

Kalkschleier und krustenartige Kalkablagerungen auf frei bewitterten Betonoberflächen werden „Ausblühungen“ genannt. Sie treten insbesondere im jungen Alter der betroffenen Bauteilflächen auf. Ausblühungen können je nach Betonzusammensetzung und den örtlichen Feuchtigkeitsverhältnissen nach einiger Zeit spontan abklingen oder sehr dauerhaft sein und sich in seltenen Fällen auch zu krustenartigen Ablagerungen aufbauen. Sie sind natürlicher Teil der Betonbauweise und beeinträchtigen die technischen Eigenschaften des Bauteils oder Bauwerks nicht. Sofern das Aussehen der Flächen architektonisch relevant ist, müssen Präventionsmaßnahmen frühzeitig entschieden und geplant werden. Im Folgenden werden die Ursachen von Ausblühungen und Maßnahmen zur Prävention vorgestellt und erläutert.

■ 1 Ausblühungen auf Betonoberflächen

Ausblühungen sind weiße, schleierartige bis fleckige Beläge auf Betonoberflächen (Bild 1). Sie können vor allem im trockenen Zustand die Farbe verändern und damit das Erscheinungsbild und Aussehen von sichtbaren Betonoberflächen beeinträchtigen. Ausblühungen haben keinen Einfluss auf die Festigkeit und Dauerhaftigkeit und damit auf die Gebrauchseigenschaften des Betons.

Wenn sich die oberflächigen hellen Ablagerungen durch häufige Nässe partiell zu Krusten und Ablagerungen aufbauen, wie sie z. B. an älteren Stau- und Stützmauern sowie an Rissen gelegentlich sichtbar sind, spricht man von Kalkaussinterungen (Bild 2). Ausblühungen an Ortbetonbauteilen und Fertigteilen u. a. können in entsprechend feuchter Umgebung nicht zielsicher vermieden, sondern lediglich durch Bauwerksplanung und Ausführung in Grenzen beein-



Bild 1: Ausblühungen an paketierten Pflastersteinen



Bild 2: Aussinterungen an einem Deckenriss

flusst werden. Ausblühungen auf Betonoberflächen sind in der Regel Abscheidungen von in Wasser schwer löslichem Calciumcarbonat.

Von Ausblühungen zu unterscheiden sind Braun- und Dunkelverfärbungen an Betonoberflächen, auf die in diesem Merkblatt nicht eingegangen wird. Erläuterungen finden sich z. B. in [1] und [2].

■ 2 Chemie der Ausblühungen

Nach Wasserzugabe beginnt Zement zu reagieren. Die Reaktion der wesentlichen Zementbestandteile, der Calciumsilikate, mit Wasser führt zu den festigkeitsbildenden Calciumsilikathydraten. Dabei wird Calciumhydroxid $\text{Ca}(\text{OH})_2$ freigesetzt. Calciumhydroxid ist ein wasserlösliches Mineral. Zwar ist die Löslichkeit mit weniger als 2 g/l Wasser nicht besonders hoch, aber nicht zu vernachlässigen. Im erhärteten Beton liegt es gelöst im Porenwasser im Betongefüge vor. Dieses im Porenwasser gelöste Calciumhydroxid stellt einen pH-Wert > 12 sicher und gewährleistet den dauerhaften Korrosionsschutz des Bewehrungsstahls. Bei Kontakt mit dem natürlichen Kohlendioxid in der Luft bildet sich aus dem Calciumhydroxid wasserunlösliches Calciumcarbonat ($\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaCO}_3 \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$). Da es wasserunlöslich ist, kristallisiert dieses Calciumcarbonat direkt an der Betonoberfläche als weißes Mineral aus (Bild 3). Das bei der Reaktion frei gewordene Wasser kann aus dem Betongefüge neues Calciumhydroxid lösen und die Reaktion wiederholt sich, bis das Reaktionsprodukt Calciumcarbonat an der Betonoberfläche als sogenannte Ausblühung sichtbar wird oder sich sogar krustenartig aufbaut.

Die Reaktion des Calciumhydroxids mit dem Kohlendioxid aus der Luft findet in jedem Betonbauteil statt und ist unter dem Begriff der Carbonatisierung des Betons bekannt.



