

Ausblühungen auf Betonwaren – Ursachen und Einflussgrößen

Ausblühungen stellen auch heute noch ein immer wiederkehrendes Problem für die Akzeptanz von Betonwaren dar. So trifft man gerade bei den erdfeucht hergestellten Betonwaren wie z. B. Betonpflastersteinen immer wieder hell verfärbte bis gräuliche oder gelbbraune Steinoberflächen an. Diese beeinflussen zwar die Qualität der Pflastersteine nicht negativ, führen aber trotzdem häufig zu Beanstandungen seitens der Abnehmer (siehe Bild 1). Daher weisen mittlerweile nahezu alle größeren Hersteller von Betonwaren in ihren Geschäftsbedingungen darauf hin, dass Ausblühungen bei zementgebundenen Baustoffen technisch nicht zielsicher zu vermeiden sind und somit keinen Reklamationsgrund darstellen. Eine ähnliche Formulierung findet sich auch im einschlägigen Technischen Regelwerk (z. B. DIN EN 1338 oder DIN EN 1339). Die Abnehmer weisen ihrerseits darauf hin, dass sie „schwarze“ und nicht „graue“ Pflastersteine gekauft haben. Häufig werden derartige Streitigkeiten vor Gericht ausgetragen, was jedoch in den wenigsten Fällen zu einer zufriedenstellenden Lösung für die Beteiligten führt.



Bild 1: Betonpflastersteine mit signifikanten Ausblühungen

■ Karl-Uwe Voß,
Materialprüfungs- und Versuchsanstalt Neuwied,
Deutschland ■

Neben den direkten wirtschaftlichen Folgen stellen Ausblühungen auf Betonwaren auch ein Problem für den „guten Ruf“ dieser Produkte dar. Aus diesem Grunde ist die Vermeidung von Ausblühungen ein stets aktuelles Thema bei den Steinproduzenten insbesondere bei farbigen Produkten (siehe Bild 2).

Wie seit langem bekannt ist, entstehen Kalkausscheidungen, wenn wasserlösliches Kalkhydrat (Calciumhydroxid) aus dem Baustoff



Bild 2: Betonpflastersteine mit signifikanten Ausblühungen

aufgrund des Konzentrationsgradienten des Ca_2 + bzw. aufgrund von Ionentransporten zur Baustoffoberfläche gelangt und sich hier beim Verdunsten des Wassers an der Baustoffoberfläche abscheidet. In der Folgezeit carbonatisiert das Kalkhydrat unter Aufnahme von Kohlendioxid aus der Luft, wodurch gemäß Formel 1 das verhältnismäßig schwer lösliche Calciumcarbonat entsteht.



Formel 1: Chemische Reaktion bei der Entstehung von Ausblühungen

Dieser Entstehungsprozess ist im Bild 3 dargestellt.

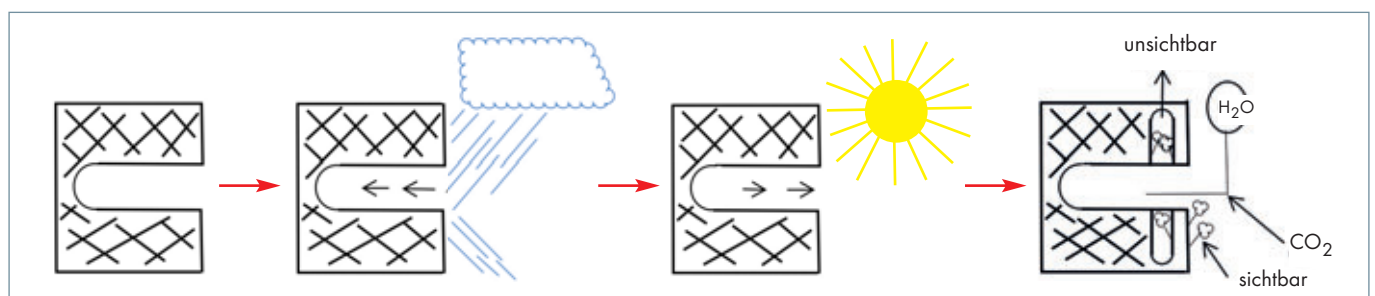


Bild 3: Entstehung von Ausblühungen



■ 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. voss@mpva.de

Bei der Vermeidung der Entstehung von Ausblühungen besteht das Problem darin, dass das auslaugbare Kalkhydrat unmittelbar bei der Reaktion der Klinkerphasen des Zementes mit dem Anmachwasser entsteht und damit in direktem Zusammenhang mit der Verwendung von Zement als Bindemittel steht.

Kresse hat sich in zahlreichen Veröffentlichungen [L 2], [L 3], [L 4] und [L 5] mit dem Phänomen der Entstehung von Ausblühungen auseinandergesetzt und wertvolle Hinweise zu deren Entstehursachen gegeben. Mit diesem Sachstandsbericht werden die wesentlichen Aussagen zur Entstehung von Ausblühungen nachfolgend systematisiert zusammengefasst und durch Hinweise zur Vermeidung und Beseitigung sowie zur gutachterlichen Bewertung entsprechender Flächenbefestigungen ergänzt. Auf die Entstehung und Vermeidung von Braunverfärbungen auf Betonwaren [L 7] und [L 8] wird im Folgenden nicht näher eingegangen.

Ausblühungen – Arten, Entstehung und Einflussgrößen

Werden Kalkausblühungen auf Betonwaren vorgefunden, so sollte der erste Schritt im Rahmen der Ursachenfindung darin bestehen, die Art der Kalkausblühungen zu ermitteln. Hierbei ist zwischen

- den während der Erhärtung der Pflastersteine entstehenden Primärausblühungen;
- den später bei der Lagerung der Pflastersteine auftretenden Sekundärausblühungen und
- den nach der Verlegung der Pflastersteine auftretenden Tertiärausblühungen

zu unterscheiden. Häufig wird der Einfluss der Ausblühungsart unterschätzt und ohne Kenntnis der zugrunde liegenden Mechanismen gutachterlich an der Bewertung der Verantwortlichkeiten oder an den Maßnahmen zu deren Vermeidung bzw. Beseitigung herumgedoktert. Tatsächlich hat die Ausblühungsart (primär, sekundär oder tertiär) einen erheblichen Einfluss auf die erforderlichen Maßnahmen bzw. die Bewertung entsprechender Schäden. Nur um zwei triviale Beispiele zu nennen: Jedem Fachmann muss nach intensiverem Beschäftigen mit den Entstehursachen von Ausblühungen klar sein, dass

- die Entstehung von Primärausblühungen (Entstehung während der Aushärtung) z. B. nur in untergeordnetem Ausmaß von der Dichtigkeit des Betons abhängt, dafür aber die Reaktionsgeschwindigkeit des Zements und die Bedingungen in der Härtekammer wichtige Steuergrößen darstellen, während
- die Entstehung von Sekundärausblühungen (Entstehung während der Lagerung) z. B. durch die Lagerzeit in der Härtekammer, durch die Vorratshaltung auf dem Lager und die Dichtigkeit des Betons, aber nur wenig durch die Reaktionsgeschwindigkeit des Zements beeinflusst werden kann.

