

# STRASSEN- & TIEFBAU



OFFIZIELLES ORGAN DES STRASSEN- UND TIEFBAU GEWERBES  
IM ZENTRALVERBAND DES DEUTSCHEN BAU GEWERBES

Giesel Verlag GmbH  
[www.baunetzwerk.biz](http://www.baunetzwerk.biz)

# SLG

## Abtrocknung von Betonpflaster

Prof. Dr.-Ing. Horst Mentlein

Sonderdruck aus  
STRASSEN- & TIEFBAU,  
Heft 5/2016,  
Seite 16 bis 21

Herausgeber:  
Betonverband Straße,  
Landschaft, Garten e.V. (SLG)  
[www.betonstein.org](http://www.betonstein.org)

# Abtrocknung von Betonpflaster



# Abtrocknung von Betonpflaster

Unterschiedliche Farbnuancen bei Betonpflaster müssen kein Herstellerfehler sein. Denn nach Niederschlägen trocknet das Pflaster oft sehr unterschiedlich.

PROF. DR.-ING. HORST MENTLEIN



Abbildung 1: Ungleichmäßige Abtrocknung von grauen Betonpflastersteinen.

FOTOS: MENTLEIN



Abbildung 2: Ungleichmäßige Abtrocknung von Betonplatten.



Abbildung 3: Ungleichmäßige Abtrocknung von farbigen Betonpflastersteinen.

In der Baupraxis gibt es wiederkehrend Meinungsverschiedenheiten bis hin zu gerichtlichen Auseinandersetzungen über die Angemessenheit der Dauer oder über die Gleichmäßigkeit der Abtrocknung von Pflasterflächen aus Betonsteinen.

Bei vergleichender Betrachtung von gerade abgetrockneten Steinen und noch feuchten Steinen sind die scheinbaren Farbunterschiede manchmal so erheblich, dass Produktfehler oder sogar unterschiedliche Steinartikel vermutet werden. Wie gezeigt werden soll, ist das Abtrocknungsverhalten von Betonpflastersteinen u.a. wegen unvermeidlicher Inhomogenitäten in deren Porenstruktur und Oberflächentextur nie vollständig gleich.

Zum besseren Verständnis der Vorgänge und Zusammenhänge werden zunächst die Wasseraufnahme sowie die anschließende Abtrocknung von Pflastersteinen aus Beton näher beschrieben und im Anschluss daran über die Ergebnisse von Laborversuchen berichtet.

## Wasseraufnahme

Alle Betonpflastersteine enthalten Hohlräume (Poren), in die Wasser über so genannte Kapillare eindringen kann. Neben den für Wasser von außen zugänglichen Hohlräumen gibt es die von außen unzugänglichen Gelporen, die aufgrund ihres sehr geringen Porendurchmessers von unter  $10^{-7}$  m für



## Der Autor

Prof. Dr.-Ing. Horst Mentlein

Autor des Buches „Pflaster Atlas“. Von der Industrie- u. Handelskammer zu Lübeck öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Straßen-, Tief- und Erdbau. Mitglied in Arbeitskreisen der FGSV. Tel.: 04508/7314

FOTO: MENTLEIN

die Wasseraufnahme und das Abtrocknungsverhalten der Betonsteine keine Bedeutung haben. Da das auf die Pflasterflächen auftreffende Niederschlagswasser ohne zusätzlichen Druck in das Gefüge der Betonsteine eindringen kann, erfolgt auch das in der DIN EN 1338 beschriebene Laborprüfverfahren zur Bestimmung der Wasseraufnahme ohne zusätzlichen Wasserdruck. Das Prüfverfahren sieht eine Mindesteintauchdauer der Probekörper von drei Tagen und eine Wasserüberdeckung von mindestens 20 mm vor. Nach Abschluss der Prüfung wird die Wasseraufnahme  $w_A$  aus dem Verhältnis der Masse des aufgenommenen Wassers  $m_{Wasser}$  zur Masse des trockenen Probekörpers  $m_{Stein}$  errechnet.

