

Ausblühungen auf Betonwaren – Ursachen und Einflussgrößen

Der erste Teil des Artikels beschäftigte sich allgemein mit der Definition der Ausblühungsarten. Im Detail wurde auf die grundsätzliche Mangelhaftigkeit von Ausblühungen sowie auf die Einflussgrößen der Entstehung von Primär- und Sekundärausblühungen eingegangen. Hierbei wurde ein besonderer Schwerpunkt auf die gutachterliche Bewertung von Produkten mit Ausblühungen eingegangen. Im zweiten Teil des Sachstandsberichts liegt der Fokus auf den Tertiärausblühungen und deren gutachterlicher Bewertung sowie der Vorgehensweise bei der Entfernung von Ausblühungen.

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

Tertiärausblühungen

Wie im ersten Teil des Sachstandsberichts bereits ausgeführt wurde, entstehen Tertiärausblühungen erst nach der Verlegung der Betonprodukte. Die Beurteilung der Verantwortlichkeit für Tertiärausblühungen ist deutlich komplizierter als bei Primär- und Sekundärausblühungen. So können Tertiärausblühungen

- durch eine fehlerhafte Verlegung,
- durch minderwertige Steinqualitäten,
- durch die Nutzungsart der Flächenbefestigung oder
- durch Kombinationen der oben aufgeführten Punkte

verursacht oder aber zumindest beeinflusst werden.

Untersuchungen zur Bewertung der Ausblühneigung von Betonpflastersteinen

Wie oben ausgeführt wurde, können Tertiärausblühungen ursächlich u. a. durch eine nicht ausreichende Steinqualität (zu starke Ausblühneigung) verursacht werden. Demnach muss der Sachverständige im Rahmen seines Gutachtens die Frage beantworten, ob die vorgefundenen Ausblühungen ursächlich auf eine reduzierte Pflastersteinqualität zurück zu führen sind, oder ob andere Schadensursachen zum Tragen kommen.

Hierbei steht der Sachverständige vor dem Problem, dass er nur die Möglichkeit hat, Steine aus dem Objekt zu entnehmen, die ggf. bereits einer mehrjährigen Nutzung ausgesetzt waren. Die bereits erfolgte Nutzung der Flächenbefestigungen hat aber ggf. einen deutlichen Einfluss auf die Ausblühneigung der Pflastersteine. So wirken sich z. B. durch Frost- oder Frost-Tausalz-Angriffe verursachte Mikrorisse ggf. auf den Wassertransport im Vorsatzbeton

aus, so dass die Auslaugungsrate von Kalkhydrat aufgrund der Mikrorissbildung ansteigt. Aus diesem Grund sind die nachfolgenden Hinweise bei der Bewertung der Materialqualitäten (so auch der Ausblühneigung) von Ausbausteinen aus bereits genutzten Flächenbefestigungen zu beachten:

Selbst wenn vor Ort repräsentative und nicht durch die Nutzung geschädigte Proben entnommen werden können, stellt sich die Frage, welche Materialeigenschaften überhaupt einen Hinweis auf eine nicht baustoffgerechte Ausblühneigung der Pflastersteine geben. Eigenschaften wie die Druck- oder Spaltzugfestigkeit liefern erfah-

Die Bewertung der Materialeigenschaften von Bauwerksproben ist sowohl bei Betonpflastersteinen als auch bei anderen Produkten wie Natursteinen oder Beton- und Asphaltflächen von deren vorangegangenen Beanspruchung im Objekt abhängig.

So ist bei Bauwerksproben zu berücksichtigen, dass die Produkte im Objekt i. d. R. schon einer Vielzahl von Frost-Tau-Wechseln sowie mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt waren, die auch bei normenkonformen Produkten zu einer Reduzierung der Materialqualität führen können. Aus diesem Grunde können bei der Untersuchung von Ausbauproben aus Bauwerken in Abhängigkeit von der Einbringung und Nutzung auch negative Materialeigenschaften (Frost- und Frost-Tausalz-widerstand, Abrieb, Spaltzugfestigkeit aber auch Ausblühneigung) vorgefunden werden, obwohl die Produkte zum Lieferzeitpunkt normenkonform waren.

Aus diesem Grunde sind Materialfehler streng genommen nur sachgerecht zu bewerten, wenn im Rahmen der Bewertung auch unverbaute Rückstellproben zur Verfügung stehen, was im Regelfall leider nicht der Fall ist.