Wie diese einfachen Beispiele zeigen, können die Verantwortlichkeiten von Kalkausblühungen erst sachgerecht bewertet werden, wenn Klarheit besteht, um welche Art von Kalkausblühungen es sich handelt. Ähnliches gilt für die Festlegung sachgerechter Maßnahmen zur Vermeidung und Beseitigung von Ausblühungen im Scha-

TECHMATIK®



Steinformmaschine SHP 5000 PRO C



Automatische Mehrzweck-Spaltanlagen von techmatik

Mehrzweck-Betonsteinmaschine Multi 600 PRO



Steinformmaschine HP 5000 PRO



Auswaschanlagen zur Veredelung von Betonwaren



Mehrzweck-Betonsteinmaschine Multi 1200 PRO

TECHMATIK S.A.

PL - 26 610 RADOM ul. Żółkiewskiego 131/133

tel. +48 48 / 369 08 08 | fax +48 48 / 369 08 09

e-mail: techmatik@techmatik.pl

www.techmatik.pl

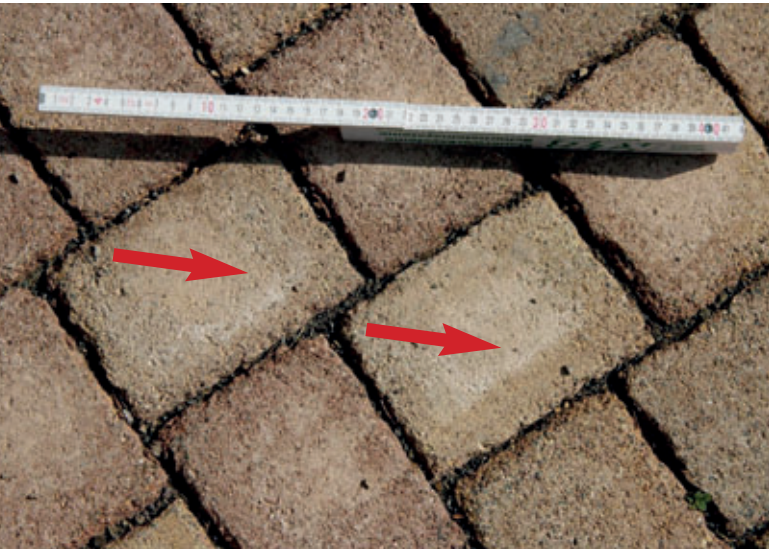


Bild 4: Baustofftypische Ausblühungen



Bild 5: Baustofftypische Ausblühungen

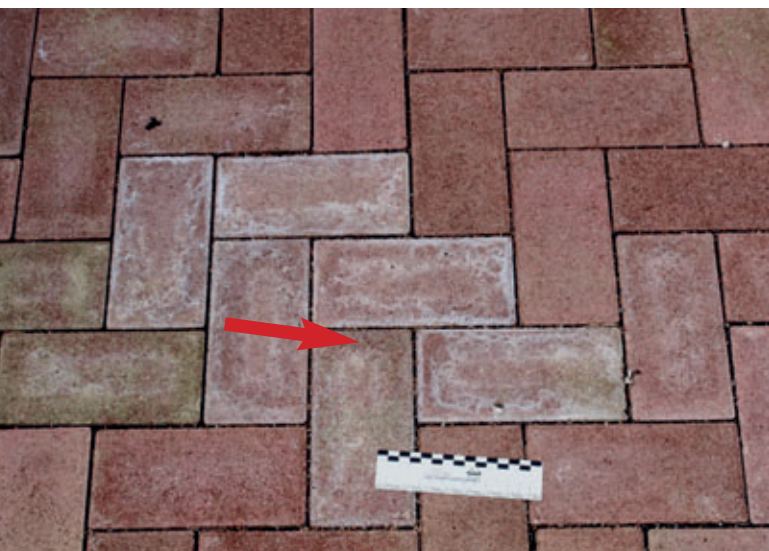


Bild 6: Betonpflastersteine mit starken (baustoffuntypischen) Ausblühungen

densfall. So ist gerade bei produktbedingten Tertiärausblühungen vor der Durchführung von Reinigungsmaßnahmen zu klären, ob die Pflastersteine immer noch eine erhöhte Ausblühungsneigung aufweisen. Wenn dies der Fall ist, dann können die Ausblühungen zwar schnell entfernt werden, allerdings werden sie mit hoher Wahrscheinlichkeit in relativ kurzen Zeiträumen wieder neu entstehen.

Mangelhaftigkeit von Ausblühungen auf Betonpflastersteinen

Bevor in den nachfolgenden Abschnitten exemplarisch auf einzelne Schadensursachen eingegangen wird, ist zu Beginn der Ausführungen zur Entstehung von Ausblühungen darauf hinzuweisen, dass nicht jede Ausblühung einen Technischen Mangel darstellt. So steht die Bildung von auslaugbarem Kalkhydrat unmittelbar mit der Reaktion der Klinkerphasen des Zementes mit dem Anmachwasser in Verbindung. Aus diesem Grunde ist die Entstehung von Kalkausblühungen bei Betonwaren nicht zielsicher zu vermeiden. Derartige Ausblühungen sind demnach als baustofftypisch einzustufen und müssen somit durch den Abnehmer hingenommen werden. Dies geht auch aus der Formulierung der DIN EN 1338 ff. hervor:



Bild 7: Betonpflastersteine mit starken (baustoffuntypischen) Ausblühungen

„Ausblühungen beeinträchtigen nicht die Gebrauchstauglichkeit und werden nicht als bedeutend betrachtet.“

Aus diesem Grunde ist bei der Bewertung der Mangelhaftigkeit von Ausblühungen sachverständig zu klären, ob es sich bei den zu bewertenden Ausblühungen um baustofftypische oder um baustoffuntypische Ausblühungen handelt. Dies beinhaltet u. a. die Bewertung sowohl der Gesamtmenge der Ausblühungen in der Fläche als auch deren Intensität auf den einzelnen Pflastersteinen. Hierbei ist zu beachten, dass die Beurteilung der optischen Auffälligkeit aus dem üblichen Betrachtungsabstand von ca. 2 m zu erfolgen hat. Die Bilder 4 und 5 zeigen einige Beispiele von baustofftypischen Ausblühungen (siehe rote Pfeile).

