

The first part of this article dealt with the different patterns associated with freeze-thaw damage, the impact of cracks occurring in products, and the influence of installation and use on the onset of damage. Its second part concentrates on the expert assessment of freeze-thaw damage to installed concrete pavers.

Im ersten Teil des Fachbeitrages wurde auf 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. Dieser zweite Teil des Artikels beschäftigt sich mit der gutachterlichen Bewertung von Frost-Tausalz-Schäden an Pflastersteinen in Objekten.

# Assessment of frost and freeze-thaw damage to concrete pavers (Part 2)

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

Text: Dr. rer. nat. Karl-Uwe Voß

**The first part** of this article dealt with the different patterns associated with freeze-thaw damage, the impact of cracks occurring in products, and the influence of installation and use on the onset of damage.

Its second part concentrates on the expert assessment of freeze-thaw damage to installed pavers. More specifically, it will cover the following points:

- » Possible methods for verifying the freeze-thaw resistance of products
- » Permissible scaling rates on samples taken from installed pavements
- » Assessing the weather resistance of installed products and
- » Considering specific factors relevant to evaluating products with particular visual appeal.

### 1 Expert assessment of freeze-thaw damage

Experts often rely on freeze-thaw tests carried out on installed products to clarify if cement paste scaling on pavers was caused by insufficient weather resistance of products (see Fig. 1).

#### 1.1 Methods for verifying freeze-thaw resistance

On a laboratory scale, slab or CDF tests are normally used for verifying the freeze-thaw resistance of concrete pavers. In this context, it should be noted that these

**Im ersten Teil** der Artikelserie wurde auf 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 eingegangen:

- » auf die möglichen Verfahren zum Nachweis des Frost-Tausalz-Widerstandes der Produkte,
- » auf die zulässigen Abwitterungsraten von Bauwerkproben,
- » auf die Bewertung des Witterungswiderstandes bereits verbauter Produkte sowie
- » auf Besonderheiten bei der Bewertung optisch hochwertiger Produkte.

### 1 Gutachterliche Bewertung von Frost-Tausalz-Schäden

Soll geklärt werden, ob eine nicht ausreichende Witterungsbeständigkeit der Produkte ursächlich für Zementsteinabwitterungen an den Befestigungselementen ist (siehe Bild 1), bedienen sich Sachverständige 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 Betonpflastersteinen im Laborversuch nachgewiesen werden, so erfolgt dies üblicherweise unter Verwendung des Slab-Tests oder des sogenannten CDF-Tests. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die genannten Verfahren zu deutlich unterschiedlichen Aussagen führen (in Abschnitt 1.7.2 aus [12] finden sich 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

This second part concentrates on the expert assessment of freeze-thaw damage to installed concrete pavers

Dieser zweite Teil des Artikels beschäftigt sich mit der gutachterlichen Bewertung von Frost-Tausalz-Schäden an Pflastersteinen in Objekten



Figure: MPVA Neuwied



Figure: MPVA Neuwied



Figure: MPVA Neuwied

- 1 Concrete scaling ...
- 1 Betonabwitterungen

---

- ... on curbstones

---

- ... an Bordsteinen

two methods lead to significantly different conclusions (Section 1.7.2 in [12] contains detailed information on the freeze-thaw test methods and the assessment of related results). It is precisely these different outcomes that are fueling the debate over which of these methods is the “right” one for verifying freeze-thaw resistance. The proponents of the “more stringent” CDF test argue that the slab test does not appropriately reflect reality, and this statement is absolutely true. In fact, it is almost impossible to develop a test method capable of appropriately replicating the real situation within reasonable testing periods. However, this shortcoming equally applies to the CDF test.

Generally speaking, test methods for verifying product properties at the laboratory cannot simulate reality properly. For instance, the exposure patterns of concrete block pavements in the inner city of Cologne will surely be fundamentally different from those of concrete pavements in rural southern Germany regularly subjected to de-icing salt treatment. If laboratory tests were to reflect reality properly, we would have to ask the question whether these tests should replicate the degree of exposure in Cologne or in southern Germany.