### Wasseraufnahme nach DIN EN 1338:

$$w_A = \frac{m_{Wasser}}{m_{Stein}} \cdot 100 \text{ [%]}$$

Als Probekörper werden in der Regel ganze Pflastersteine verwendet. Wesentlich ist hierbei, dass sich die Bestimmung der Wasseraufnahme auf den gesamten Pflasterstein bezieht, der in aller Regel aus zwei unterschiedlichen Betonen besteht, nämlich dem Kernbeton und dem Vorsatzbeton. Das Abtrocknungsverhalten wird aber maßgeblich durch die Eigenschaften des Vorsatzbetons bestimmt. Die Wasseraufnahme für Betonpflastersteine nach

der DIN EN 1338 ist nicht zu verwechseln mit dem im Hochbau eingeführten Begriff des Wasseraufnahmekoeffizienten. Dieser beschreibt die Wassermasse  $m$ , die ein Stoff innerhalb einer bestimmten Zeit aufnimmt und wird daher unter Einbeziehung seiner Grundfläche  $A$  und der Zeit  $t$  berechnet.

### Wasseraufnahmekoeffizient

$$w^* = m_{Wasser} / (A \cdot \sqrt{t})$$

Wenngleich in Deutschland der normative Nachweis des Witterungswiderstandes in der Regel nicht über die Wasseraufnahme (Klasse 2 nach DIN EN 1338), sondern über den Nachweis des Frost-Tausalz-Widerstandes erfolgt (Klasse 3 nach DIN EN 1338), so gilt dennoch, dass die Produkte den Anforderungswert für die Wasseraufnahme von  $\leq 6$  Masse-% einhalten müssen. Da die Klasse 3 eine höhere Anforderung an die Produkte beschreibt als die Klasse 2, kann aber davon ausgegangen werden, dass Produkte mit einer nachgewiesenen Frost-Tausalz-Widerstandsfähigkeit auch die Anforderung an die Wasseraufnahme per se erfüllen.

Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass die DIN EN 1338 eine weitere Klasse für den Witterungswiderstand beschreibt, nämlich die Klasse 1. Hierbei gilt, dass keinerlei Anforderung erfüllt werden muss.

„Für die Baustoffeigenschaft „Abtrocknungsverhalten“ gibt es derzeit keine Anforderungen.“

Diese Klasse spielt höchstens in Ländern oder Regionen mit ganzjährig mildem Klima (ohne Frost) eine Rolle, nicht jedoch in Deutschland.

Ebenfalls der Vollständigkeit halber wird darauf hingewiesen, dass sowohl die Anforderung hinsichtlich der Wasseraufnahme als auch das zugehörige Prüfverfahren in den beiden Normen DIN EN 1338 (Pflastersteine aus Beton) und DIN EN 1339 (Platten aus Beton) gleich sind. Aus Gründen der Vereinfachung wird in diesem Aufsatz ausschließlich auf die DIN EN 1338 Bezug genommen.

### Grundlagen der Abtrocknung von Pflastersteinen in situ

Die Abtrocknung eines feuchten Betonpflastersteins umfasst zwei zeitlich nacheinander ablaufende Vorgänge. Während des Beginns der Abtrocknung verdunstet zunächst das Wasser von der Steinoberfläche. Danach setzt ein kapillarer Wassertransport im Stein ein und ersetzt teilweise das an der Steinoberfläche verdunstete Wasser. Die Flüssigkeitsoberfläche sinkt daher immer tiefer in das Hohlraumgefüge innerhalb des Steines. Obwohl der Stein jetzt noch einen Wassergehalt aufweist, der nur geringfügig unterhalb der maximalen Wasseraufnahme liegt, erscheint seine Oberfläche bereits trocken. Dieser Oberflächenzustand unterscheidet sich von der feuchten Oberfläche visuell durch einen helleren und matteren Farbeindruck. Da das Abtrock-

„Die ermittelten Abtrocknungszeiten lassen sich nicht auf die Verhältnisse in der Praxis übertragen, da in der Praxis stets unterschiedliche Einflüsse, z.B. hinsichtlich der Exposition, vorhanden sind.“

nen nur an der Oberfläche des Steines erfolgt und damit auch nur den obersten Teil des Betongefüges betrifft, enthält der übrige Stein noch den Großteil des Wassers, das dieser während der Wasserlagerung aufgenommen hat.