Im Gegensatz zu den schwachen (baustofftypischen) Ausblühungen stellen starke (baustoffuntypische) Ausblühungen eine optische Beeinträchtigung dar (siehe Bilder 6 und 7). Starke Carbonatausblühungen (siehe rote Pfeile) auf Betonpflastersteinen sind vermeidbar und müssen vom Abnehmer nicht akzeptiert werden.

Primärausblühungen

Ausblühungen auf Betonwaren bestehen aus reinen oder verunreinigten (z. B. mit eisenhaltigen Stoffen) Calciumcarbonaten. Für die „Sichtbarkeit“ der Calciumcarbonate ist es von entscheidender Bedeutung, in welchem Abstand von der Baustoffoberfläche die Carbonatbildung stattfindet. So sind Ausblühungen nur dann für einen Betrachter erkennbar, wenn die Kristallisation des Kalkhydrates und dessen anschließende Carbonatisierung an der Betonoberfläche stattfindet (siehe Bild 8).

Bei Primärausblühungen ist dies in der Regel dann zu beobachten, wenn Wasser auf den jungen Betonprodukten kondensiert, wodurch ein direkter Kontakt zwischen Oberflächenwasser und dem kalkrei-

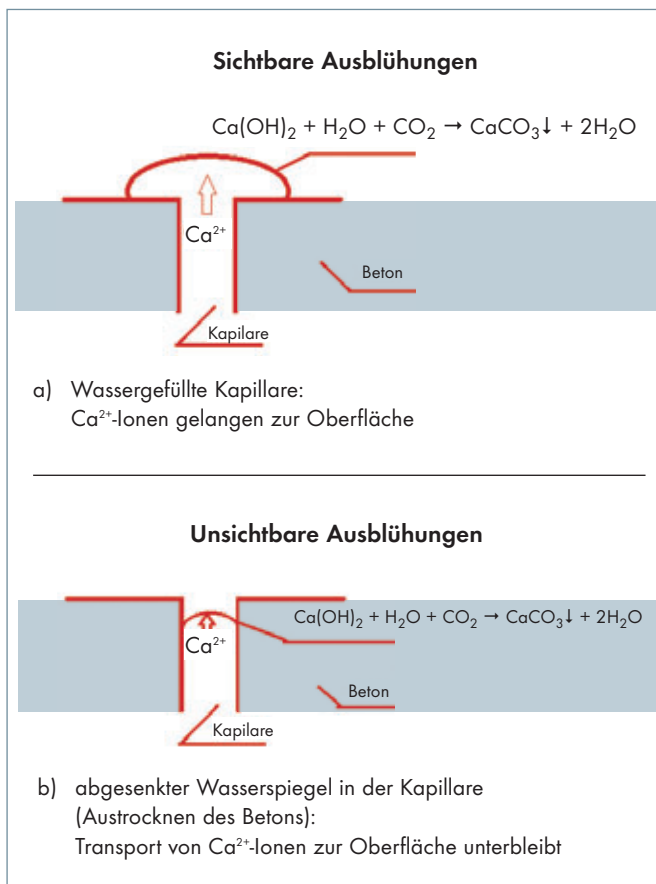


Bild 8: Sichtbarkeit von Ausblühungen

ROTHO Aushärteanlagen

Für jeden Fall die passende Systemvariante

Aushärteanlagen im Großraumkammer Konzept



Das ROTHO CLIP-IN™ System



Luftzirkulationssystem mit Feuchtigkeitskontrolle

Optional mit Befeuchtungssystem



ROTHO Robert Thomas

Metall- und Elektrowerke GmbH & Co. KG
Emilienstr. 13
57290 Neunkirchen / Germany

fon 02735 / 78 80
fax 02735 / 78 85 59
e-mail info@rotho.de
web www.rotho.de

chen Kapillarwasser entsteht. Das Kalkhydrat diffundiert in das Oberflächenwasser hinein. Beim Verdunsten des Wassers kristallisiert das Kalkhydrat dann in der Betonoberfläche aus und es entstehen „sichtbare Primärausblühungen“.

Wird die Bildung von Kondenswasser in der Härtekammer durch höhere Verdunstungsgeschwindigkeiten (gezielte Steuerung von Temperatur und Luftfeuchtigkeit) verhindert, findet die Carbonatisierung unterhalb der Betonoberfläche statt, und es bilden sich keine sichtbaren Primärausblühungen. Die durch Carbonatisierung unterhalb der Betonoberfläche entstandenen Calciumcarbonate bewirken darüber hinaus eine Reduzierung der Durchlässigkeit des Kapillarsystems, was zusätzlich die Bildung von Sekundärausblühungen reduziert.

Erste Belege hierfür lieferten umfangreiche Untersuchungen von Walz und Bonzel [L 1], die mehrere Serien von Betonwürfeln derselben stofflichen Zusammensetzung herstellten und nach 1, 3, 7, 14 und 28 Tagen entformten. Nach dem Entformen wurden die in der Form nicht carbonatisierten Betonoberflächen sofort dem sog. Pfützentest unterzogen. Hierbei zeigte sich, dass bei allen Proben Ausblühungen etwa in gleicher Stärke auftraten und dies nahezu unabhängig vom Betonalter. In einer weiteren Versuchsreihe wurden die Probekörper nach einem Tag entformt und bis zur Prüfung an der Luft gelagert; also einer Carbonatisierung ausgesetzt. Anschließend wurde der Pfützentest in unterschiedlichem Betonalter durchgeführt. Hierbei wurde fest-

gestellt, dass die Ausblühneigung mit steigender Luftlagerungszeit (stärkere Carbonatisierung) abnahm.

Der günstige Einfluss der Carbonatisierung auf die Reduzierung der Ausblühneigung wurde durch Untersuchungen von Kresse [L 2] und [L 3] bestätigt. Kresse stellte fest, dass Betonpflastersteine im Pfützentest nach ca. acht Stunden Luftlagerung keine Primärausblühungen mehr zeigten. Wurden die Pflastersteine jedoch nicht an Luft, sondern unter Stickstoff gelagert, so führte der Pfützentest auch noch nach Tagen zur Bildung von Ausblühungen.