Furthermore, the limited period available for testing alone excludes any realistic representation of exposures occurring in the field. Thus, any laboratory test method inevitably involves a “time-lapse” mode because no customer or court would want to wait for the outcomes of a freeze-thaw test for several years. Since multi-year testing periods cannot be implemented in practice, the conditions under which freeze-thaw tests are performed at the laboratory (test temperatures, gradients of heating and cooling curves, salt content) are bound to differ materially from real-life conditions.

This brief introduction alone illustrates the delicate balance to be struck by both laboratory staff and experts in the field who assess freeze-thaw damage to installed products.

## 1.2 Permissible scaling rates for new products prior to installation

DIN EN 1338 specifies the slab test as the reference test method for verifying the freeze-thaw resistance of concrete pavers. According to this standard, a mean scaling rate of up to  $1,000 \text{ g/m}^2$  is permissible for new concrete products prior to installation subjected to 28 freeze-thaw cycles at an age of 28 days, provided individual values do not exceed  $1,500 \text{ g/m}^2$ .

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 Prüfverfahren zu entwickeln, welches in der Lage ist, die Wirklichkeit innerhalb angemessener Prüfzeiten sachgerecht abzubilden. Dazu ist aber auch der CDF-Test nicht in der Lage.

Prüfverfahren zum Nachweis von Produkteigenschaften im Labor können die Wirklichkeit normalerweise nicht sachgerecht simulieren. So wird eine Pflasterdecke in der Innenstadt von Köln mit Sicherheit einer völlig anderen Beanspruchung ausgesetzt sein als eine regelmäßig mit Taumitteln beaufschlagte 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 den in Süddeutschland abbilden muss.

Des Weiteren ist es allein aus Gründen der Prüfzeit auszuschließen, dass ein Laborverfahren die in der Praxis auftretenden Beanspruchungen angemessen nachstellt. So muss es sich bei allen Laborverfahren zwangsläufig um „Zeitrafferverfahren“ handeln, da kein Kunde oder Gericht mehrere Jahre auf die Ergebnisse eines Frost-Tauwech-



Figure: MPVA Neuwied

- 2 Concrete pavers with a scaling rate of  $150 \text{ g/m}^2$  ...

- 2 Betonpflastersteine mit einer Abwitterungsrate von  $150 \text{ g/m}^2$  ...



Figure: MPVA Neuwied

- ... and  $1,430 \text{ g/m}^2$  determined in the slab test

- ... bzw. von  $1,430 \text{ g/m}^2$  im Rahmen des Slab-Tests

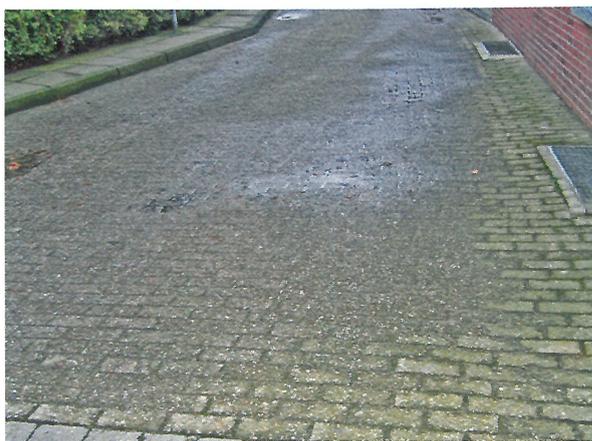


Figure: MPVA Neuwied

3 Age-appropriate degree of concrete scaling ...

3 Altersgemäße Menge an Betonabwitterungen an den Pflastersteinen ...

To illustrate these specified values, Fig. 2 shows concrete pavers with a scaling rate of about  $150 \text{ g/m}^2$  (left) and  $1,430 \text{ g/m}^2$  (right) determined in a slab test in accordance with the standard.

The CDF test is an alternative method specified in DIN EN 12390-9 for verifying the freeze-thaw resistance of concrete. If the client specifies verification of freeze-thaw resistance in a CDF test, in deviation from DIN EN 1338, the parties to the contract need to agree on the specific limit values for permissible scaling rates to be determined in this test. For this purpose, the mean scaling rate of  $1,500 \text{ g/m}^2$  specified in ZTV W [10] as an indicative value is generally applied. In conclusion, both the verification of freeze-thaw resistance using the CDF method and the specific limit values to be adhered to must be agreed upon by the parties, and remunerated separately.