Bild 4: Ausblühungen an dunkler, im Winter betonierter Wandfläche

Beton an bevorzugten Bahnen abläuft (z. B. aus Schalungsankerlöchern, Abfluss von Wasser von der Wandkrone). Das Oberflächenwasser steht in direktem Kontakt mit dem Porenwasser des frischen Betons und besitzt einen Überschuss an Calciumhydroxid. Besonders lösungsintensiv für das Calciumhydroxid im Beton ist Regen- und Tauwasser, da diese Wässer noch keinen oder nur einen geringen gelösten Mineralgehalt haben.

- bevorzugt frische Betonwaren, insbesondere bei tieferen Temperaturen, nicht über die Gesamtoberfläche, sondern nur über Teilflächen austrocknen. Demzufolge ist bei kühler Witterung (z. B. im Winterhalbjahr) verstärkt mit Ausblühungen zu rechnen, da Calciumhydroxid gegenüber anderen wasserlöslichen Mineralien eine Anomalie aufweist: Es löst sich in kaltem Wasser besser als in warmem.
- an ausgewählten Stellen des Betonbauwerks (z. B. Verdichtungsporen, Risse) ständig Porenwasser mit gelöstem Calciumhydroxid verdunstet, das im physikalischen Feuchtigkeitsausgleich aus dem Inneren des Bauteils nachgeliefert wird. Die ständige Verdunstung von Feuchtigkeit an exponierten Stellen ist in der Regel nur möglich, wenn dem Betonbauwerk laufend neue Feuchte zur Verfügung steht (unzureichende Wasserführung an der Betonoberfläche, aufsteigende Feuchte, mangelnde Dichte des Betonkörpers u. a.).

Die Neigung von Betonoberflächen zu Ausblühungen kann gemindert oder vollständig vermieden werden, wenn

- die äußerste Oberfläche der Betonbauteile carbonatisiert ist. In der carbonatisierten oberflächennahen Betonschicht ist kein reaktionsfähiges Calciumhydroxid mehr enthalten, auftreffendes Wasser kann also kein Calciumhydroxid mehr

lösen. Das Kohlendioxid der Luft dringt sehr langsam über Befeuchtungs- und Austrocknungsvorgänge ins tiefere Betongefüge ein und trifft erst dort auf reaktionsfähiges Calciumhydroxid. So treten keine sichtbaren Ausblühungen mehr auf.

- der Transport von Feuchte aus dem Betonkörper an die Oberfläche durch eine hohe Dichte des Zementsteins eingeschränkt wird. Die Dichtigkeit eines Betons gegen den Transport von Wasser durch das Porengefüge wird durch unterschiedliche Faktoren beeinflusst. Vollständig verdichtete Betone mit kleinen w/z-Werten sind im Allgemeinen dichter als solche mit hohen w/z-Werten. Da die Druckfestigkeit mittelbar auch vom w/z-Wert abhängt, kann gefolgert werden, dass auch Betone mit hohen Druckfestigkeiten tendenziell dichter sind als solche mit niedrigeren Druckfestigkeiten. Betone mit Zement der Hauptarten CEM II-S und CEM III, die neben Portlandzementklinker als weiteren Hauptbestandteil gemahlene Hüttensand enthalten, oder CEM II-P mit Trass als weiteren Hauptbestandteil bilden meist ein dichteres Porengefüge als z. B. Betone mit CEM I-Zementen.
- die Durchfeuchtung von Betonkörpern mit anstehender Feuchte durch eine entsprechend wirksame Hydrophobierung oder Lasur der Oberfläche eingeschränkt oder nahezu völlig verhindert wird. Bei einer Hydrophobierung kann es je nach Art und Intensität der Wirkung des jeweiligen Produkts vorkommen, dass die Ausblühungen nur zunächst vermieden werden und zu einem späteren Zeitpunkt auftreten, wenn auch stark vermindert. Hinsichtlich des Präventionsvermögens einer Hydrophobierung gegen Ausblühungen sollte in jedem Fall eine Produktberatung des Herstellers eingeholt werden.

■ 4 Vorbeugende Maßnahmen

Vorbeugend können die nachfolgenden stofflichen, technologischen und konstruktiven Maßnahmen, evtl. auch in Kombination, angewendet werden. Hierdurch sind eine schnelle Carbonatisierung der Betonoberfläche und eine geringe Transportgeschwindigkeit des Calciumhydroxids an die Oberfläche zu erreichen. Hilfreich ist in allen Fällen ein möglichst rissfreier und dichter Beton.