Bild 15: Saugverhalten des Vorsatzbetons (siehe rote Linien) von baustofftypischen Betonpflastersteinen (Steine 4 und 5) und von schlechten, baustoffuntypischen Betonpflastersteinen (Steine 1 und 9)



■ 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

rungsgemäß keine sachgerechte Grundlage für die Bewertung der Ausblühneigung der Pflastersteine. Im Rahmen einer Vielzahl von Untersuchungen hat sich in den vergangenen Jahren herauskristallisiert, dass die nachfolgend genannten Materialeigenschaften eine gute Grundlage zur Bewertung der Ausblühneigung von Betonpflastersteinen ermöglichen:

- Bestimmung des Saug- und Abtrocknungsverhaltens der Pflastersteine (siehe Bild 15);
- Bestimmung der Druckfestigkeit und Wasseraufnahme des Vorsatzbetons der Pflastersteine sowie
- Untersuchung der Porenradialverteilung des Vorsatzbetons der Pflastersteine.

Die oben genannten Materialeigenschaften lassen Rückschlüsse auf das Verhalten des Vorsatzbetons bei Wasserzufuhr (Regen) zu. Pflastersteine mit einer hohen Saugfähigkeit und einem langsamen Abtrocknungsverhalten nehmen schnell Wasser auf und geben es langsam wieder ab, so dass das eingedrungene Wasser viel Zeit für den Transport des im Vorsatzbeton enthaltenen Kalkhydrates zur Steinoberfläche hat.

Eine noch bessere Grundlage zur Beurteilung der Ausblühneigung von Betonpflastersteinen stellt auf Basis der bisher durchgeführten Untersuchungen das indirekte Verfahren der „Bestimmung der Porenradialverteilung“ dar, so dass mittels der genannten Laboruntersuchungen im Regelfall die Frage beantwortet werden kann, ob die untersuchten Pflastersteine eine baustofftypische Ausblühneigung aufweisen und somit ursächlich zumindest mitverantwortlich für die entstandenen Ausblühungen sind.

Nicht ausreichende Wasserdurchlässigkeit der Tragschicht bzw. Bettung

Wie bereits ausgeführt wurde, ist die Ausblühneigung von Betonpflastersteinen nicht nur abhängig von der Qualität der Pflastersteine sondern im Besonderen auch von deren Verlegung. So finden sich in Streitfällen immer wieder Flächenbefestigungen, in denen die Bettung oder Tragschicht keine ausreichende Wasserdurchlässigkeit aufweist (Bild 16), so dass der Verlegung hier zumindest eine Teilschuld bei der Entstehung der Ausblühungen zuzuordnen ist.



Bild 16: Nicht ausreichend wasserdurchlässige Konstruktion



poyatos

Hochtechnologische und -präzise
Integrallösungen.



STEINFERTIGUNGSMASCHINEN MIT VIBROKOMPRESSOR

ZUR HERSTELLUNG VON BETONSTEINPRODUKTEN

Komplette Anlagen, mit Betonmischer, Handling-Systemen und Paketierung.

Vielzahl an stationären Betonsteinmaschinen, die sowohl mit Holz- als auch mit Stahlunterlagsplatten unterschiedlicher Größen arbeiten, entsprechend den Anforderungen des einzelnen Projekts.

Veredelungsprozesse: Splitten, Altern von Pflastersteinen, Kalibrierung von Blöcken.





Bild 17: Saugfähigkeit des Kernbetons von Betonpflastersteinen bei rückwärtiger Durchfeuchtung

Schichten werden i. d. R. als wasserdurchlässig bezeichnet, wenn diese einen k_f -Wert von $> 10^{-5}$ m/s aufweisen.

Weist die Tragschicht oder die Bettung keine ausreichende Wasserdurchlässigkeit auf, nimmt die Tendenz zur Entstehung von Ausblühungen drastisch zu. So führt eine zu geringe Wasserdurchlässigkeit der Konstruktion dazu, dass das Wasser in die Konstruktion eindringt und sich hier auf der nicht ausreichend wasserdurchlässigen Schicht ansammelt. Bei starken Niederschlägen stehen die verlegten Pflastersteine dann lange „mit den Füßen im Wasser“, wobei das auf der Bettung aufstehende Wasser in den Stein eindringt (siehe Bild 17). Hier wird Kalkhydrat gelöst und gemeinsam mit dem Wasser zur Steinoberfläche transportiert, wo es sich dann in Form von Ausblühungen niederschlägt.