The same principle should be complied with when officially appointed experts test and assess the freeze-thaw resistance of samples taken from installed concrete block pavements. For instance, some experts apply the CDF method by default when requested to assess the freeze-thaw resistance of concrete pavers in the event of a complaint. Again, verification of the freeze-thaw behavior according to the CDF method must have been agreed upon separately by the parties. Absent any such agreement, when the parties enter into a contract on the delivery of products in accordance with DIN EN 1338, for example, such contract will “only” require compliance with the freeze-thaw resistance specifications as determined in the slab test.

This difference is crucial because the CDF test will deliver scaling rates 1.35 to 5 times higher than obtained in the slab test (see Section 1.7.2 in [12]).

### 1.3 Assessment of the weather resistance of installed products

Purchasers of concrete products usually assume that pavers must not exhibit any surface scaling caused by frost or freeze-thaw impact during their intended use. Very much on the contrary, however, even the values specified for the weather resistance of new concrete pavers prior to installation (the mean scaling rate may



Figure: MPVA Neuwied

... on an old concrete block pavement

... einer alten Pflasterdecke

sel-Versuches warten kann und möchte. 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 sowie der Salzgehalt) 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 (inkl. 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 Bild 2 Betonpflastersteine mit einer Abwitterungsrate von ca.  $150 \text{ g/m}^2$  (im Bild links) bzw. von  $1.430 \text{ g/m}^2$  (im Bild 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 Versuches konkret zwischen den Parteien vereinbart werden. Üblicherweise wird der Richtwert der ZTV W [10] (Abwitterungsrate von im Mittel  $1.500 \text{ g/m}^2$ ) verwendet. 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 Bauwerkspuren durch

amount to up to 1,000 g/m<sup>2</sup> according to DIN EN 1338) prove that standards-compliant products may exhibit cement paste scaling phenomena (see Section 1.2).

Producers of concrete block pavers are not in a position to ensure that their products installed in concrete pavements will remain completely free from scaling caused by frost and freeze-thaw impact over their entire service life.

Accordingly, any assessment of frost and/or freeze-thaw damage to pavers that form part of an in-service concrete block pavement must consider the fact that even standards-compliant products with a sufficient freeze-thaw resistance during their service life may show a certain amount of scaling.

We should thus expect a certain amount of cement paste scaling to inevitably occur in the in-service condition as long as this scaling does not exceed the generally acceptable rate.

These considerations illustrate why the weather-induced cement paste scaling on concrete pavers is so difficult to assess. Thus, experts need to consider the following points, among others, to ensure an appropriate assessment of frost and freeze-thaw resistance of installed concrete block pavements:

- » 1. Do the products comply with the requirements of applicable technical rules and standards governing new concrete paving blocks prior to installation (the mean scaling rate may amount to up to 1,000 g/m<sup>2</sup> according to DIN EN 1338)?
- » 2. Do the mineral aggregates meet the specifications of the applicable standard or guideline (the frost exposure test should generally reveal an aggregate scaling rate of less than 1 wt%)?
- » 3. Does the degree of concrete spalling exceed the usual amount?
- » 4. Are products with particular visual appeal involved? How strongly does surface scaling influence the appearance of the concrete block pavement?

In addition, influential factors in the use phase should be considered, such as de-icing service, moisture and cleanliness of the block pavement, when assessing the root cause of the damage. Finally, the number of freeze-thaw cycles the pavement has previously been exposed to also has an influence on the residual weather resistance of the products.

### 1.3.1 Influence of previous freeze-thaw cycles on the installed pavement

The greater the number of previous freeze-thaw cycles the concrete pavers were exposed to while installed, the more significant the accumulated damage to the products will be. Fig. 3 shows concrete blocks in a pavement exhibiting considerable cement paste scaling owing to their use. Does this paste scaling then make the pavers defective in and of itself?

Considering that this pavement has been in service for over 50 years, the degree of surface scaling appears to be absolutely in line with expectations. This is why the concrete pavers assessed in this example should not be classed as defective.