Für die Beurteilung des Abtrocknungsverhaltens von Betonpflasterflächen in situ sind drei Einflussfaktoren zu beachten:

**1 Wasseraufnahme**

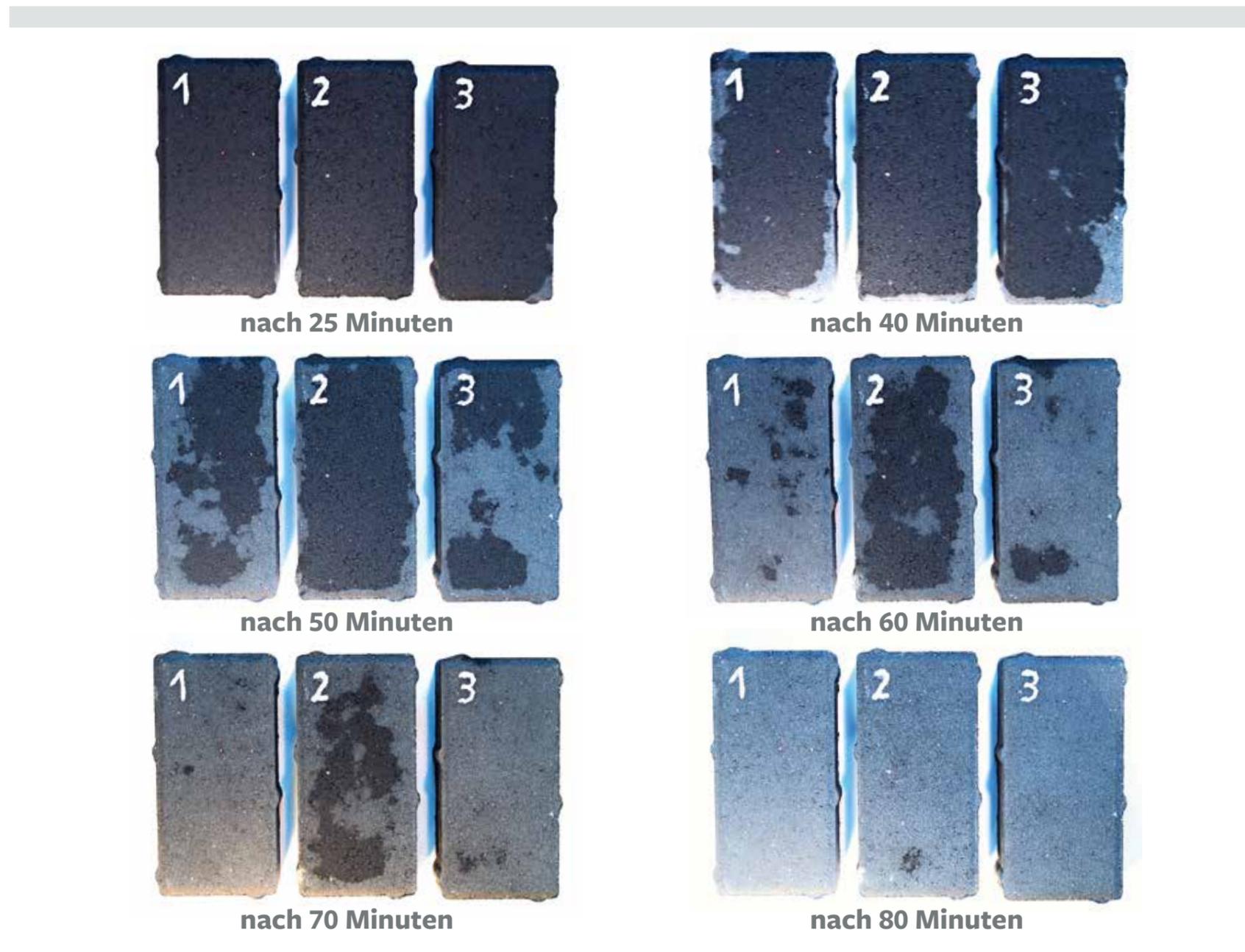
Das Maß der Wasseraufnahme von Pflastersteinen in einer Fläche kann beispielsweise durch die Neigung der Fläche oder von Teilflächen oder auch durch die Neigung von nur einzelnen Steinen unterschiedlich sein. Vergleichsweise höhere Wasseraufnahmen haben gegebenenfalls Bereiche vor Rinnen oder mit Lunken.