Aus den o. g. Gründen ist es erforderlich, dass sämtliche Tragschichten im Rahmen der sachgerechten Herstellung von Flächenbefestigungen wasserdurchlässig konzipiert werden müssen. Wenn einzelne Schichten keine ausreichende Wasserdurchlässigkeit besitzen, ist die Anordnung von Sickeranlagen vorzusehen.

Nutzungsbedingte Verfärbungen

Neben den bereits angesprochenen material- und verlegebedingten Ausblühungen werden in Streifällen häufig Verfärbungen fälschlicherweise als „Ausblühungen“ beanstandet, die ursächlich auf die Nutzung zurück zu führen sind. So zeigt das Bild 18 Pflastersteine aus einem Streifall, in dem u. a. die braunen Flecken als „Ausblühungen“ reklamiert worden sind. Tatsächlich handelte es sich hierbei zumindest zum großen Teil



Bild 18: Betonpflastersteine mit aufsitzenden Verschmutzungen

um Verschmutzungen, die durch die Nutzung auf die Steine aufgebracht worden sind.

Aus diesem Grunde ist im Streifall zu prüfen, ob es sich bei den „Verfärbungen“ tatsächlich um Auslaugungsprodukte aus den Pflastersteinen (Kalkausblühungen) handelt, oder ob die Verfärbungen von außen aufgebracht worden sind. Genau aus diesem Grunde sollte u. a. ein Vortest durchgeführt werden, mit dem nachgewiesen wird, dass es sich bei den Verfärbungen tatsächlich um Calciumcarbonate handelt.

Entfernung der Ausblühungen

„Natürliches“ Verschwinden von baustofftypischen Ausblühungen

Ausblühungen sind aufgrund der geringen Wasserlöslichkeit des Calciumcarbonats sehr hartnäckig. Trotzdem zeigt es sich

immer wieder, dass sie in unseren Breiten im Laufe der Zeit – auch ohne zusätzliche Reinigungsmaßnahmen – wieder verschwinden.

So stellte Kresse bei der Auslagerung von Betonpflastersteinen fest, dass die Menge an Ausblühungen bis zu einem Alter von ca. einem Jahr zunimmt (siehe Bild 19). Er stützte diese Aussage durch Helligkeitsmessungen an den Oberflächen von ausgelagerten Betonpflastersteinen. Nach Überschreitung des Helligkeitsmaximums, welches in etwa mit dem abgeschätzten Ende der Hydratationszeit des Zementes übereinstimmt, witterten die Ausblühungen dann langsam unter dem Einfluss von Regen und mechanischem Abrieb innerhalb einer Zeitspanne von weiteren ein bis zwei Jahren wieder ab [L 2].

Bei den oben genannten Zeiten handelt es sich nur um grobe Anhaltswerte. In Objekten können die Zeiten bis zum „Verschwin-