Da Ausblühungen die technischen Eigenschaften des Betons nicht beeinträchtigen, lohnen vorbeugende Maßnahmen nur an sichtbar bleibenden architektonischen Betonflächen aus Ortbeton, Fertigteilen und an Betonwaren mit hohen Anforderungen an das Aussehen.

Vorbeugend ist an Bauwerken mit Betonflächen aus Ortbeton und Fertigteilen insbesondere Folgendes zu beachten:

- Konstruktiv ist nach Möglichkeit darauf zu achten, dass möglichst wenig Niederschlagswasser in Kontakt mit den betroffenen Flächen kommt. Wasser darf vor allem nicht auf oder über Sichtbetonflächen abgeleitet werden oder regelmäßig unkontrolliert über Sichtbetonflächen fließen. Ist eine Wasserführung auf Sichtbetonoberflächen unvermeidbar, kann ein entsprechender Oberflächenschutz durch Hydrophobierung oder Lasur ein Lösungsweg sein.

- Was für die Planung gilt, gilt verstärkt auch für den Baubetrieb: gerade junge und noch „unreife“ Sichtbetonflächen neigen verstärkt zur Bildung von Ausblühungen und Kalkschleiern. Im praktischen Baualltag erscheint es zunächst oft nahezu unmöglich, die Sichtbetonflächen beim Rohbau wirksam gegen eindringendes Regenwasser zu schützen. Bei genauerer Überlegung genügen meist jedoch etwas Umsicht, Kontrolle und wenige zusätzliche Maßnahmen der provisorischen Abdichtung oder Ableitung des Regenwassers, um hochwertige Sichtbetonflächen wirksam gegen einen zu frühen Kontakt mit dem weichen Regenwasser zu schützen. Dieser Schutz lohnt auch an Außenflächen, da auch diese umso weniger Kalkschleier und Ausblühungen entwickeln, je älter und „reifer“ sie beim ersten Kontakt mit Niederschlagswasser sind.
- Alle Flächen aus mit Pigmenten eingefärbten Betonen, deren Zielfarbe nicht der Farbpalette zwischen Weiss und Mittelgrau entspricht, können möglichst rasch nach dem Ausschalen mit einem geeigneten Lasursystem geschützt werden. Lasursysteme, die bereits auf sehr junge Flächen appliziert werden können, sind am Markt verfügbar. Bis zum Wirksamwerden dieses Schutzes müssen die Bauteilflächen durch Abdecken gegen jeden Kontakt mit Niederschlagswasser geschützt werden.
- Teilweise verschlechtert sich die durch erhöhte Aufwendungen hergestellte Sichtbetonqualität an Außenflächen mit der Zeit durch Witterungseinflüsse, Verschmutzung und organische Besiedlungen. Eine Lasur kann das herstellungsgemäße Aussehen von Sichtbetonflächen für lange Zeit konservieren, ohne den baustoffidentischen Charakter der Flächen zu beeinträchtigen. Hierdurch werden nicht nur Kalkschleier, Wasserfleckigkeit oder Ausblühungen vermieden. Geeignete Lasuren der aktuellen Generation erhalten das Aussehen einer Sichtbetonfläche über 15 Jahre und länger.
- Bei der Herstellung von Sichtbetonwänden oder -untersichten sollte der Spalt zwischen Schalung und Beton zum Schutz gegen Niederschlagswasser abgedeckt, im Nachbarbereich auftreffendes Regenwasser vom Sichtbeton weggeführt werden.
- Sichtbetonwände sollten nicht vor oder während stärkerer Niederschläge entschalt werden. Nach dem Ausschalen ist jeder Kontakt mit flüssigem Wasser zu vermeiden. Sofern weitere Nachbehandlung der Flächen erforderlich wird, sind „trockene“ Nachbehandlungsmaßnahmen vorzusehen (z. B. Foliennachbehandlung ohne direkten Kontakt der Folie zur Betonoberfläche).

