

Schutz von Betonoberflächen (3) : Hydrophobierungen

Autor(en): **Jakob, Tobias**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Cementbulletin**

Band (Jahr): **65 (1997)**

Heft 10

PDF erstellt am: **10.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-153830>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Schutz von Betonoberflächen (3): Hydrophobierungen

Hydrophobierungen sind wasserabweisende Imprägnierungen, die die Diffusion von Wasserdampf kaum behindern.

Hydrophobierungen sind diejenigen Oberflächenschutzmassnahmen, die die Erscheinung von Betonoberflächen am wenigsten beeinflussen. Zusammen mit den Versiegelungen werden sie zu den Imprägnierungen gezählt [1]. Ihre Hauptwirkung besteht darin, die Benetzung der Betonoberfläche zu verhindern oder zu erschweren sowie die kapillare Saugkraft gegenüber Wasser zu reduzieren. Eine wichtige Rolle spielt dabei die Oberflächenspannung des Wassers (siehe Kasten «Vom Einfluss der Oberflächenspannung»). Hydrophobierungen werden vom Deutschen Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb) in Teil 2 der «Richtlinien für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen» [2] als eigenständiges Oberflächenschutzsystem OS 1 (hydrophobierende Imprägnierungen) aufgeführt [3]. Gemäss DAfStb werden Hydrophobierungen als Feuchteschutz bei vertikalen und geneigten, frei bewitterten Betonflächen eingesetzt; gegenüber drückendem Wasser sind sie unwirksam.

Hauptanwendungen von Hydrophobierungen

Hydrophobierte Betonoberflächen nehmen bei Benetzungsdauern von einigen Stunden beinahe kein Wasser auf [4]. Chloride gelangen in

Vom Einfluss der Oberflächenspannung

Oberflächenspannungen (und andere Effekte wie Adhäsionskräfte) bewirken, dass Flüssigkeiten möglichst kleine spezifische Oberflächen ausbilden, im Idealfall Kugeln. Festkörper versuchen, ihre Oberflächenspannung durch das Anziehen von Fremdstoffen abzubauen. Eine unbehandelte Betonoberfläche zieht deshalb Wasser an. Der Kontaktwinkel (Randwinkel) Θ , den das Wasser mit dem Beton und der Luft bildet, ist klein. Anders ausgedrückt, bedeutet dies, dass sich das Wasser auf der Oberfläche ausbreitet. Zudem wird es in die Kapillaren hineingesaugt (Abbildung 1).

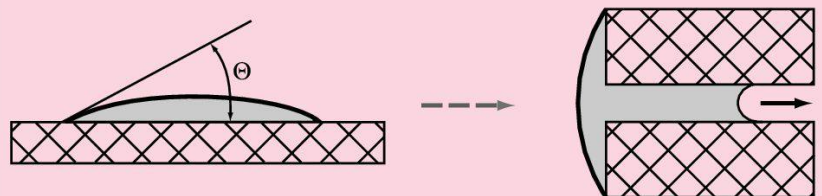


Abb. 1 Wasser breitet sich auf unbehandeltem Beton aus, Kapillarporen saugen es auf (nach [4]).

Die Oberflächenspannung von hydrophobiertem Beton ist im Vergleich zur Oberflächenspannung von nicht hydrophobiertem Beton stark erniedrigt. Hydrophobierter Beton zieht deshalb Wasser weniger stark an. Dadurch vergrössert sich der Kontaktwinkel Θ . Die Folgen: Wasser breitet sich nicht mehr auf der Bauteiloberfläche aus, sondern bildet Tropfen, und die Kapillarkräfte werden aufgehoben (Abbildung 2).

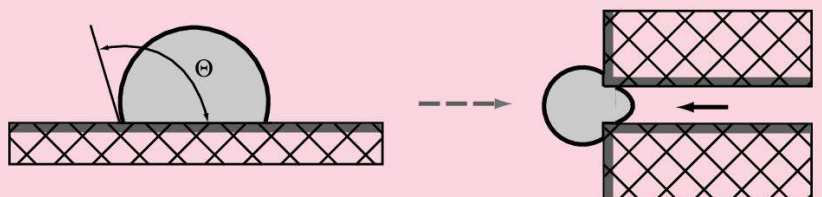


Abb. 2 Wasser breitet sich auf hydrophobiertem Beton nicht aus, und Kapillarporen saugen es nicht auf (nach [4]).

