

Frank Dehn

Reinigung von Betonoberflächen mittels Photokatalyse

36

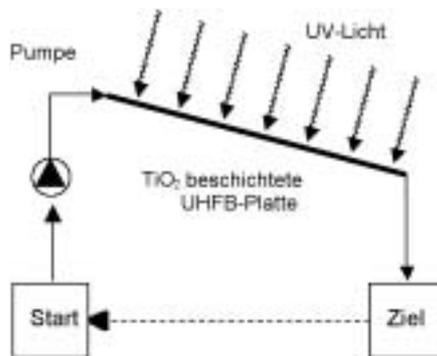
Dr.-Ing. Frank Dehn, Universität Leipzig

Für die Reinigung von Oberflächen unterschiedlichster Bauteile, wie Beton-, Naturstein- oder Glasfassadenelemente, Dachziegel oder Keramikfliesen, werden in der Praxis erhebliche Anstrengungen unternommen. Aus der unterschiedlichen chemischen Natur sich ablagernder Schmutzpartikel sowie der Vielzahl möglicher Schmutzabscheidungsmechanismen resultieren verschiedene Reinigungsprozeduren.

Eine allgemein gültige Lösung für die Oberflächenreinigung kann es somit nicht geben. Dennoch besitzt seit einigen Jahren die Suche nach leicht zu reinigenden bzw. selbstreinigenden Oberflächen höchste Priorität. Ihre Anwendung würde nicht nur zu erheblichen Einsparungen an Arbeitsaufwand und Kosten für Reinigungsmittel führen, sie würde auch die Umwelt entlasten. Für die Entwicklung selbstreinigender Oberflächen ergeben sich zwei prinzipielle Herangehensweisen: die Entwicklung superhydrophober bzw. superhydrophiler Oberflächen.

Grundsätzlich wird die Selbstreinigung wesentlich von der Benetzbarkeit einer Oberfläche und somit von den Wechselwirkungen in der Grenzfläche zwischen der gasförmigen, flüssigen und festen Phase beeinflusst. Der Grad der Benetzbarkeit lässt sich über den Randwinkel α beschreiben. Sehr große Randwinkel werden z.B. bei hydrophoben Oberflächen beobachtet (Lotus-Effekt) [1].

Reinigungsprozeduren unter Ausnutzung kleiner Randwinkel sind seit der Erfindung der Seife bekannt. Zur Möglichkeit, kleine Randwinkel statt durch chemische Zusätze (Tenside) zum Wasser durch Oberflächenmodifizierung zu erzeugen, bildet der seit Mitte der 90er-Jahre untersuchte Einsatz photokatalytisch wirksamer Metalloxide bzw. -sulfide eine sehr interessante und in seinen Anwendungsmöglichkeiten beeindruckende Variante. Bestrahlt man zum Beispiel eine mit dem Metalloxid TiO_2 in einer bestimmten Weise beschichtete



Oberfläche mit UV-Licht, so können sehr kleine Randwinkel ($< 1^\circ$) realisiert werden. Die Werkstoffoberfläche verliert ihre hydrophoben Eigenschaften nahezu vollständig und man spricht von Superhydrophilie. Darüber hinaus führt die UV-Bestrahlung des TiO_2 zur Bildung hochreaktiver Species, die in der Lage sind, sowohl Mikroorganismen abzutöten als auch organische Schadstoffe zu zersetzen. Die Wirksamkeit der TiO_2 -Oberfläche beruht auf ihrer photokatalytischen Aktivität.

Einer der Hauptschwerpunkte auf dem Gebiet der TiO_2 -Photokatalyse ist die solare Entgiftung verunreinigter Grund- und Abwässer. Hier hat sich ein Dünnschicht-Festbettreaktor durchgesetzt, bei dem das kontaminierte Wasser in einem dünnen Film, der ausreichenden Sauerstoffeintrag gewährleisten soll, über eine TiO_2 -beschichtete Platte geleitet wird. Untersuchungen an der Universität Leipzig zeigen, dass hierfür in Abhängigkeit von der Aggressivität

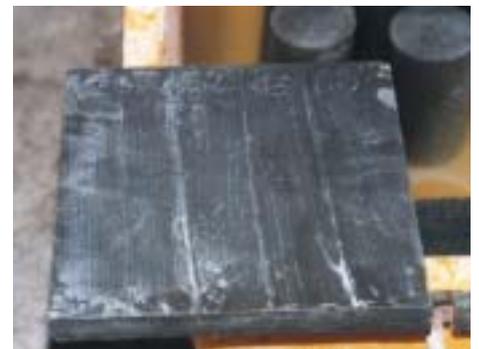


Bild 1: Dünnschicht-Festbettreaktor aus ultrahochfestem Beton (UHFB)

der Abwässer auch zementgebundene Werkstoffe, wie z. B. ultrahochfeste Betone (UHFB), genutzt werden können (Bild 1). Die katalytisch aktive Platte wird UV-Strahlung ausgesetzt, wobei die organischen Schadstoffe mit guten bis sehr guten Abbauraten mineralisiert werden.

Bislang sind kaum Untersuchungen an Betonen bekannt. Diesbezüglich wurden an der Universität Leipzig für Normalbetone, selbstverdichtende Betone und hochfeste Betone Versuche durchgeführt, um die Wechselwirkung des TiO_2 und den zuvor genannten Betonen zu verifizieren.