Sachverständige zu beachten. So gibt es Sachverständige, die zur Beurteilung des Frost-Tausalz-Widerstandes von Betonpflaster im Reklamationsfall standardmäßig das CDF-Verfahren verwenden. Auch hierbei ist zu beachten, dass der Frost-Tausalz-Nachweis nach dem CDF-Test gesondert vereinbart worden sein muss, ansonsten ist bei Vereinbarung der Lieferung von Produkten z. B. nach DIN EN 1338 „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 Betonpflaster im Rahmen der üblichen Nutzung keinerlei Frost- bzw. Frost-Tausalz-Abwitterungen aufweisen dürfen. Ganz im Gegensatz dazu zeigen aber bereits die Anforderungswerte an den Witterungswiderstand neuer und noch nicht verbauter Betonpflastersteine (nach DIN EN 1338 darf die mittlere Abwitterungsrate bei maximal 1.000 g/m<sup>2</sup> liegen), dass auch regelwerkskonforme Produkte Zementsteinabwitterungen aufweisen dürfen (siehe Abschnitt 1.2).

Pflastersteinproduzenten können nicht sicherstellen, dass Pflastersteine in Pflasterdecken über die gesamte Nutzungszeit vollständig frei von Frost- und Frost-Tausalz-Abwitterungen bleiben.

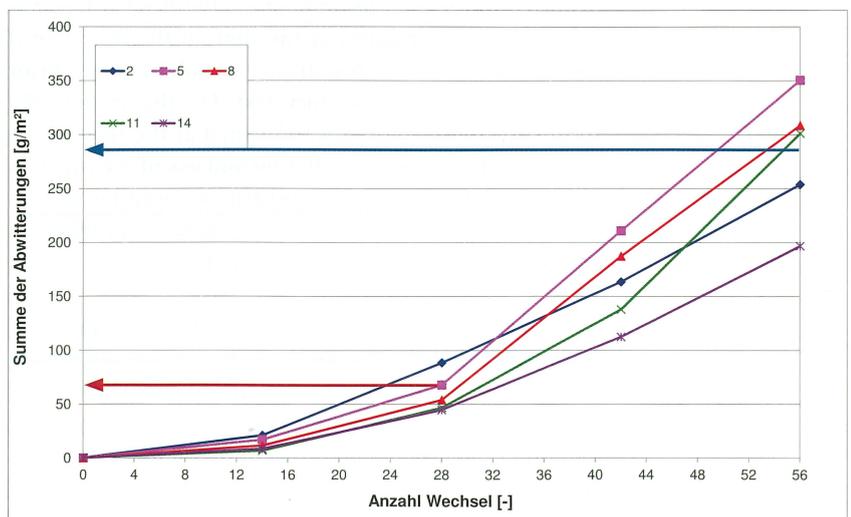
Demnach ist bei der Bewertung von Frost- bzw. Frost-Tausalz-Schäden an Pflastersteinen bereits genutzter Pflasterdecken zu beachten, dass auch regelwerkskonforme Produkte mit einem ausreichenden Frost-Tausalz-Widerstand über die Nutzungszeit eine gewisse Menge an Abwitterungen aufweisen dürfen.

Eine gewisse Menge an Zementsteinabwitterungen im Rahmen der Nutzung ist demnach erwartungsgemäß und üblich, allerdings darf die Menge der Abwitterungen nicht über das übliche Maß hinausgehen.

Diese Ausführungen verdeutlichen, warum die sachverständige Bewertung von witterungsbedingten Zementsteinabwitterungen an Betonpflaster so schwierig ist.

4 Scaling rates determined in freeze-thaw tests depending on the number of freeze-thaw cycles

4 Abwitterungsrate im Rahmen der Frost-Tauwechsel-Versuche in Abhängigkeit von der Anzahl der Frost-Tauwechsel



### 5 Concrete scaling on products with particular visual appeal

5 Betonabwitterungen an optisch hochwertigen Bauteilen aus Beton



Figure: MPVA Neuwied

The influence of the period of use of the concrete block pavement must also be considered for the purpose of an expert assessment of the scaling rate found on installed pavers.