Zeichnungen TFB / ZSD



Vorversuche für die Hydrophobierung einer Betonfahrbahn: Auftragen des Imprägnierungsmittels durch Spritzen bzw. Rollen.

Foto: Tobias Jakob, TFB

Wasser gelöst in den Beton. Deshalb ist rissfreier Beton mit einem wirkungsvollen Schutz vor kapillarer Wasseraufnahme auch weitestgehend gegen Chloridkorrosion geschützt. Nachweisbar stark verbessert wird die Frostbeständigkeit von hydrophobiertem Beton. Bei der Frosttausalzbeständigkeit liegen teilweise widersprüchliche Resultate vor. In einer amerikanischen Studie wurden Bordüren von 37 Brücken in den USA und in Deutschland untersucht. Abgesehen von zwei Ausnahmen in Deutschland wurden keine Unterschiede zwischen hydrophobierten und nicht hydrophobierten Betonen gefunden, und zwar unabhängig davon, ob der unbehandelte Beton einen hohen oder einen niedrigen Frosttausalzbeständigkeit hatte [5]. In Laboruntersuchungen wurde gezeigt, dass einige Hydrophobierungsmittel die Frosttausalzbeständigkeit von unbeständigem Beton stark verbessern, andere dagegen fast wirkungslos sind. Hier scheint es ganz besonders wichtig zu sein, dass die Silikonharze möglichst tief in die Kapillaren eindringen [4, 6].

Weitere Effekte von Hydrophobierungen sind:

- Die Gas- und Wasserdampfdurchlässigkeit wird nur unwesentlich verringert.
- Die hydrophobierten Flächen sind weniger schmutzempfindlich.
- Das optische Erscheinungsbild wird nicht verändert.

Keine positive Wirkung haben Hydrophobierungen auf den Karbonatisierungsfortschritt, der im Vergleich zu nicht hydrophobiertem Beton sogar etwas grösser sein kann [4].

Ein interessanter Nebeneffekt von Hydrophobierungen ist die verbesserte mittlere Wärmedämmung von Aussenwänden. Einerseits leiten luftgefüllte Poren die Wärme wesentlich schlechter als wassergefüllte, andererseits wird weniger Energie für das Verdampfen von eingedrunenem Wasser verbraucht [6, 7].

Hydrophobierungen sind teilweise auch Bestandteil von anderen Oberflächenschutzmassnahmen. Ein Beispiel sind Graffitienschutzsysteme, die im «Cementbulletin» über

Oberflächenreinigung behandelt wurden [8].

Wirkungsdauer

Hydrophobierungen bilden ein komplexes System, zu dem das Imprägnierungsmittel, die Untergrundeigenschaften, die Applikationstechnik und äussere Einwirkungen gehören. Hinzu kommt das Fehlen systematischer Untersuchungen. Es erstaunt deshalb nicht, dass keine zuverlässigen Voraussagen über die Dauerhaftigkeit einer Hydrophobierung gemacht werden können [4]. Ausschlaggebend ist ohnehin die Bewährung in der Praxis. Und hier liegen teils widersprüchliche Angaben vor. So wurde eine bedeutende Abnahme der Wirkung von Hydrophobierungen bei Strassenbauwerken in Zeiträumen von unter 3 bis hin zu 14 Jahren festgestellt [9]. Beton, der durch eine Hydrophobierung nicht mehr ausreichend geschützt wird, kann allerdings erneut hydrophobiert werden.

Wirkungsdauern von über zehn Jahren wurden bei Sichtbetonfassaden gefunden, wenn die Applikation



Hydrophobierung einer Betonfahrbahn.