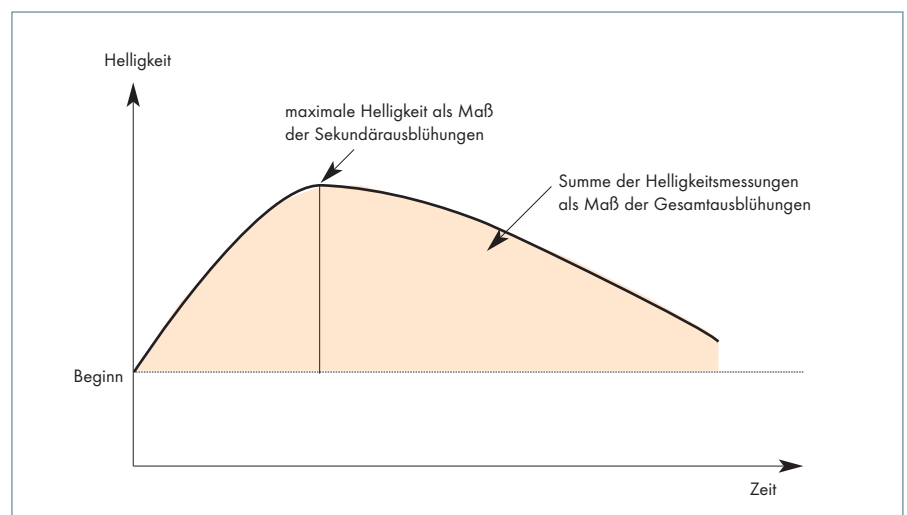


Bild 19: Verschwinden von Ausblühungen

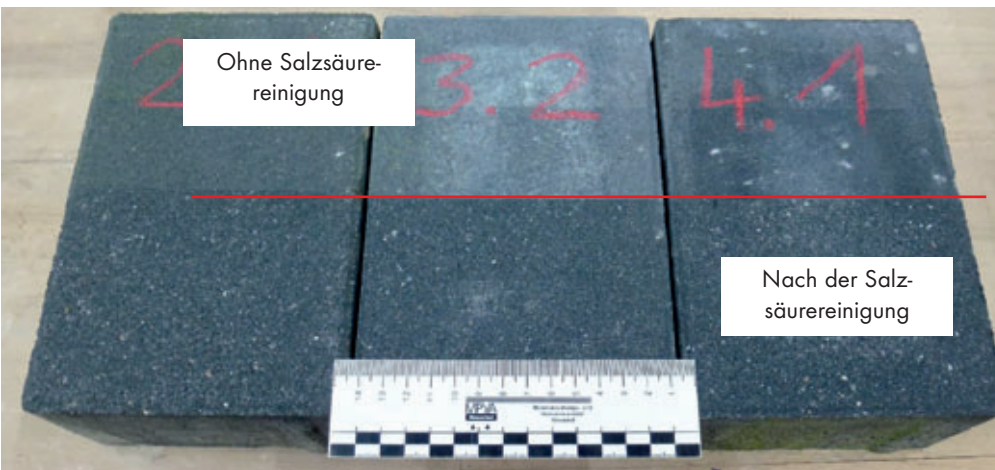


Bild 20: Aufrauung der Oberfläche von Betonpflastersteinen durch eine Säurebehandlung

den der Ausblühungen“ in Abhängigkeit von der Nutzung der Fläche (mechanischer Abtrag) und den Witterungsbedingungen wie z. B. auch der Regenmenge (lösender Abtrag) deutlich von den genannten Werten abweichen.

Beseitigung von Ausblühungen

Der Effekt, dass Ausblühungen auch ohne weitere Reinigungsschritte mit der Zeit ver-

schwinden, lässt sich auch in der Praxis nutzen [L 6], so dass Ausblühungen nicht zwingend mechanisch oder chemisch entfernt werden müssen.

Handelt es sich um so massive Ausblühungen, dass diese seitens des Abnehmers nicht akzeptiert werden müssen, so sind andere Reinigungsmaßnahmen (Drahtbürste, Absäuern, Niederdruckrotationsstrahlen) erforderlich.

Das am häufigsten angewendete Verfahren des Absäuerns von Kalkausblühungen hat den Nachteil, dass die Gefahr der Entstehung neuer Ausblühungen (nach der Reinigung) durch das Öffnen der Poren durch die Säurebehandlung (Entfernung des hier abgelagerten Calciumcarbonats) steigt. Darüber hinaus wird die Rauigkeit der Steinoberfläche durch die Säurebehandlung erhöht (siehe Bilder 20 und 21), so dass die Reinigungsfähigkeit der Fläche sinkt.

Zur Reduzierung der Gefahr derartiger, unerwünschter Oberflächenveränderungen durch die Säurebehandlung ist die genaue Einhaltung der erforderlichen Arbeitsschritte im Rahmen der Reinigung zu beachten. So hat sich herausgestellt, dass das gründliche Vor- und Nachnässen der Pflastersteine für die Qualität und Dauerhaftigkeit der Reinigungsmaßnahme von entscheidender Bedeutung ist. Wird einer dieser Schritte vernachlässigt, so ist nicht sicher gestellt, dass alle Säurereste aus dem Beton entfernt werden. Die im Beton verbliebenen Säurereste können den Zementstein angreifen und Ca^{2+} freisetzen. In diesem Falle kann es zu einer neuerlichen Bildung von Kalkausblühungen kommen [L 6].