**2 Materialeigenschaften**

Im Hinblick auf die Materialeigenschaften haben die Oberflächentextur sowie das Gefüge des Steines, und zwar die Größe, die Form und die Verteilung der Hohlräume (Poren), die größte Bedeutung. Da die Abtrocknung nur den Bereich auf und unmittelbar unter der Steinoberfläche betrifft, ist die Hohlraumstruktur in diesem Bereich wesentlich. Die unvermeidbaren und baustofftypischen Inhomogenitäten zwischen verschiedenen Steinen und/oder innerhalb eines einzelnen Steines – auch wenn diese relativ gering sind – sind eine der Ursachen für die Unterschiede im Abtrocknungsverhalten.

**3 Exposition der Pflastersteine**

Der Abtrocknungsprozess der Pflastersteine setzt ein Verdunsten von Wasser an deren Oberfläche voraus und bewirkt somit eine Abkühlung. Die Verdunstungsgeschwindigkeit, also die verdunstete Wassermenge je Fläche und Zeit, hängt von der Lufttemperatur sowie der Luftfeuchtigkeit ab. Bei Wasserdampfsättigung oder 100% relativer Luftfeuchtigkeit z.B. findet keine Verdunstung statt. Beschleunigend auf den Abtrocknungsprozess wirken sich eine hohe Lufttemperatur, eine geringe Luftfeuchtigkeit, eine einwirkende Sonneneinstrahlung oder Wärmeabstrahlung von Gebäuden sowie Luftbewegungen (Wind) aus. Die Exposition der Pflasterfläche hat somit einen wesentlichen Einfluss auf die Dauer der Abtrocknung.



**Abtrocknungsverhalten von Pflasterflächen**

Unterschiede im Abtrocknungsverhalten von Betonpflastersteinen und Betonplatten sind beispielhaft in den Abbildungen 1, 2 und 3 gezeigt. Alle Produkte innerhalb der jeweiligen Flächenbefestigung stammen aus der gleichen normgerechten Produktion, hatten die annähernd gleiche Regenmenge erhalten und unterlagen in etwa den gleichen Abtrocknungsbedin-

**Abtrocknungsverhalten unter Laborbedingungen**

Für die Baustoffeigenschaft „Abtrocknungsverhalten“ gibt es derzeit im Hinblick auf Pflastersteine aus Beton keine Anforderungen, weder in der Produktnorm noch in anderen bekannten Technischen Regelwerken. Das Fehlen von Anforderungen bedingt selbstverständlich auch das Fehlen von entsprechenden Prüfverfahren. Dieses gilt im Übrigen für alle Arten von Flächenbelagsprodukten (Beton, Klinker, Ziegel, Naturstein) und zwar sowohl im Straßenbau als auch im Garten- und Landschaftsbau.

Ausgelöst durch eine Reihe von Streitfällen wurde vom Verfasser das Abtrocknungsverhalten von Betonpflastersteinen im Labor untersucht, von denen im Folgenden drei Beispiele dargestellt werden. Die Festlegung der Prüfbedingungen erfolgte individuell. Zunächst wurde die Wasserlagerung der für die Untersuchung ausgewählten Pflastersteine nach dem in der DIN EN 1338 beschriebenen Prüfverfahren durchgeführt und deren Wasseraufnahme ermittelt. Für die anschließenden Abtrocknungsversuche wurde auf ein Abwischen der Probekörper mit einem feuchten Tuch verzichtet, da durch diesen manuellen Einfluss signifikante Messunsicherheiten kaum zu vermeiden sind.

**Prüfserie 1a**

Probekörper: drei Pflastersteine aus Beton, Farbe Anthrazit, augenscheinlich ohne Fehlstellen, wie Risse oder Abplatzungen. Die nach DIN EN 1338 ermittelte Wasseraufnahme betrug jeweils 3,5 Masse-%.

Abtrocknungsbedingungen:

Lufttemperatur  $\vartheta = 20\text{ °C}$ ,  
relative Luftfeuchtigkeit  $\varphi = 45\%$ .