Foto: Tobias Jakob, TFB

auf mindestens sechs Monate altem Beton erfolgte. Die Wahrscheinlichkeit, dass bei jungen Betonoberflächen lange Wirksamkeiten erreichbar sind, wird als sehr gering erachtet: Der Hydratationsprozess des Zements ist noch nicht abgeschlossen, wodurch ständig neue, von Hydrophobierungsmitteln nicht benetzte Oberflächen gebildet werden können [4].

Hydrophobierungsmittel

Ursprünglich wurden viele verschiedene Substanzen als Hydrophobierungsmittel eingesetzt, beispielsweise Paraffine oder metallische Seifen. Durchgesetzt haben sich aber nur siliziumorganische Verbindungen. Dazu gehören:

- Silane bzw. Trialkoxyalkylsilane
- oligomere Siloxane
- polymere Siloxane
- Silikonharze

Unabhängig vom Ausgangsmaterial entstehen bei Hydrophobierungen immer Silikonharze, die mit dem Betonuntergrund verbunden sind. Die einzelnen Verbindungsklassen unterscheiden sich u.a. durch die Molekülgrösse, die Reaktivität und die Löslichkeit in Wasser und in organischen Lösungsmitteln. Früher wurden teilweise auch Verbindungen eingesetzt, die unter den stark basischen Bedingungen nicht

ausreichend stabil waren und deshalb zu schlechten Resultaten führten.

In der Praxis werden heute meistens Silane (Trialkoxyalkylsilane), oligomere Siloxane oder Gemische der beiden Verbindungsklassen verwendet. Trialkoxyalkylsilane sind die kleinsten Moleküle (Durchmesser $1,0 \times 10^{-6}$ bis $1,5 \times 10^{-6}$ mm). Deshalb ist ihre Beweglichkeit, aber auch ihre Flüchtigkeit am grössten. Etwas voluminöser sind die nicht flüchtigen oligomeren Siloxane (Durchmesser $1,5 \times 10^{-6}$ bis $7,5 \times 10^{-6}$ mm), die mindestens teilweise leicht in die Kapillarporen (Durchmesser 10^{-5} bis 10^{-3} mm) eindringen können [10]. Silikonharze sind bereits derart gross, dass sie die engen Poren nicht mehr richtig auszukleiden vermögen. Lösungsmittelfreie Silane dringen am besten in den Beton ein. Meistens werden aber Lösungen der Hydrophobierungsmittel in Alkoholen (Ethanol, Isopropanol) oder Testbenzin sowie auch wasserbasierte Emulsionen eingesetzt [2, 10].

Vorbereitung von Hydrophobierungen

Es empfiehlt sich immer, Vorversuche an repräsentativen Stellen der zu schützenden Oberfläche durchzuführen. Auf die verschiedenen

Möglichkeiten der Untergrundvorbereitung für Oberflächenschutzmassnahmen wurde bereits im letzten «Cementbulletin» eingegangen [11]. Die Hersteller von Hydrophobierungsmitteln schreiben in der Regel die notwendigen Massnahmen zur Vorbehandlung von Betonoberflächen vor. Meistens wird es sich um eine Bearbeitung durch Hochdruckwasserstrahlen handeln. Das Washwasser darf in keinem Falle waschaktive Substanzen enthalten. Alte Betonoberflächen müssen besonders gründlich gereinigt werden, damit die Eingänge zum Kapillargefüge freigelegt werden. Bei Imprägnierungen unmittelbar nach einer Schlechtwetterperiode (nasser Beton) besteht die Gefahr, dass der Wirkstoff nicht genügend tief eindringt. Vielmehr reichern sich die Silikonharze an der Oberfläche an. Der daraus resultierende ausgeprägte Abperleffekt täuscht eine erfolgreiche Hydrophobierung vor [12]. Organische Lösungsmittel wie Testbenzin oder aliphatische Kohlenwasserstoffe können Fugenverfüllmassen oder Beläge angreifen. Diese müssen deshalb gut geschützt werden. Wenn Produkte in organischen Lösungsmitteln eingesetzt werden, sollten Bäume und die übrige Vegetation abgedeckt werden, nachdem sie vorher mit Was-

ser bespritzt wurden. Handwerker sollten Atemschutzgeräte, Schutzbrillen und chemikalienbeständige Handschuhe tragen. Produkte auf

Wasserbasis erfordern keine Atemschutzgeräte, dennoch ist das Tragen einer Maske ratsam. Im Gebäudeinneren dürfen nur explosionsge-

schützte Geräte verwendet werden. Zudem muss für eine ausreichende Lüftung gesorgt werden [12].