An Betonoberflächen von Fertigteilen und Betonwaren ist zusätzlich folgendes zu beachten:

- Betonfertigteile und Betonwaren dürfen in den ersten Tagen nach der Herstellung nicht zu dicht gestapelt werden und nicht mit Nachbehandlungs- oder Niederschlagswasser in Berührung kommen. Es empfiehlt sich, sie mit Folien oder schwach feuchten Matten abzudecken oder sie in Wärmebehandlungskammern zu lagern. Gelegentlich reicht auch eine Zwischenlagerung in witterungsgeschützten Hallen. Insbesondere Fertigteile können auch mit einem farblos trocknenden, nicht klebrigen Hydrophobierungsmittel einge-

sprüht werden. Damit sich kein Kondenswasser bildet, sollte der Temperaturunterschied zwischen der feuchten Luft in der Wärmebehandlungskammer und den frisch ausgeschalteten Betonteilen nicht zu groß sein.

■ 5 Maßnahmen zur Beseitigung von Kalkschleiern und Ausblühungen

Sind insbesondere an Sichtbetonflächen und Betonwaren Ausblühungen aufgetreten, sollte man den Beton zunächst trocknen lassen. Bei einem geringen Belag aus Calciumcarbonat und Bewitterung bekommt die Betonfläche nach einiger Zeit oft von allein wieder ein gleichmäßiges Aussehen.

Insbesondere an farbigen Platten auf Fußwegen entwickeln sich Ausblühungen auf der Oberfläche mit der Zeit immer langsamer und werden durch Witterung und Verkehrsbelastung abgetragen. Auch für solche Betonflächen gilt, dass die Neigung zu Ausblühungen mit der Reife, also dem Alter des Betons bei der Auslagerung in die Witterung abnimmt.

Die Bilder 5 bis 7 zeigen rotgefärbte Gehwegplatten, die auf einer geneigten, Wasser führenden Unterlage in Zementmörtel verlegt wurden. Bereits nach einer Woche traten erste schwache Ausblühungen auf den Plattenoberflächen auf. Nach zwei Monaten haben sich die Ausblühungen auf den Platten, auch durch Ausblühungen des Zementmörtels in den Fugen, erheblich verstärkt. Nach mehreren Monaten sind die Ausblühungen immer noch vorhanden, wurden aber durch Witterung und die mechanischen Einflüsse der Nutzung deutlich vermindert. Nach längerer Zeit können die Ausblühungen vollständig abwittern.

Befriedigt das Aussehen der Betonfläche auch später nicht und ist die Ursache der Ausblühung bekannt und abgestellt, können die Ausblühungen durch eine Behandlung mit stark verdünnter Säure (z. B. 1%-ige Zitronensäure oder 10%-ige Phosphorsäure) oder anderen geeigneten Mitteln (z. B. Zementschleierentferner) bzw. durch hydromechanische Verfahren entfernt oder gemildert werden. Werden vorkonfektionierte Produkte eingesetzt, ist nach den Anwendungshinweisen des Herstellers zu verfahren.

Vor einer Behandlung mit verdünnter Säure ist der Beton gut vorzunässen und danach mit Wasser gründlich abzuspülen, damit keine Säure in das tiefere Betongefüge eindringt oder länger auf der Oberfläche verbleibt, als für die Reinigung erforderlich ist. Säurebehandlungen im Freien sollen bei möglichst moderaten Wetterbedingungen (bedeckter Himmel, windstilles Wetter, Temperatur 10 °C bis 20 °C) und zügig ohne unnötige Unterbrechungen durchgeführt werden, damit Farbunterschiede durch ungleiches Abtrocknen möglichst vermieden werden.

Die Säurebehandlung vertikaler Sichtbetonflächen sollte möglichst von einem betonkosmetischen Fachbetrieb mit nachgewiesener Erfahrung durchgeführt werden. Sie erfordert immer eine Erprobung an untergeordneten Flächen zur Einstellung der Säuremenge und -konzentration sowie der Art des Vornässens, der Art der Säureapplikation und evtl. mechanischer Zusatzmaßnahmen, des Nachspülens sowie des Auffangens und Entsorgens des Abwassers. Zum Auftrag empfehlen sich mäßig säuregetränkte Lappen oder Schwämme, zur partiellen mechanischen Unterstützung Kunststoffschleifvliese. Auch wenn die zu entfernenden Ausblühungen nur partiell auf den Flächen

vorhanden sind, wird eine Säureanwendung zur Erzielung eines möglichst gleichmäßigen Aussehens auf der gesamten Fläche fast immer erforderlich werden.