Ergebnis: Nach etwa 20 Minuten zeigen die Pflastersteine die ersten augenscheinlich trockenen Bereiche an der Oberfläche. Im weiteren Verlauf vergrößerten sich die trockenen Bereiche. Nach rund 85 Minuten waren alle Steine an der Oberfläche augenscheinlich komplett abgetrocknet. Den zeitlichen Verlauf der Abtrocknung der drei Pflastersteine zeigt die Abbildung 4.

Die Pflastersteine Nr. 1 und Nr. 3 zeigten ein schnelleres Abtrocknen im Vergleich zu dem Pflasterstein Nr. 2. Die Oberfläche des Steines Nr. 2 weist eine geringfügig größere Rauheit auf als die der anderen Steine. Der Unterschied ist derart gering, dass er nur bei genauester augenscheinlicher Betrachtung, nicht aber im Rahmen der hier gezeigten fotografischen Darstellung erkennbar wird. Als weiteres Ergebnis konnte festgestellt werden, dass die verdunstete Wassermenge während des Überganges von der feuchten zur augenscheinlich trockenen Oberfläche vergleichsweise gering war. Die ▶

Abbildung 4: Abtrocknungsverlauf von normgerechten, wassergesättigten Betonpflastersteinen im Laborversuch ( $\vartheta = 20\text{ °C} / \varphi = 45\%$ ) (Prüfserie 1a).

FOTOS: MENTLEIN

gungen. Die Witterungsbedingungen, die vorlagen, waren jeweils eine hohe relative Luftfeuchtigkeit und niedrige Temperatur, also für den Abtrocknungsprozess vergleichsweise ungünstige Bedingungen. So waren auch noch nach einigen Stunden trockene und feuchte Pflastersteine nebeneinander zu beobachten, obwohl diese aus der gleichen normgerechten Produktion stammten.

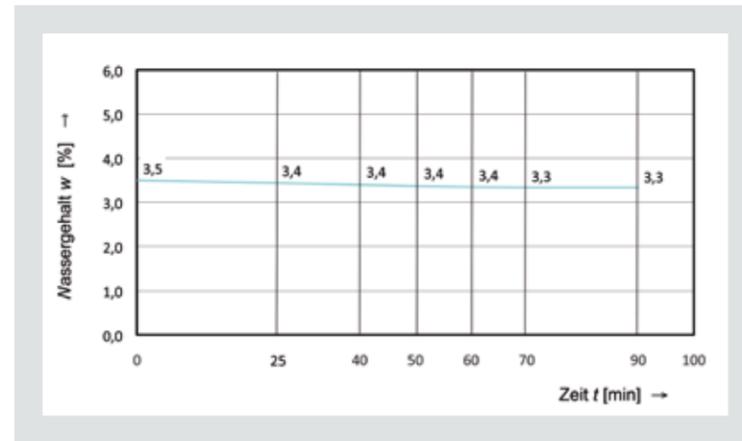


Abbildung 5 zeigt die Abnahme des Wassergehaltes – ausgedrückt mit Hilfe der Wasseraufnahme – über die Versuchsdauer.

**Prüfserie 1b**

Probekörper: drei Pflastersteine aus Beton, identisch mit denen der Prüfserie 1a.

Abtrocknungsbedingungen:  
Lufttemperatur  $\vartheta = 7\text{ }^\circ\text{C}$ ,  
relative Luftfeuchtigkeit  $\varphi = 60\%$  (und damit ungünstiger als bei Prüfserie 1a).

Ergebnis: Bei den ungünstigeren Abtrocknungsbedingungen ergab sich erwartungsgemäß ein zeitlich längeres Abtrocknungsverhalten als bei der Prüfserie 1a. Aber auch bei der Prüfserie 1b trockneten die Oberflächen der Steine Nr. 1 und Nr. 3 schneller als die des Steines Nr. 2. Letzterer zeigte erst nach rund 120 Minuten – im Vergleich zu rund 85 Minuten bei Prüfserie 1a – eine fast vollständig trockene Oberfläche. Die Verteilung von feuchten und bereits abgetrockneten Oberflächenteilen entsprach dem der Prüfserie 1a.