Da sichtbare Primärausblühungen nur dann auftreten, wenn die Kapillarporen der Betonprodukte während der ersten Erhärtungsphase randvoll mit Wasser gefüllt sind, kann die Gefahr der Entstehung von Primärausblühungen – wie oben ausgeführt – durch rasches Austrocknen der Steinoberfläche reduziert werden. Das Wasser verdunstet bei schneller Austrocknung des Betons bereits innerhalb der Kapillarporen, was zu einer für den Betrachter „unsichtbaren, porenverstopfenden“ Carbonatisierung führt [L 2]. Ein gezieltes Einsetzen von geringer relativer Luftfeuchte und einer hohen Temperatur sind hierbei geeignete Maßnahmen.

Leider hat diese Methode den entscheidenden Nachteil, dass dem Zement bei Anwendung dieses Verfahrens im oberflächennahen Bereich ggf. das zur Hydratation erforderliche Wasser entzogen werden kann, so dass der Beton in diesen Zonen „verdurstet“. Dieses Verdursten ist

mit einer deutlichen Steigerung der Oberflächenerosion der Betonwaren und damit der Tendenz zur Bildung von Sekundärausblühungen, aber auch eines reduzierten Witterungswiderstandes verbunden (siehe Bild 9).

Die Betonzusammensetzung hat im Gegensatz zur Carbonatisierung nur einen geringen Einfluss auf die Entstehung von Primärausblühungen. Einzig die Hydratationsgeschwindigkeit des Zementes und die damit verbundenen Parameter wie z. B. die Zementart oder die Verwendung von Betonzusätzen, welche die Hydratationsgeschwindigkeit beeinflussen, wirken sich signifikant auf die Tendenz zur Entstehung von Primärausblühungen aus. Grundsätzlich ist festzuhalten, dass die Tendenz zur Bildung von Primärausblühungen sinkt, je schneller die Hydratation des Betons fortschreitet.

Nachfolgend sind einige wesentliche Punkte zur Reduzierung von Primärausblühungen nochmals zusammengefasst:

- Primärausblühungen sind nur dann für einen Betrachter sichtbar, wenn sie an der Pflastersteinoberfläche entstehen;
- Die Entstehung von Primärausblühungen lässt sich mittels der Optimierung der Betonrezeptur signifikant nur über die Hydratationsgeschwindigkeit des Betons beeinflussen;
- In erster Linie lässt sich die Bildung von Primärausblühungen durch Optimierung der Produktionsbedingungen reduzieren:
 - a) Betonwaren sind in der Härtekammer grundsätzlich soweit mög-

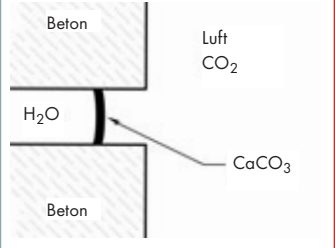
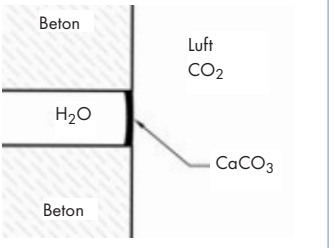
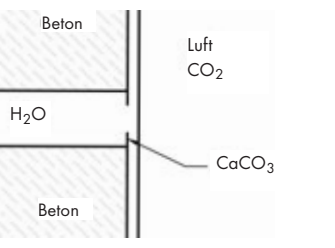
	Unterschuss	optimal	Überschuss
H₂O	zu geringer w/z-Wert Verdunsten des Betons 	w/z-Wert entsprechend Festraumrechnung 	Kondensation von Wasserdampf beim Erhärten 
Primärausblühungen	keine	schwach	stark

Bild 9: Verdursten der Betonoberfläche

lich vor Fremdwasser zu schützen. Treten Primärausblühungen auf, so ist zu prüfen, ob ungünstige klimatische Bedingungen während der Früherhärtungsphase vorliegen, bei denen Fremdwasser auf dem Beton kondensieren kann. So sollten keine „kalten“ Betonwaren in eine geheizte Härtekammer eingebracht werden, da die Kondenswasserbildung auf den Betonwaren in diesem Fall nicht sicher auszuschließen ist. Die Kondensation von Fremdwasser kann weiterhin auch durch die Steigerung der Verdunstungsgeschwindigkeit (Steuerung von Temperatur und Luftfeuchtigkeit) positiv beeinflusst werden, wobei ein Verdunsten oberflächennaher Bereiche jedoch zielsicher verhindert werden muss;

- b) Es sollte ein ausreichendes CO₂-Angebot zur Carbonatisierung des Betons knapp unterhalb der Betonoberfläche vorhanden sein. Der Einsatz feuchter, mit Kohlendioxid angereicherter Luft während der Erhärtung wurde in der Vergangenheit z. T. erfolgreich zur Reduzierung der Primärausblühneigung eingesetzt;
- c) Eine Erhärtung des Betons bei höheren Temperaturen kann die Neigung zur Bildung von Primärausblühungen ebenso reduzieren, wie die Beschleunigung der Erhärtungsreaktion durch Verwendung schnellerer Zemente oder erhärtungsbeschleunigender Zusatzmittel.

Verantwortlich für die Entstehung von Primärausblühungen ist der Baustoffproduzent. Allerdings hat der Verleger die Pflicht zur Schadensminderung. So ist es mit einfachen Mitteln möglich, Steine mit stärkeren Ausblühungen direkt im Rahmen der Verlegung auszusortieren. Bis hierhin sind die Schadenskosten sehr gering. Erst wenn der Verleger diese einfache Regel nicht beachtet, entstehen hohe Kosten.

Während baustofftypische Primärausblühungen durch den Abnehmer hinzunehmen sind, ist die Sachlage bei baustoffuntypischen Primärausblühungen differenzierter zu betrachten. Sofern sachverständig festgestellt wird, dass baustoffuntypische Primärausblühungen vorliegen und diese einen Austausch der Steine erforderlich machen, dann sollte eine sachgerechte Quotelung eines solchen Schadens so aussehen, dass der Produzent die Kosten für die neuen Pflastersteine trägt, aber der Verleger die Kosten für den Aus- und Einbau zu übernehmen hat. Kommt der Sachverständige zu der Ansicht, dass diese baustoffuntypischen Primärausblühungen einen Austausch der Pflastersteine nicht erforderlich machen, dann sind die Kosten nach dem Verhältnis der Material- und der Verlegekosten zu quoteln.