For instance, installed pavers were subject to a large number of actions prior to their removal that may have caused a deterioration of the material's performance. For this reason, the limit values specified in applicable standards (such as DIN EN 1338) are usually not transferable to the assessment of the freeze-thaw resistance of samples taken from installed pavements.

The freeze-thaw cycles that the pavement was previously exposed to have a major influence on assessing the freeze-thaw resistance of the pavers. In this respect, it should be noted that the scaling rate increases exponentially rather than linearly with the number of freeze-thaw cycles also in the case of freeze-thaw tests in the laboratory. In other words, experience proves that the scaling rate measured during the first 28 cycles (red arrow in Fig. 4) is considerably lower than recorded for cycles 29 to 56 (blue arrow in Fig. 4).

In the example shown in Fig. 4, the mean scaling rate documented for the first 28 freeze-thaw cycles amounted to approximately  $65 \text{ g/m}^2$ , whereas the mean scaling rate recorded for the second 28 freeze-thaw cycles (i.e. 29 to 56) equaled about  $285 \text{ g/m}^2$  (i.e. more than four times the first value).

This example demonstrates that the number of freeze-thaw cycles that the installed pavement was previously exposed to has a major impact on the freeze-thaw resistance of the products at the time of the test even if the products do not reveal any visible damage prior to performing the laboratory test. For this reason, the results of freeze-thaw tests obtained at the time of the assessment (i.e. after installation and use of the concrete block pavement) cannot necessarily be used for assessing the freeze-thaw resistance of the same products at the time of delivery to the construction site.

#### 1.3.2 Assessment of freeze-thaw damage to products with particular visual appeal

Products with particular visual appeal should fulfil not only technical specifications (permissible scaling rates) but also requirements in terms of their appearance. Fig. 5 shows an example of frost damage to a concrete block pavement with particular aesthetic appeal.



Figure: MPVA Neuwied

Sachverständige müssen bei einer aus technischer Sicht sachgerechten Bewertung des Frost- und Frost-Tausalz-Widerstandes bereits verbauten Betonpflasters somit u. a. die nachfolgenden Punkte beachten:

- » 1. Werden die Anforderungen der einschlägigen technischen Regelwerke an neues und noch nicht verbautes Betonpflaster erfüllt (nach DIN EN 1338 darf die mittlere Abwitterungsrate bei maximal  $1.000 \text{ g/m}^2$  liegen)?
- » 2. Erfüllt die verwendete Gesteinskörnung die Anforderungen des einschlägigen technischen Regelwerkes (üblicherweise sollte die Abwitterungsrate der Gesteinskörnung unter  $1 \text{ M.-%}$  im Rahmen des Frostversuches liegen)?
- » 3. Geht die Menge an Betonabplatzungen 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 Betonabwitterungen beeinflusst?

Darüber hinaus sind auch die Einflüsse der Nutzung (Winterdienst, Feuchte- und Reinigungszustand der Pflasterdecke) bei der Bewertung der Schadensursache zu berücksichtigen. Abschließend ist zu beachten, dass sich auch die Anzahl der bereits 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-Tau-Wechseln die Pflastersteine in der Pflasterdecke bereits ausgesetzt waren, umso stärker sind die Produkte bereits vorgeschädigt. Bild 3 zeigt Betonpflastersteine in einer Pflasterdecke, die aufgrund ihrer Nutzung bereits erhebliche Zementsteinabwitterungen aufweisen. Sind die Betonpflastersteine aufgrund dieser Zementsteinabwitterungen automatisch mangelhaft?

Berücksichtigt man, dass diese 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.

Der Einfluss der Nutzungszeit des Betonsteinpflasters ist auch bei der sachverständigen Bewertung der Abwitterungsrate von bereits verbauten Betonpflastersteinen zu berücksichtigen.



Figure: MPVA Neuwied

Since the functional significance of the element shown in Fig. 5 is comparatively low compared to its visual aspect, this element must comply not only with the usual technical specifications. Rather, in the case at hand, the significant deterioration of the appearance of the well (see Fig. 5) requires the detected cement paste scaling to be classified as a defect even though the limit values for the permissible scaling rate specified in the applicable standard are not reached by a clear margin. This is why the paste scaling phenomena identified constitute a defect despite the low scaling rate.

