen. In: BFT International 82(2016), Nr. 2, S. 30–31
- [19] Krell, Jürgen: Wen trifft die Erfolgshaftung? Frost-Tausalzschaden an Blockstufen im Garten. In: BFT International 83(2017), Nr. 2, S. 21–22

### 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 Bestellungstenor 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  
voss@mpva.de