Wertet man die Aussagen der Verleger aus gutachterlichen Orts-terminen aus, so erhält man vermutlich genau aus diesem Grunde den subjektiven Eindruck, dass die Verlegung von Pflastersteinen ausschließlich bei Regen erfolgt, und dass die Verleger die Steine vor der Verlegung nie zu Gesicht bekommen. Mit dieser Begründung lehnen die Verleger üblicherweise jede Mitverantwortung ab.

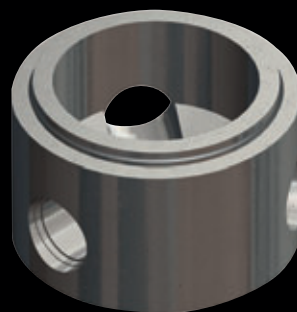
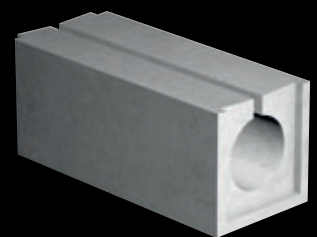
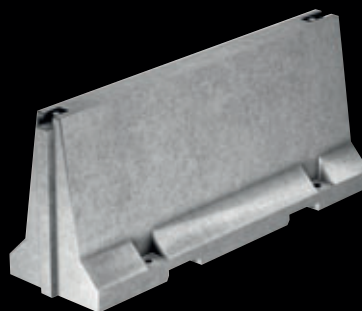
Sekundärausblühungen

Das Ziel der Reduzierung von Sekundärausblühungen mittels der Optimierung der Betonzusammensetzung besteht darin, einen Beton mit einem möglichst dichten Porengefüge herzustellen, um so den Transport des im Porenwasser enthaltenden Kalkhydrates zur Steinoberfläche zu reduzieren. So besitzen Betone mit nicht ausreichend dichtem Porengefüge eine ausgeprägte Tendenz zur Bildung von Sekundärausblühungen. Liegen bei der Auslagerung derartiger Betonwaren auf Paletten darüber hinaus noch ungünstige klimatische Bedingungen vor, so wird der Betrachter i. d. R. Sekundär-



Rossetto Machines

- Maschinen und Technologie für Betonprodukte
- Automatische Vibrationspressen.
- Vibrations-Maschinen und Produktionssysteme
- Vollautomatische Anlagen für Herstellung und Verpackung



so.co.met s.p.a.

via Foscarini, 45 - 31040 Nervesa della Battaglia - Treviso - ITALY
tel. +39 0422 725769 - fax +39 0422 725641
www.socometspa.it - info@socometspa.it



Bild 10: Ausgeblühte Pflastersteine bei Palettenlagerung

ausblühungen auf den Betonwaren bemerken. Besonders ungünstige Bedingungen liegen in der kalten und feuchten Jahreszeit vor, wenn hohe Luftfeuchtigkeiten mit einer aufgrund der geringen Temperatur reduzierten Erhärtungsgeschwindigkeit und einer erhöhten Löslichkeit des Kalkhydrats einhergehen [L 2] (siehe Bild 10).

Betonzusätze (Betonzusatzstoffe und -zusatzmittel) wirken sich ebenso wie die Wahl der Zementart auf die Ausblühneigung aus, wenn diese die Hydratationsgeschwindigkeit beeinflussen [L 2]. Der CaO-Gehalt des Zementes spielt im Gegensatz dazu keine merkliche Rolle. Dies ist leicht verständlich, da auch bei der Hydratation kalkärmerer Hochofenzemente hohe Kalkhydratgehalte im Rahmen der Zementhydratation entstehen, die ein Vielfaches über dem Löslichkeitsprodukt (der maximalen Löslichkeit) des Kalkhydrates liegen. Somit stehen auch

bei der Verwendung z. B. von Hochofenzementen ausreichende Kalkhydratgehalte für die Bildung von Kalkausblühungen zur Verfügung.

Maßnahmen zur Steigerung der Dichtigkeit bzw. der Verdichtbarkeit des Betons und damit zur Reduzierung der Gefahr der Entstehung von Sekundärausblühungen sind u. a.

- Einstellung eines geeigneten w/z-Wertes [L 1], [L 2] und [L 4];
- Wahl einer Korngrößenverteilung der Gesteinskörnung mit einem möglichst geringen Anteil an Haufwerksporen;
- Einsatz von Betonzusatzmitteln (z. B. Betonverflüssiger), die eine Steigerung der Verdichtbarkeit des Betons bewirken;
- Optimierung des Zementleimgehaltes zur möglichst vollständigen Zwickelfüllung des Korngerüsts [L 2] und [L 4].

Weiterhin nimmt die Tendenz zur Ausblühung von Kalkhydrat und damit zur Bildung von Sekundärausblühungen in der Regel ab, wenn

- die Carbonatisierung des Betons zunimmt und
- der Hydratationsgrad des Zementes steigt.

So hat sich in der Praxis herausgestellt, dass die gezielte Behandlung des Betons mit Kohlendioxid eine geeignete Methode zur Reduzierung der Bildung von Sekundärausblühungen darstellen kann (siehe Bild 11).

Die Behandlung der frisch produzierten Pflastersteinoberflächen mit Kohlendioxid muss aber sehr gezielt eingesetzt werden, da die mit der Carbonatisierung unterhalb der Betonoberfläche verbundene schnelle Austrocknung des Betons auch dazu führen kann, dass dem Zement im direkten Oberflächenbereich das zur Hydratation erforderliche Wasser entzogen wird und der Beton in diesen Zonen verdurstet. Dringt Wasser zu einem späteren Zeitpunkt in diese (verdursteten) Bereiche vor, so wird bei dessen Reaktion mit den nicht hydratisierten Zementanteilen Kalkhydrat freigesetzt, woraufhin Sekundärausblühungen entstehen können [L 2].