Durch eine Beseitigung der Ausblühungen wird nicht in jedem Falle eine vollkommen gleichmäßige Betonfläche erzielt. Insbesondere können nach der Bearbeitung deutliche Unterschiede in der Oberflächentextur, der Farbtönung oder im Glanzgrad zu umgebenden oder unbehandelten Betonflächen auftreten. Dies gilt insbesondere für die Bearbeitung eingefärbter Sichtbetonflächen.



Bild 5: Ausblühungen nach einer Woche

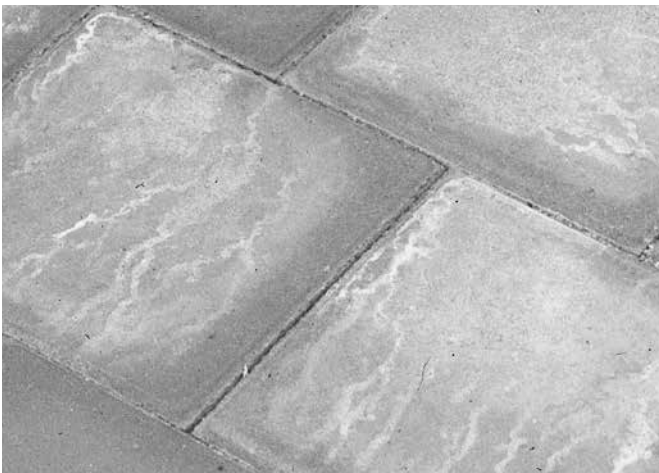


Bild 6: Ausblühungen nach zwei Monaten



Bild 7: Ausblühungen nach 36 Monaten

■ 6 Weiterführende Literatur

- [1] Strehlein, D.; Schießl, P.: Fleckige Dunkelverfärbungen an Sichtbetonflächen. Charakterisierung und ursächliche Mechanismen im erhärtenden Beton. *beton* 59 (2009), H. 1+2, S. 24–31
- [2] Fiala, H.; Raddatz, J.: Braune Verfärbungen auf Sichtbetonflächen. *Beton-Informationen* 43 (2003), H. 2, S. 27–33
- [3] Härdtl, R.; Bolt, G.; Tax, M.; Dienemann, W.: Verringerung des Braunverfärbungsrisikos von Betonwaren. *Betonwerk + Fertigteil-Technik* 69 (2003), H. 11, S. 34–46
- [4] Walz, K.; Bonzel, J.: Ausblühungen auf Betonoberflächen. *beton* 12 (1962), H. 3, S. 115–120
- [5] Witterung und Kalkausblühungen, *Cementbulletin*, 44 (1976), H. 6
- [6] Kresse, P.: Ausblühungen – Entstehungsmechanismus und Möglichkeiten ihrer Verhinderung. *Betonwerk + Fertigteil-Technik* 53 (1987), H. 3, S. 160–168
- [7] Peck, M.; Bose, T.; Bosold, D.: *Technik des Sichtbetons*. Verlag Bau+Technik. Düsseldorf 2007

Beratung und Information zu allen Fragen der Betonanwendung

Regionale Ansprechpartner

www.beton.org

BetonMarketing Nordost GmbH

Anderter Str. 99D, 30559 Hannover, Tel.: 0511 554707-0, hannover@betonmarketing.de

Teltower Damm 155, 14167 Berlin, Tel.: 030 3087778-0, berlin@betonmarketing.de

BetonMarketing Süd GmbH

Gerhard-Koch-Straße 2+4, 73760 Ostfildern, Tel.: 0711 32732-200, info@betonmarketing.de

Büro München: Beethovenstraße 8, 80336 München, Tel.: 089 450984-0, info@betonmarketing.de

BetonMarketing West GmbH

Neustraße 1, 59269 Beckum, Tel.: 02521 8730-0, info@bmwest.de

Herausgeber: Verein Deutscher Zementwerke e.V., Tannenstraße 2, 40476 Düsseldorf

www.vdz-online.de

Verfasser: Dipl.-Ing. Martin Peck, BetonMarketing Süd; Dr.-Ing. Diethelm Bosold, BetonMarketing West;

Dr.-Ing. Thomas Richter, BetonMarketing Nordost