## 2 Summary

The second part of this article reported on the essential test methods for verifying the freeze-thaw resistance of concrete products and as-expected scaling rates measured on samples taken from installed pavements. It outlined in detail how previous freeze-thaw cycles influence the weather resistance of products and discussed the factors to be considered for assessing freeze-thaw damage to pavements with particular visual appeal.

So waren bereits verlegte Betonpflastersteine vor der Entnahme üblicherweise bereits einer Vielzahl von Beanspruchungen ausgesetzt, die zu einer Beeinträchtigung der Materialeigenschaften geführt haben können. Aus diesem Grund sind die normativen Grenzwerte (z.B. der DIN EN 1338) im Regelfall nicht ohne weiteres auf die Bewertung des Frost-Tausalz-Widerstandes von Bauwerkproben übertragbar.

Auf die Bewertung des Frost-Tausalz-Widerstandes der Pflastersteine wirken sich insbesondere die bereits im Objekt erfolgten Frost-Tau-Wechsel aus. Diesbezüglich ist festzustellen, dass die Menge der Abwitterungen auch im Rahmen von Frost-Tau-Wechsel-Versuchen im Labor üblicherweise mit der Anzahl der Frost-Tau-Wechsel nicht nur linear, sondern exponentiell ansteigt. Anders formuliert bedeutet dies, dass die Menge der Abwitterungen bei den ersten 28 Frost-Tau-Wechseln (roter Pfeil aus Bild 4) erfahrungsgemäß deutlich geringer ist als bei den Frost-Tau-Wechseln 29 bis 56 (blauer Pfeil aus Bild 4).

Bei dem in Bild 4 dargestellten Beispiel lag die mittlere Abwitterungsrate der ersten 28 Frost-Tau-Wechsel bei ca.  $65 \text{ g/m}^2$ , während die mittlere Abwitterungsrate der zweiten 28 Frost-Tau-Wechsel (Frost-Tau-Wechsel 29 bis 56) bei ca.  $285 \text{ g/m}^2$  (und damit mehr als dem Vierfachen) lag.

Wie dieses Beispiel zeigt, wirkt sich die Anzahl der bereits im Objekt erfolgten Frost-Tau-Wechsel in erheblichem Umfang auf den Frost-Tausalz-Widerstand der Produkte zum Prüfzeitpunkt aus, selbst wenn die Produkte vor der Durchführung der Laborprüfung keine augenscheinlich erkennbaren Schäden aufweisen. Aus diesem Grund 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.



Maschinenfabrik GmbH & Co. KG

**Besuchen Sie uns auf den 64. BetonTagen.**  
Stand 94

18.-21. Februar 2020 

# Stability.



## Prestressing of precast concrete elements

**PAUL supplies**

- Prestressing installations incl. planning work
- Anchor grips
- Prestressing machinery (single-/multi-stressing jacks)
- Strand pushing and cutting equipment
- Automatic prestressing machines for railway sleepers
- Prestressing equipment for bridge construction (prestressing cables and stay cables)

**The experts in Prestressed Concrete Technology.**  
[stressing.paul.eu](http://stressing.paul.eu)



Paul at YouTube  
[stressing-channel.paul.eu](https://www.youtube.com/channel/UC...)

Max-Paul-Str. 1  
88525 Dürmentingen  
Germany  
☎ +49 7371 500-0  
☎ +49 7371 500-111  
✉ [spannbeton@paul.eu](mailto:spannbeton@paul.eu)



### 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 Frostschäden an einem optisch repräsentativen Objekt ist Bild 5 zu entnehmen.

Da das Bauteil aus Bild 5 nur eine geringe funktionale, dafür aber eine hohe optische Bedeutung besitzt, sind bei diesem Bauteil nicht nur die üblichen, technisch begründeten Anforderungen einzuhalten. Aufgrund der signifikanten Beeinträchtigung der Optik des Brunnens (siehe Bild 5) stellen die vorgefundenen Zementsteinabwitterungen 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 Bauwerkproben berichtet. Im Detail wurde darauf eingegangen, wie sich bereits erfolgte Frost-Tau-Wechsel auf den Witterungswiderstand der Produkte auswirken und was bei der Bewertung von Frost-Tausalz-Schäden von optisch hochwertigen Bauteilen zu beachten ist.