Mehr noch als die Dichtigkeit des Betons spielt die Art der Palettenlagerung und die Nachbehandlung der Betonwaren bei der Entstehung von Sekundärausblühungen eine maßgebliche Rolle (siehe Bild 12). Generell gilt auch bei der Palettenlagerung, dass die Pflastersteine soweit wie möglich vor dem Zutritt von Fremdwasser

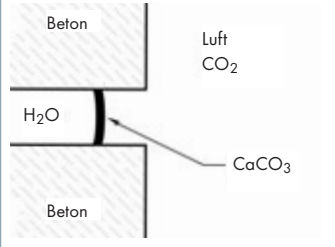
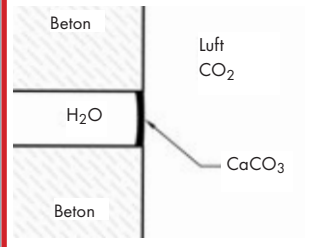
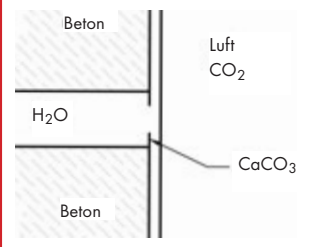
	Unterschuss	optimal	Überschuss
H₂O	zu geringer w/z-Wert Verdursten des Betons 	w/z-Wert entsprechend Festraumrechnung 	Kondensation von Wasserdampf beim Erhärten 
Sekundärausblühungen	stark	baustofftypisch	stark

Bild 11: Porenverstopfung durch Carbonatisierung des Betons



Bild 12: Pflastersteine bei sehr enger Palettenlagerung

zu schützen sind. Aus diesem Grunde ist eine ausreichende Durchlüftung der Produktpaletten sicherzustellen, so dass eine Kondensation von Wasser auf den Pflastersteinen während der Lagerung verhindert wird. Ideal, in der Praxis aber nicht umsetzbar, wäre die überdachte Lagerung aller Betonwaren.

Eindeutige Belege hierfür liefern die Pflastersteine aus Bild 13, die zeigen, dass die Steine im Bereich einer sehr engen Palettenlagerung (Lagerung Stein auf Stein ohne Abstandhalter) starke Ausblühungen zeigen, während die Steine in den belüfteten Bereichen an den Außenseiten der Paletten oder zwischen den Pflastersteinen nahezu keine Ausblühungen aufweisen.

Bei der Auswertung unterschiedlicher Streiffälle wurde darüber hinaus festgestellt, dass das Kalkhydrat nicht zwingend aus den bemängelten Betonwaren selbst stammen muss, um zur Bildung von Kalkausblühungen zu führen. Teilweise entstehen während der Palettenlagerung von Pflastersteinen Ausblühungen durch Kalkhydrat, welches aus darüber liegenden Steinreihen herabtröpft. Diese Ausblühungen finden sich in erster Linie dann, wenn der Kernbeton der Pflastersteine ein sehr langsames Abtrocknungsverhalten aufweist.

Als ungünstig hat sich auch die Verwendung von nicht ausreichend wasserdampfdurchlässigen Schrumpffolien im Rahmen der Palettenlagerung erwiesen, da sich bei geringen Außentemperaturen Kondenswasser an deren Innenseite bilden kann und dieses von hier aus auf die Pflastersteine tropft. Leider widerspricht die Praxis hier häufig den Aussagen der Produzenten von Schrumpffolien. Zwar erklären diese unisono, dass ihre Schrumpffolien wasserdampfdurchlässig sind, doch zeigt die Inaugenscheinnahme von Steinpaketen mit Schrumpffolien, dass dieses Versprechen im Regelfall leider nicht erfüllt wird. Hier empfiehlt es sich, konkrete Werte für die Wasserdampfdurchlässigkeit der Schrumpffolien mit den Zulieferern zu vereinbaren.

Zur Vermeidung von Sekundärausblühungen wurden in der Vergangenheit auch unterschiedliche Beschichtungs- bzw. Imprägnierungsverfahren getestet, mittels derer der Zutritt von Fremdwasser zum mobilisierbaren Kalkhydrat der Pflastersteine verhindert werden soll.



DER COLORIST ERGÄNZUNGSMODUL FÜR COLORMIX-OPTIKEN

- BIS ZU 6 VERSCHIEDENE FARBEN
- DIE KONSTRUKTION DES COLORISTEN ERLAUBT DIE ANPASSUNG AN PRAKTISCH ALLE VORSATZGERÄTE
- DIE MITGELIEFERT EIGENE STEUERUNG ERLAUBT DIE INTEGRATION DURCH EINFACHEN SIGNALAUSTAUSCH
- KEINE UMPROGRAMMIERUNG DER VORH. MASCHINENSTEUERUNG
- DIE BEWEGUNGEN DES COLORISTEN SIND FREQUENZGEREGELT UND ERLAUBEN FEIN ABGESTIMMTE NUANCIERUNGSMÖGLICHKEITEN UND VIELFACH UNTERSCHIEDLICHE COLORMIX-OPTIKEN
- HOHE REPRODUZIERBARKEIT DES DEFINIERTEN FARBSPIELS
- DIE EINSTELLUNGEN KÖNNEN ALS REZEPT GESPEICHERT WERDEN

Baustoffwerke
Gebhart & Söhne GmbH & Co. KG
 >> **KBH Maschinenbau**
 Einöde 2, D-87760 Lachen
 Telefon +49 (0) 83 31-95 03-0
 Telefax +49 (0) 83 31-95 03-40
 maschinen@k-b-h.de
 www.k-b-h.de

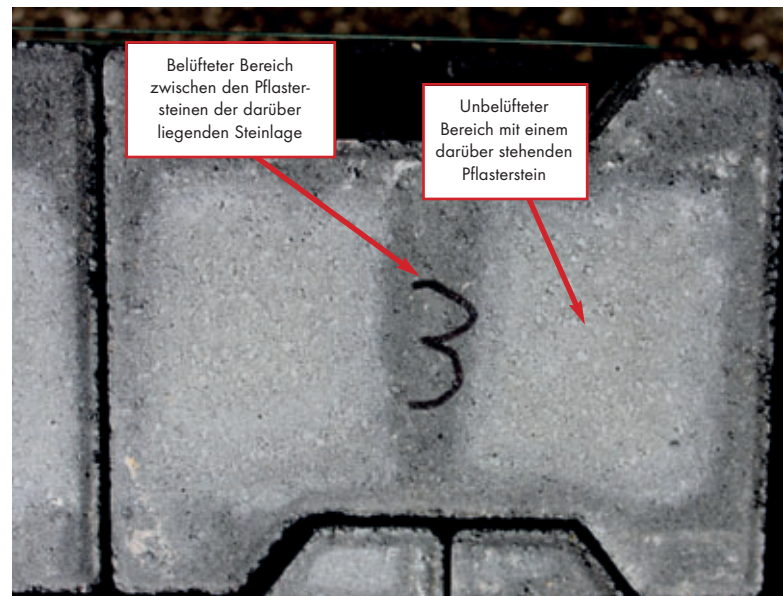
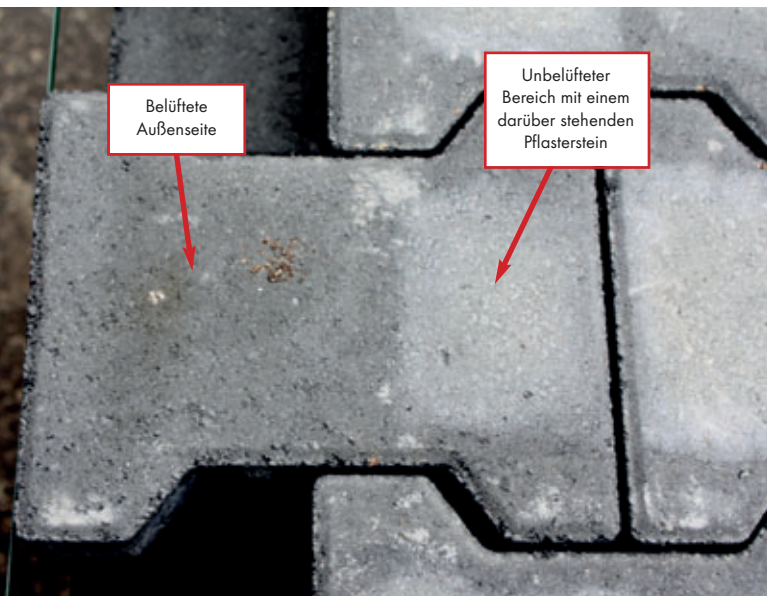