Durchführung von Hydrophobierungen

Beton sollte bei der Hydrophobierung mindestens 28 Tage alt sein, vorzugsweise aber noch älter. Nicht hydrophobiert werden darf bei niedrigen oder sehr hohen Temperaturen sowie bei hoher Luft- bzw. Bauteilfeuchtigkeit. Der Untergrund muss bei Silikonharzen trocken, bei Siloxanen und bei Silanen darf er leicht feucht sein. Auch hier gilt: Herstellerangaben beachten. Im allgemeinen wird empfohlen, Hydrophobierungsmittel flutend aufzutragen. Bewährt haben sich Airless-Pistolen, es werden aber unter anderem auch Baumspritzen eingesetzt [13]. Darüber, ob bei vertikalen Flächen von unten nach oben oder von oben nach unten geflutet werden soll, streiten sich die Fachleute. Wichtig ist, dass soviel Imprägnierungsmittel aufgetragen wird, dass dieses rund 30 bis 50 cm abläuft, bevor es aufgesaugt wird. Die Behandlung horizontaler Flächen in Wannenlage ist ähnlich. Bei Flächen «über Kopf» muss mit grosser handwerklicher Sorgfalt gepinselt oder gespritzt werden [4]. Wenn Hydrophobierungen versa-

Literatur

- [1] Richtlinie SIA 162/5: «Erhaltung von Betontragwerken» (Entwurf April 1997).
- [2] «Richtlinie für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen», Teil 2: «Bauplanung und Bauausführung», herausgegeben vom Deutschen Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb), 69 Seiten (1990).
- [3] *Hermann, K.*, «Schutz von Betonoberflächen (1): Allgemeines», *Cementbulletin* **65** [7/8], 3-11 (1997).
- [4] *Sasse, H.R.*, «Hydrophobierungen» in «Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen unter Verwendung von Kunststoffen – Sachstandsbericht», Deutscher Ausschuss für Stahlbeton **443**, 145–163 (1994).
- [5] *Perenchio, W.F.*, «Durability of concrete treated with silanes», *Concrete International* **10** [11], 34–40 (1988).
- [6] *de Vries, J.*, and *Polder, R.B.*, «Hydrophobic treatment of concrete», *Internationale Zeitschrift für Bauinstandsetzen* **2** [2], 145-160 (1996).
- [7] «Hydrofoberen», *Betoniek* **9** [29], 1–6 (1994).
- [8] *Hermann, K.*, «Reinigung von Betonoberflächen (2)», *Cementbulletin* **65** [6], 3–11 (1997).
- [9] *Haag, C.*, *Gerdas, A.*, und *Wittmann, F.H.*, «Hydrophobierung des Betons – Ökologische und ökonomische Aspekte», *Internationale Zeitschrift für Bauinstandsetzen* **3** [3], 293-314 (1997).
- [10] *McGettigan, E.*, «Silicon-based weatherproofing materials», *Concrete International* **14** [6], 52–56 (1992).
- [11] *Hermann, K.*, «Schutz von Betonoberflächen (2): Untergundvorbereitung», *Cementbulletin* **65** [9], 3-11 (1997).
- [12] *Halvorsen, G.T.*, «Applying penetrating sealers to concrete», *Concrete Construction* **37** [11], 819–823 (1992).
- [13] *Rödter, K.-M.*, «Die Grundlagen der Hydrophobierung mineralischer Baustoffe» in *Weber, H., et al.*, «Fassadenschutz und Bausanierung», Expert Verlag, 4. Auflage, 578 Seiten (1988). (Kontakt und Studium, Bd. 40).
- [14] *Gerdas, A.*, und *Wittmann, F.H.*, «Charakterisierung einer hydrophobierenden Massnahme durch Anwendung der FT-IR-Spektroskopie», *Internationale Zeitschrift für Bauinstandsetzen* **1** [2], 135–152 (1995).
- [15] ZTV-SIB 1990: «Zusätzliche Technische Vorschriften und Richtlinien für Schutz- und Instandsetzung von Betonbauteilen», herausgegeben vom Bundesminister für Verkehr, Abteilung Strassenbau, Bonn (1990).