### Voß, Karl-Uwe

1985 bis 1992 Chemiestudium und Promotion an der Westfälischen Wilhelms-Universität, Münster; 1992 bis 1997 Sachbearbeiter und stellvertretender Prüfstellenleiter beim ZEMLABOR, Beckum; 1998 bis 2000 technischer Geschäftsführer der Duisburger Bundesüberwachungsverbände und des

Baustoffüberwachungsvereins Nordrhein-Westfalen; 2000 bis 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

[voss@mpva.de](mailto:voss@mpva.de)

## REFERENCES/LITERATUR

- [1] DIN 483: 2005-10. Bordsteine aus Beton – Formen, Maße, Kennzeichnung
- [2] DIN EN 1338: 2003-08. Pflastersteine aus Beton – Anforderungen und Prüfverfahren
- [3] E DIN EN 1338: 2010-08. Pflastersteine aus Beton – Anforderungen und Prüfverfahren
- [4] DIN EN 1339: 2003-08. Platten aus Beton – Anforderungen und Prüfverfahren
- [5] E DIN EN 1339: 2010-08. Platten aus Beton – Anforderungen und Prüfverfahren
- [6] DIN EN 1340: 2003-08. Bordsteine aus Beton – Anforderungen und Prüfverfahren
- [7] E DIN EN 1340: 2010-08. Bordsteine aus Beton – Anforderungen und Prüfverfahren
- [8] DIN CEN TS 12390-9: 2017-05. Prüfung von Festbeton – Teil 9: Frost- und Frost-Tausalz-Widerstand – Abwitterung
- [9] FG5V-Merkblatt M FP-2: 2015. Merkblatt für Flächenbefestigungen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen in ungebundener Ausführung sowie für Einfassungen
- [10] ZTV Wasserbau: 2012. Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen für Wasserbauwerke aus Beton und Stahlbeton
- [11] Dr. Voß, Karl-Uwe: Schäden an Flächenbefestigungen aus Betonpflaster – Teil 1: Ausblühungen, Kantenabplatzungen und Verfärbungen. 1. Auflage. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2017
- [12] Dr. Voß, Karl-Uwe: Schäden an Flächenbefestigungen aus Betonpflaster – Teil 2: Frostschäden, gebundene Bauweise, oberflächenvergütete Produkte. 1. Auflage. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2018
- [13] Prof. Dr. Setzer, Max; Dipl.-Ing. Hartmann, Volker: Verbesserung der Frost-Tausalz-Widerstandsprüfung von Betonergebnissen. In: BWI BetonWerk International (1991), Heft Juni/September
- [14] Klöppner, Bernhard: Frost-Tausalz-Widerstandsfähigkeit von Betonwaren – ein Standpunkt aus der Sicht eines Herstellers. In: Betonwerk + Fertigteil-Technik BFT International (2008)
- [15] Dr. Voß, Karl-Uwe: Frost- und Frost-Tausalz-Schäden an Betonteilen. In: Straße und Autobahn (2011), Heft November
- [16] Dr.-Ing. Krell, Jürgen: Abplatzungen über gesunden, oberflächennahen Gesteinskörnern? Mangel trotz bestandener Erstprüfung? In: Betonwerk + Fertigteil-Technik BFT International (2013), Heft Februar
- [17] Dr. Voß, Karl-Uwe: Tausalzbedingte Schäden an Flächenbefestigungen aus wasserdurchlässigen Betonpflastersteinen. In: BWI BetonWerk International (2015), Heft Juni
- [18] Dr.-Ing. Schäffel, Patrick: Bestimmung des Frost-Tausalz-Widerstandes von vorgefertigten Straßenerzeugnissen unter praxisnahen Verhältnissen. In: Betonwerk + Fertigteil-Technik BFT International (2016), Heft Februar
- [19] Dr.-Ing. Krell, Jürgen: Wen trifft die Erfolgshaftung – Frost-Tausalzschaden an Blockstufen im Garten. In: Betonwerk + Fertigteil-Technik BFT International (2017), Heft Februar