Die Anwendung TiO_2 -modifizierter Werkstoffe im Außenbereich ist nicht nur von wissenschaftlichem, sondern auch von hohem kommerziellem Interesse, wenngleich man sich hier auf komplexe Wechselbeziehungen und Einflussgrößen einstellen muss. Erste Untersuchungen erstreckten sich deshalb auf die Wechsel-



Bild 2: Bestrahlte Proben aus selbstverdichtendem und hochfestem Beton

wirkungen zwischen ausgewählten photoaktiven Metalloxiden und den oben genannten Betonen. Während sich TiO_2 in starken Säuren unter Bildung von Ti(IV) -Salzen löst, ist es gegenüber einem basischen Milieu, wie es auf einer noch nicht carbonatisierten Betonoberfläche anzutreffen ist, weitgehend inert.

Ein wesentlicher Aspekt ist die Fixierung des TiO_2 auf den Werkstoffen. Ein geeignetes Verfahren sollte folgenden Anforderungen genügen: es sollte die Photoaktivität der katalytisch wirksamen Teilchen nicht vermindern, kostengünstig sein und zu keiner Einschränkung der Festigkeits- und Gebrauchseigenschaften des Betons bzw. Bauteils führen. Darüber hinaus sollte die Fixierung des Photokatalysators gegenüber einer mechanischen Beanspruchung beständig sein und die Optik der Betonoberfläche nicht beeinträchtigen.

In diesem Zusammenhang wurden an der HTWK Leipzig und der Universität Leipzig

Untersuchungen durchgeführt, bei denen die photokatalytisch aktive Substanz dem Beton zugemischt wurde („In-Masse-Verarbeitung“). Das TiO_2 ist gleichmäßig im gesamten Bauteil verteilt, sodass bei einem witterungsbedingten Abtrag der Oberfläche ständig neues Katalysatormaterial zur Verfügung steht. Als photokatalytisch aktive Substanz wurde Titandioxid, bestehend aus ca. 70 % Anatas und 30 % Rutil, verwendet. Das Titandioxid wurde bei allen untersuchten Betonen In-Masse als Pigment zugegeben. Die dosierte Menge betrug 6 M.-% vom Zementgewicht und wurde mittels rheologischer und photokatalytischer Vorversuche am Bindemittelleim bestimmt. Für die Bestimmung der photokatalytischen Aktivität wurde eine Bestrahlungsapparatur mit Quecksilberdampflampe und Steilkantenfilter verwendet.

Bild 2 zeigt für selbstverdichtenden und hochfesten Beton die mit einem Modell-schadstoff beaufschlagten Probekörper. Deutlich ist der durch die Photokatalyse ausgebleichte Bereich erkennbar.

Gegenwärtig laufende Untersuchungen zeigen, dass TiO_2 (Anatas)-Pigmente in Kontakt mit dem stark basischen Milieu von Beton ihre photokatalytische Aktivität nicht verlieren. In-Masse verarbeitet sind die TiO_2 -Teilchen in der Lage, in Gegenwart von Licht und Luftsauerstoff Farbstoffe als Modellverbindungen für organische Schadstoffe photokatalytisch abzubauen [2]. Als nächster Schritt muss sich die Untersuchung der Wirksamkeit der

TiO_2 -modifizierten Betone hinsichtlich der photokatalytischen Zersetzung „echter“ Luftschadstoffe, wie Aromate und Aldehyde sowie biologischer Besiedlungen anschließen. Auch sind weitere Untersuchungen, die sich mit photokatalytisch modifizierten Zementen und deren Wirkungsweisen sowie den zugehörigen Abhängigkeiten beschäftigen, geplant [3].

Um der wachsenden Bedeutung der photokatalytischen Oberflächenreinigung gerecht zu werden, wurde innerhalb von RILEM [4] eine Arbeitsgruppe ins Leben gerufen, die sich mit der Verwendung von Titandioxid für Konstruktionswerkstoffe beschäftigt (TC TDP). Erste baupraktische Erfahrungen mit photokatalytisch modifizierten Werkstoffen sind insbesondere aus Japan und den USA bekannt, jedoch wurden auch in Italien Erkenntnisse beim Bau der Kirche „Dives in Misericordia“ in Rom gewonnen. Hierfür wurden mit einem TiO_2 -Zement weiße, selbstreinigende Betonfertigteile hergestellt (Bild 3).

Literatur

- [1] Fürstner, R.; Neinhuis, C.; Barthlott, W.: Der Lotus-Effekt: Selbstreinigung mikrostrukturierter Oberflächen, Nachr. Chem. Tech. Lab. 48 (2000), S. 24–28 und dort zitierte Lit.
- [2] Benedix, R.; Dehn, F.: Anwendung photokatalytisch aktiver Metalloxide zur Entwicklung schadstoffzersetzer und/oder selbstreinigender Betonoberflächen, beton (2003) (in Vorbereitung)
- [3] Lackhoff, M.; Prieto, X.; Nestle, N.; Dehn, F.; Niessner, R.: Photocatalytic activity of semiconductor modified cement – influence of semiconductor type and cement ageing, Applied Catalysis B: Environmental (2002)
- [4] <http://www.rilem.org>

Bild 3: „Dives in Misericordia“ - Kirche, Rom