**Prüfserie 2**

Um auch das Abtrocknungsverhalten von Betonpflastersteinen mit einer vergleichsweise hohen Wasseraufnahme zu analysieren, wurden ein gerade noch normgerechter und ein nicht normgerechter Stein miteinander verglichen (siehe Abbildung 6). In Abweichung zum Prüfverfahren nach DIN EN 1338 wurde hierbei der Vorsatzbeton der beiden Steine abgetrennt, und die Wasseraufnahme wurde nur bezogen auf den Vorsatzbeton ermittelt.

Probekörper: ein Pflasterstein aus Beton (Stein Nr. 1), Farbe Grau, der augenscheinlich keine Fehlstellen, wie Risse oder Abplatzungen, aufweist. Die ermittelte Wasseraufnahme für den Vorsatzbeton betrug 6,0 Masse-%. Zudem ein Pflasterstein aus Beton (Stein Nr. 3), Farbe Ziegelrot, mit einem

Abbildung 5: Wassergehalt während der Abtrocknung der Betonpflastersteine gemäß der Prüfserie 1a und der Abbildung 4.

TABELLE: MENTLEIN

„Ausgelöst durch eine Reihe von Streitfällen wurde vom Verfasser das Abtrocknungsverhalten von Betonpflastersteinen im Labor untersucht.“

augenscheinlich erkennbaren Riss an der Oberfläche. Die ermittelte Wasseraufnahme für den Vorsatzbeton betrug 8,1 Masse-%.

Die Abtrocknung erfolgte wie bei der Prüfserie 1a bei einer Lufttemperatur von  $\vartheta = 20\text{ }^\circ\text{C}$  sowie einer relativen Luftfeuchtigkeit von  $\varphi = 45\%$ .

Ergebnis: Bei den untersuchten Proben zeigten sich die ersten trockenen Teilflächen erst nach etwa 120 Minuten (Stein Nr. 1) bzw. nach etwa 180 Minuten (Stein Nr. 3). Im Vergleich dazu zeigten die Steine der Prüfserie 1a die ersten trockenen Teilflächen bereits nach etwa 25 bis 40 Minuten (vgl. Abbildung 4). Im weiteren Verlauf der Abtrocknungsphase zeigten die Probe Nr. 1 nach etwa sechs Stunden und die Probe Nr. 3 nach etwa zwölf Stunden eine insgesamt trockene Oberfläche (vgl. Abbildung 6).

**Zusammenfassung**

Eine ungleichmäßige Abtrocknung von Betonpflastersteinen innerhalb einer größeren zusammenhängenden Flächenbefestigung ist nichts Ungewöhnliches. Das ungleichmäßige Abtrocknungsverhalten der Produkte wird auch durch Versuche unter Laborbedingungen bestätigt. Die Zeitdauer bis zu einer augenscheinlich trockenen Oberfläche der Steine hängt sowohl von der Wassermenge, die der einzelne Stein aufgenommen hat, als auch von dessen Oberflächentextur und dessen Hohlraumstruktur nahe der Steinoberfläche ab. Außerdem ist das Abtrocknungsverhalten in situ wesentlich von der Exposition der betroffenen Fläche abhängig.

Eine vergleichsweise lange Abtrocknungsdauer kann – bezogen auf das betreffende Produkt – ein Hinweis auf dessen Fehlerhaftigkeit sein, sie muss eine solche jedoch nicht zwangsläufig bedeuten. Ein Grenzwert kann hier aus mehreren Gründen nicht genannt werden. Zum einen sind die Einflüsse auf das Abtrocknungsverhalten – wie bereits erläutert – vielfältig, zum anderen ist ein Prüfverfahren zur Bestimmung des Abtrocknungsverhaltens von Betonpflastersteinen in abgestimmter Form weder auf nationaler noch auf europäischer Ebene dokumentiert. Auch lassen sich die vom Verfasser durchgeführten Laborversuche unter Anwendung individuell gewählter Versuchsbedingungen und insbesondere die dabei ermittelten Abtrocknungszeiten nicht auf die Verhältnisse in der Praxis übertragen, da in der Praxis stets unterschiedliche Einflüsse, z.B. hinsichtlich der Exposition, vorhanden sind. Im Fall von Meinungsverschiedenheiten über das Abtrocknungsverhalten und damit einhergehender Zweifel an der Normkonformität der Pflastersteine sollten die streitenden Parteien gegebenenfalls die normgemäßen Prüfverfahren im Hinblick auf die Wasseraufnahme und auf die Frost-Tausalz-Widerstandsfähigkeit veranlassen. Nur die Ergebnisse aus