Bild 13: Einfluss der Belüftung auf die Ausblühneigung

Besonders positiv haben sich hierbei Dispersionsbeschichtungen auf Acrylatbasis erwiesen, die nach der Erhärtung auf die Betonwaren aufgebracht wurden [L 5]. Eine Aufbringung von Acrylatbeschichtungen vor der vollständigen Erhärtung hat sich jedoch als kritisch erwiesen, da hierdurch die Tendenz zur Bildung von Primärausblühungen deutlich verstärkt wurde. Kresse [L 5] erklärte dies damit, dass das Wasser der wässrigen Dispersionen bei der hohen Luftfeuchte in der Härtekammer nicht sofort verdunstet und als Fremdwasserreservoir auf den Betonwaren aufsteht. Nach dem Verdunsten des Wassers scheidet sich das hierin gelöste Kalkhydrat auf der Betonoberfläche ab und bildet die bereits erwähnten Primärausblühungen.

Die Imprägnierung mit Silikonen hat sich gemäß Kresse [L 3] nicht bewährt, da diese zwar das Eindringen von flüssigem, nicht jedoch von gasförmigem Wasser verhindern. Über den gasförmigen Zustand dringt Wasser nach der Imprägnierung der Pflastersteine in die Oberflächenbereiche der Betonprodukte ein und führt dort zur Bildung von Sekundärausblühungen. Auch Pulverbeschichtungen haben sich nicht bewährt, da diese aufgrund unterschiedlicher Wärmeausdehnungskoeffizienten und Wasseraufnahmefähigkeiten im Vergleich zum Beton schnell von den Betonoberflächen abwittern [L 5]. Nachfolgend sind einige wesentliche Punkte zur Reduzierung von Sekundärausblühungen nochmals zusammengefasst:

- Mittels der Rezeptoptimierung sollte ein Beton mit möglichst dichtem Porengefüge hergestellt werden. Bei der Rezeptoptimierung ist weiterhin Wert auf eine schnelle Hydratation des Betons (z. B. durch Verwendung „schneller Zemente“) zu legen. Ein Verdunsten der Betonoberfläche ist ebenso wie das Auftreten von Hydratationsstörungen in jedem Falle zu vermeiden. Ggf. ist die Verdichtbarkeit der Mischung durch Verwendung geeigneter Betonzusatzmittel zu verbessern;
- Das produktionstechnische Hauptproblem bei der Reduzierung von Sekundärausblühungen besteht in der genauen Einstellung des optimalen

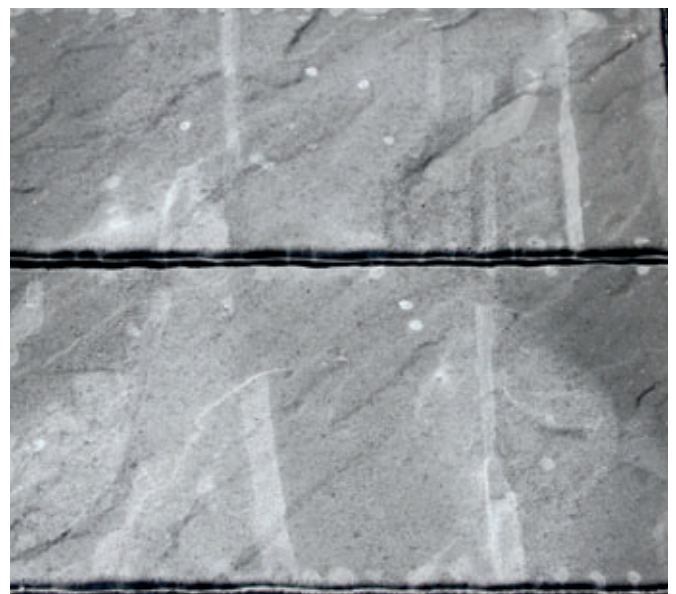


Bild 14: Folgen einer falschen Lagerung von Betonprodukten auf der Baustelle



Dutch Board Calibration BV

*Dont bring your boards to us,
we come to you!!*

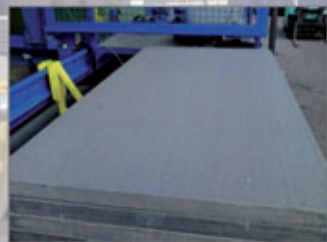
used plastic board



used hardwood board



re-calibrated hardwood board



re-calibrated plastic board

*We present you
a mobile calibrating system for a*

second lifetime of your production board!

Dutch Board Calibration BV

Venneweg 1 - NL - 7255 NX Hengelo Gld

Tel.: (+31) 575 - 467476 - E-mail: info@dutchboardcalibration.com

www.dutchboardcalibration.com

Seminar „Flächenbefestigungen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen“ im Rahmen der Neuwieder Baustofftage 2014

Im Rahmen einer Gemeinschaftsveranstaltung des Betonverbandes Straße, Landschaft, Garten e. V. (SLG) und der MPVA Neuwied GmbH findet am 11. März 2014 eine Tagung mit dem Thema „Aspekte zur Verbesserung der Produkt- und Verarbeitungsqualität sowie Fallbeispiele aus der Gutachterpraxis“ statt.