gen, liegt dies oft daran, dass zu wenig Hydrophobierungsmittel aufgetragen wurde. Hydrophobierungsmittel entfalten ihre Wirkung am besten, wenn sie mindestens zweimal kurz hintereinander nass in nass aufgetragen werden. Da sich der Erfolg einer Hydrophobierung nur mit grossem Aufwand überprüfen lässt, sollte der Verbrauch unbedingt erfasst werden. Poröser Beton ist leichter hydrophobierbar als dichter Beton und erfordert wesentlich mehr Hydrophobierungsmittel. Für normal saugenden Beton müssen etwa $0,2 \text{ kg Wirksubstanz/m}^2$ (Verdünnung berücksichtigen!) eingesetzt werden. Zuverlässigere Aussagen lassen sich allerdings nur nach Vorversuchen an repräsentativen Oberflächen machen.

Baustellenprüfungen

Hydrophobierungsmittel werden durch UV-Strahlung abgebaut. Damit sie ihre volle Wirkung entfalten können, müssen sie deshalb möglichst weit in die Kapillarporen eindringen, wo sie in Tiefen ab etwa $0,2 \text{ mm}$ vor UV-Licht geschützt sind. Der Nachweis der Eindringtiefe eines Hydrophobierungsreagenzes ist recht aufwendig. Zu den eingesetzten Verfahren gehören [14]:

- **Nasseindringtiefe.** Rund 20 bis 30 min nach der Applikation wird eine Stelle etwa 1 cm tief freigelegt. Baustoffbereiche, die mit Hydrophobierungs- bzw. Lösungsmittel getränkt sind, zeichnen sich dunkler ab.
- **Farbstoffverfahren.** Dem Imprägnierungsmittel wird ein Farbstoff beigegeben. An einer Bruchfläche wird die Eindringtiefe des Farbstoffs bestimmt, die mit der Eindringtiefe des Hydrophobierungsmittels gleichgesetzt wird.
- **Imprägnierungstiefe.** 14 Tage nach der Imprägnierung wird eine Stelle freigelegt und mit Wasser besprüht. Die hydrophobe Zone zeichnet sich hell ab.

Ebenfalls verwendet werden *Karsten-Röhrchen*, insbesondere solche mit vergrößerter Saugfläche. Die Wasseraufnahme von hydrophobiertem Beton beträgt $0,02$ bis $0,2 \text{ kg/m}^2(\text{h})^{1/2}$. Im Anhang 5 der ZTV-SIB 1990 wird ein einfaches Gerät beschrieben, das auf dem Stromtransport in elektrolytischen Lösungen basiert [15].

Laborprüfungen

Was für die Baustellenprüfungen gilt, trifft auch für die Laborprüfungen zu: Es gibt kein einfaches Verfahren, mit dem die Dauerhaftigkeit

einer Hydrophobierung nachgewiesen werden kann. Das wichtigste Kriterium bleibt die Bewährung in der Praxis.

Als zuverlässige Laborprüfung wurde vor kurzem die Fourier-Transformations-Infrarotspektroskopie beschrieben, die eine genaue Bestimmung der Eindringtiefe der Komponenten des Hydrophobierungsmittels erlaubt [14]. Einfacher ist es, die kapillare Wasseraufnahme an Scheiben eines Bohrkerns zu bestimmen. Dadurch lässt sich ein Saugprofil erstellen, aus dem sich die Eindringtiefe ableiten lässt [14].

*Tobias Jakob
und Kurt Hermann, TFB*