Abbildung 6: Abtrocknungsverhalten eines wassergesättigten Vorsatzbetons von Betonpflastersteinen im Laborversuch ( $\vartheta = 20\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\varphi = 45\%$ ). Probe Nr. 1, Farbe Grau,  $w_A = 6,0\text{ M.-%}$ ; Probe Nr. 3, Farbe Rot,  $w_A = 8,1\text{ M.-%}$ . FOTOS: MENTLEIN

„Streitende Parteien sollten im Voraus über den Umfang durchzuführender Untersuchungen Einvernehmen erzielen.“

diesen Prüfungen lassen einen objektiven Vergleich der ermittelten Produkteigenschaften mit denen zu, die in der DIN EN 1338 festgelegt sind. Es sei der Hinweis gestattet, dass die streitenden Parteien im Voraus über den Umfang durchzuführender Untersuchungen sowie die Übernahme der Kosten Einvernehmen erzielen sollten.

**LITERATUR**

- [01] DIN EN 1338 Pflastersteine aus Beton, Anforderungen und Prüfverfahren, Ausgabe August 2003; Deutsches Institut für Normung e.V. – DIN (Hrsg.); Berlin 2003.
- [02] DIN EN 1338 Pflastersteine aus Beton, Anforderungen und Prüfverfahren; Berichtigung 1, Ausgabe November 2006; Deutsches Institut für Normung e.V. – DIN (Hrsg.); Berlin 2006.
- [03] DIN EN 1339 Platten aus Beton, Anforderungen und Prüfverfahren, Ausgabe August 2003; Deutsches Institut für Normung e.V. – DIN (Hrsg.); Berlin 2003.
- [04] DIN EN 1339 Platten aus Beton, Anforderungen und Prüfverfahren; Berichtigung 1, Ausgabe November 2006; Deutsches Institut für Normung e.V. – DIN (Hrsg.); Berlin 2006.
- [05] Mentlein, H.: Pflaster Atlas, 4. Auflage, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH&Co.KG, Köln, 2014.



**Wir zeigen Ihnen den richtigen Weg!**

3

## Der Betonverband SLG

Seit Oktober 1997 bündelt der in Bonn ansässige Betonverband Straße, Landschaft, Garten e. V. (SLG) das Know-how namhafter deutscher Hersteller und ist damit die Anlaufstelle für alle Bauweisen mit Betonsteinen. Planer, Ausschreibende, Bauunternehmen, Sachverständige und Bauherren profitieren bei ihrer täglichen Arbeit von seiner Expertise.

Eines der Kernziele des Betonverbands SLG ist die fachgerecht erstellte Pflasterbauweise aus Betonprodukten. Aus diesem Grunde engagiert sich der Interessenvertreter auch im Verein „Qualitätssicherung Pflasterbauarbeiten“. Eingebunden in zahlreiche Organisationen, die mit Interessensvertretung und Erstellung von Technischen Regeln für die Pflasterbauweise befasst sind, bestimmt der Betonverband SLG die Entwicklung mit.

The logo for the concrete association SLG, consisting of the letters 'SLG' in a bold, blue, sans-serif font.

**Betonverband  
Straße, Landschaft,  
Garten e.V.**

Schloßallee10  
53179 Bonn  
Telefon 0228 / 954 56-22  
Telefax 0228 / 954 56-90  
E-Mail [slg@betoninfo.de](mailto:slg@betoninfo.de)  
Internet [www.betonstein.org](http://www.betonstein.org)

## Mitgliedschaften:

- Bundesverband Baustoffe -Steine und Erden e. V.
- Construction Product Information Confederation e. V. (CONPICO)
- Forschungsgesellschaft für Straßen-und Verkehrswesen e. V.
- Deutscher Vergabe-und Vertragsausschuss für Bauleistungen (DVA)
- Forschungsvereinigung der deutschen Beton-und Fertigteilindustrie e. V.
- Institut Bauen und Umwelt e. V. (IBU)
- Qualitätssicherung Pflasterbauarbeiten e. V. (QSP)
- Verein zur Förderung der Normung im Bereich Bauwesen e.V. (VFBau)  
im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (DIN)