Die eintägige Veranstaltung wird im Food Hotel in der Langendorfer Straße 155 in 56564 Neuwied abgehalten. Hierbei stehen 6 Vorträge zu den nachfolgend genannten Themen auf der Agenda:

- Quo Vadis Betonwaren? – Die Qualität der heutigen Betonwaren
- Großformate aus Beton – Aspekte zur Planung und Ausführung
- Bettung und Fugenmaterial bei der ungebundenen Bauweise
- Einbau von Bordsteinen – Spannungsfeld Baupraxis kontra Regelwerk
- Gehört dem einschichtigen Bordstein die Zukunft?
- Sachstandbericht zu Ausblühungen auf Betonwaren – Ursachen und Einflussgrößen sowie sachverständige Bewertung
- Fallbeispiele aus der Gutachterpraxis – Mängelursachen, Bewertung und Fehleranalyse

Ausrichter



In Kooperation mit

betonstein
natürlich, nur besser.

Weitere Informationen erhalten Sie unter

MPVA Neuwied GmbH, Sandkauler Weg 1 in 56564 Neuwied
Tel.: 02631/3993-16 | Fax: 02631/3993-40
mann@mpva.de | www.mpva.de

Wassergehaltes. Eine zu hohe Wassermenge führt zu einer Steigerung der Gefahr der Bildung von Primärausblühungen, eine zu geringe Wassermenge führt zum Verdursten des Betons und damit zur Steigerung der Tendenz zur Bildung von Sekundärausblühungen. Darüber hinaus sind örtliche und zeitliche Schwankungen in der Härtekammer soweit möglich einzuschränken;

- Die gezielte Carbonatisierung unterhalb der Betonoberfläche kann zu Erfolgen bei der Bekämpfung von Sekundärausblühungen führen. Ein oberflächliches Verdursten der Betonwaren ist hierbei aber zu verhindern;
- Die erhärteten Betonwaren sollten möglichst spät ins Freie ausgelagert werden. Bei der Lagerung ist eine möglichst gute Durchlüftung der Paletten sicherzustellen.
- Nicht ausreichend wasserdampfdurchlässige Schrumpffolien sind durch andere Systeme zu ersetzen;
- Mit zunehmender Lagerungszeit im Außenlager steigt die Tendenz zur Bildung von Sekundärausblühungen. Dementsprechend ist die Produktionsplanung und Lagerlogistik so zu optimieren, dass eine längerfristige Lagerung größerer Produktionsmengen verhindert wird. Allerdings ist anzumerken, dass der Einfluss der Lagerungszeit auf die Ausblühneigung eher geringer ist;
- Die Versiegelung der Betonwaren nach dem Erhärten z. B. mit Acrylatdispersionen kann zur Reduzierung von Sekundärausblühungen eingesetzt werden.

Verantwortlich für die Entstehung von baustoffuntypischen Sekundärausblühungen ist im Regelfall der Baustoffproduzent. Allerdings ist hierbei zu beachten, dass Sekundärausblühungen auch bei langen Lagerungszeiten der Pflastersteine z. B. beim Zwischenhändler oder auch auf der Baustelle auftreten können (siehe Bild 14).

Eine Unterscheidung zwischen Sekundärausblühungen, die im Werk, beim Zwischenhändler oder auf der Baustelle entstanden sind, ist im Nachhinein kaum möglich, so dass eine sachverständige Zuweisung von Verantwortlichkeiten hier eine besondere Schwierigkeit darstellt. In jedem Falle ist in Streiffällen sachverständig aber zu klären, ob es sich tatsächlich um beanstandungsfähige, baustoffuntypische Sekundärausblühungen handelt.

Darüber hinaus hat der Verleger auch bei den baustoffuntypischen Sekundärausblühungen die Pflicht der Schadensminderung (siehe hierzu die Ausführungen am Ende des Abschnittes „Primärausblühungen“).

Sachstandsbericht, Teil 2

In der kommenden Ausgabe der BWI wird der Sachstandsbericht mit dem zweiten Teil fortgesetzt und abgeschlossen. Aus dem Inhalt:

Tertiärausblühungen

- Untersuchungen zur Bewertung der Ausblühneigung an Betonpflastersteinen
- Nicht ausreichende Wasserdurchlässigkeit der Tragschicht bzw. Bettung
- Nutzungsbedingte Verfärbungen

Entfernung der Ausblühungen

- „Natürliches“ Verschwinden von baustofftypischen Ausblühungen
- Beseitigung von Ausblühungen

Zusammenfassung

Literatur

- [L 1] Kurt Walz und Justus Bonzel, „Ausblühungen auf Betonflächen“ in *Betontechnische Berichte*, 1962, S. 37;
- [L 2] Dr. P. Kresse, „Ausblühungen - Entstehungsmechanismus und Möglichkeiten ihrer Verhinderung“ in *Betonwerk + Fertigteil-Technik*, Heft 3, 1987, S. 160ff;
- [L 3] Dr. P. Kresse, „Ausblühungen - Entstehungsmechanismus und ihrer Verhinderung“ in *Betonwerk + Fertigteil-Technik*, Heft 10, 1991, S. 73ff;
- [L 4] Dr. P. Kresse, „Einsatz von Farbe in Beton. Erosion und Bewuchs von Betonoberflächen bei der Bewitterung“ in *Betonwerk + Fertigteil-Technik*, Heft 11, 1990, 50ff;
- [L 5] Dr. P. Kresse, „Bewitterung von beschichteten Betondachsteinen“ in *Betonwerk + Fertigteil - Technik*, Heft 7, 1994, S. 83ff;
- [L 6] Technische Information Kalkausscheidungen des ZEMLABOR Baustofflaboratorium GmbH & Co. KG, Beckum, März 1977.
- [L 7] Dr. Karl-Uwe Voß, „Verfärbungen auf Flächenbefestigungen aus Beton“ in *BWI – BetonWerk International*, Heft 3, 2010, S. 116;
- [L 8] MPVA-Spektrum „Schäden an Flächenbefestigungen aus Beton (Teil 4)“.

WEITERE INFORMATIONEN



Materialprüfungs- und Versuchsanstalt Neuwied
Sandkauler Weg 1, 56564 Neuwied, Deutschland
T +49 2631 39930, F +49 2631 399340
info@mpva.de, www.mpva.de

CPI Concrete Pen – Ihr Unikat!



Hier ist auch Platz für Ihr Logo!

Bestellen Sie jetzt: www.concretepenfactory.com