zenith

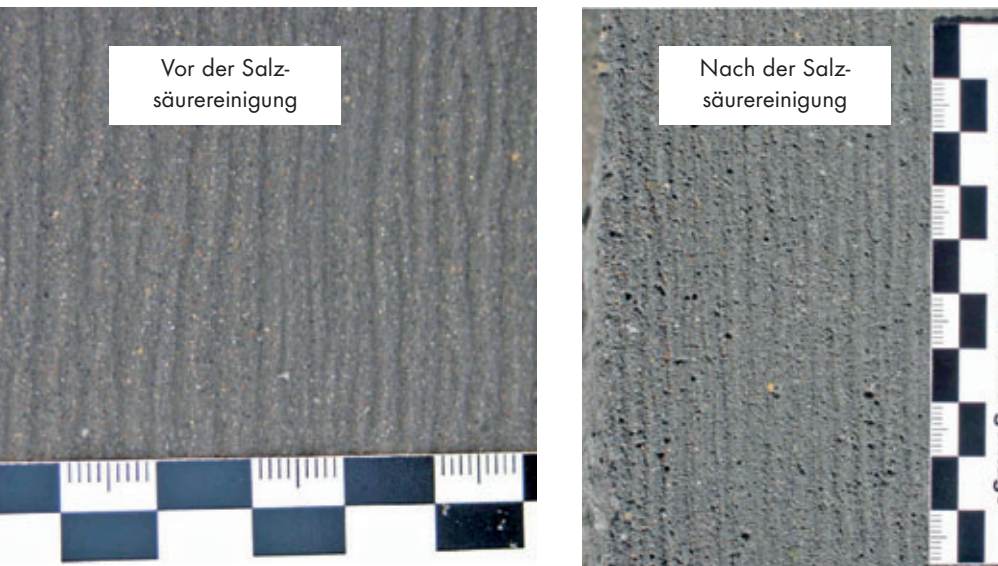


Bild 21: Aufrauung der Oberfläche von Betonwaren durch eine Säurebehandlung

Eine schonendere Reinigungsmethode stellt das trockene Abbürsten der Pflastersteine oder das sog. Niederdruckrotationsstrahlen (sog. „Josen“) dar. Beim Niederdruckrotationsstrahlen sollte der Wasserdruck nicht mehr als 3 bar betragen. Weiterhin sollte das Strahlgut eine möglichst geringe Korngröße aufweisen. Aufgrund des erhöhten Aufwandes dieser Reinigungsverfahren wird hiervon in der Praxis aber häufig Abstand genommen.

Zusammenfassung

Trotz jahrelanger Forschung und Diskussion über die Entstehung von Calciumcarbonat-Ausblühungen konnte bis heute leider keine Methode entwickelt werden, die helfen würde, Ausblühungen mit absoluter Sicherheit zu vermeiden. Lediglich die Reduzierung der Ausblühneigung von Betonpflastersteinen ist möglich. Mit diesem Grundwissen im Hinterkopf meinen viele Sachverständige automatisch den Steinproduzenten als Schuldigen gefunden zu haben, wenn es um die Bewertung der Ursächlichkeit von Kalkausblühungen auf Betonpflastersteinen geht. Hierbei wird zum Teil nicht beachtet, dass Ausblühungen in baustofftypischer Größenordnung technisch nicht zielsicher zu vermeiden sind und demnach keinen Mangel darstellen.

Darüber hinaus muss sich der Sachverständige bei baustofftypischen Ausblühungen im Streitfall erst einmal mit der Frage beschäftigen, um welche Art von Ausblühungen es sich handelt (Primär-, Sekundär- oder Tertiäerausblühungen). Während baustofftypische Primäerausblühungen tat-

sächlich ursächlich auf die Produktion zurück zu führen sind, sind baustofftypische Sekundäerausblühungen auf eine fehlerhafte Lagerung vor der Auslieferung der Pflastersteine (Verantwortungsbereich des Produzenten) oder nach der Auslieferung der Steine (Verantwortungsbereich des Verlegers oder des Zwischenhändlers) zurück zu führen. Tertiäerausblühungen können sowohl auf schlechte Materialeigenschaften, als auch auf eine nicht sachgerechte Verlegung der Pflastersteine zurück zu führen sein. Auch nutzungsbedingte Verunreinigungen werden in Streitfällen immer wieder fälschlicherweise als Tertiäerausblühungen beanstandet. Selbst, wenn die Ausblühungen produktionsbedingt sind, ist im Rahmen einer Kostenquotelung sachverständig zu klären, ob der Auszuführende seiner Schadensminderungspflicht nachgekommen ist. Wenn nicht, dann ist dieser an den Sanierungskosten zu beteiligen. ■

■ 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