



Fotos 1 und 7: ASHFORD

Abb. 1: Staubfester Betonboden beim Pharma-Großhandelsunternehmen FIEBIG im Zentrallager für Süddeutschland.

Bei der Industriebodenplanung wird sorgfältige Auswahl des richtigen Mittels belohnt

## Wirksame Betonboden-Veredelung nach den Regeln der Natur

Bauplaner sollen oft Wunder vollbringen: das zu spät bewilligte Projekt mit begrenztem Etat im Eiltempo termingerecht vollenden – selbstverständlich in nachhaltiger Qualität. Die „Wunder“ beginnen beim Industrieboden. Er gehört zu den anspruchsvollsten Bauteilen im Industrie, Gewerbe, Kultur- oder Sportobjekt, da er sowohl in der Bau- als auch in der Nut-

zungsphase unberechenbaren Belastungen ausgesetzt ist. Planungs- und Ausführungsfehler führen zu enormen Zusatzkosten oder können vor Gericht enden. Projektanten sind gut beraten, Arbeitsabläufe zu organisieren, bei denen die „Risikofaktoren“ Mensch, Material und Baustellenbedingungen möglichst wenig Einfluss auf das Ergebnis haben.

hingegen, vor allem in den USA, hat man sich bei Industrieböden auf die Verbesserung der Betoneigenschaften durch gesteuerte silikatische Reaktionen konzentriert. Diese sogenannte *chemische Betonverdichtung* wird seit Mitte der 90er Jahr auch in Deutschland praktiziert. Als Ashford Formula® kehrte sie seinerzeit an ihre Wurzeln zurück: Ein deutscher Wissenschaftler hatte die Oberflächenvergütung von Beton auf silikatischer Basis vor rund sechs Jahrzehnten entwickelt. Mittlerweile wurden auf diese Weise weltweit mehr als 2 Mrd. m<sup>2</sup> Betonfläche veredelt.

Das Bauinstitut Dessau des TÜV NORD hat die *chemische Betonverdichtung* auf ihre Tauglichkeit untersucht. Im folgenden Beitrag beschreibt Dipl.-Ing. Frank Rysarski die Unterschiede der auf dem Markt befindlichen Stoffsysteme für Oberflächenveredelungen und kommt zu Schlussfolgerungen für die planerische Praxis.

allerdings war seit Mitte der 60er Jahre in Deutschland ein eher gegenläufiger Trend zu beobachten. Betonflächen werden mit artfremden Stoffen imprägniert, versiegelt oder beschichtet. Dabei gibt es Risiken zuhauf: Mischfehler, Baukörper und Taupunkttemperaturen. Nichteinhaltung der Überarbeitungszeiten, fehlender Verbund, Hohllagen, Abplatzungen, Schichtenbildung, mangelnde Haftzugwerte, Restfeuchte, rückwärtige Durchfeuchtung, Blasenbildung... Im Ausland



Dipl.-Ing.  
Frank Rykarski

Jg. 1969; 1990 -95 Studium an der Hochschule für Architektur und Bauwesen Weimar, Studiengang Baustoffingenieurwesen; Niederlassungsleiter des Bauinstituts Dessau des TÜV NORD.  
rykarski@tuevnordmpa.de;  
www.tuev-nord-mpa.de

## Silikat oder Silikonat? – Der feine Unterschied

In der Baupraxis und Industriefußbodenveredelung werden die Begriffe in Verbindung mit dem chemischen Element Silizium wie Verkieselung, Wasserglas, Silikat, Silikonat, Silikon, Silan, Siloxan und Siliconharz sehr oft oberflächlich und meist ohne genaue stoffspezifische Kenntnisse verwendet und publiziert. Dies gilt speziell für den Bereich der Oberflächenveredelung von Fußböden aus Beton und Zementestrich sowie für den Bereich der Bauwerksabdichtung bzw. des Feuchteschutzes. Trotz vergleichbarer Applikation und Anwendung der unterschiedlichen Wirkstoffe beeinflussen die jeweiligen Eigenschaften je nach Anwendungsfall die Qualität und Dauerhaftigkeit maßgeblich.

Zu unterscheiden sind prinzipiell zwei Hauptgruppen:

### a) Siliziumorganische Verbindungen

(z.B. Silikonate, Silikone, Silane, Siloxane und Siliconharze)

Die Primäreigenschaft der siliziumorganischen Verbindungen ist unter Berücksichtigung baustofftechnischer Aspekte die wasserabweisende bzw. hydrophobierende Wirkung.

Siliziumorganische Verbindungen sind makromolekulare Gerüste aus Silizium und Sauerstoff, die den natürlich vorkommenden Silikaten ähneln. Silizium und Sauerstoff sind abwechselnd verknüpft, wobei das Silizium zusätzlich einen organischen Rest trägt. Die Eigenschaften werden durch die Kettenlänge und den organischen Rest bestimmt.

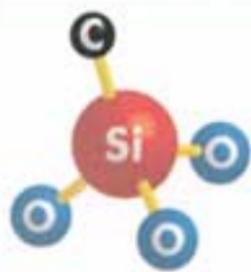


Abb. 2: Silikonat-Molekül.

Tabelle: Bei der Auswahl eines Oberflächenveredelungssystems sind die unterschiedlichen Wirkprinzipien und die Dauerhaftigkeit je nach Beanspruchung zu berücksichtigen.

SILIZIUMORGANISCHE VERBINDUNGEN	ALKALISILIKATE
Die siliziumorganische Verbindung soll das Benetzungsverhalten und die kapillare Saugkraft der behandelten Oberfläche verändern, so dass die Wasseraufnahme und der Kapillartransport unterbunden wird (Hydrophobierung). Eine Oberflächenverfestigung erfolgt nicht.	Durch das sich bildende kristalline Kieselgel (Silikat) erfolgt eine Verfestigung und Verdichtung der behandelten Oberfläche, so dass neben der verringerten Wasseraufnahme eine Festigkeitssteigerung zu verzeichnen ist.
Die Dauerhaftigkeit ist in Abhängigkeit von der Nutzung und der chemischen Beanspruchungen der Böden eingeschränkt gewährleistet.	Säurebeständigkeit und gute Resistenz gegenüber Witterungseinflüssen ergeben eine gute Dauerhaftigkeit.

### b) Mineralische Silikate

Das sind die Salze der Kieselsäure, die sich mineralisch aus mehr oder weniger verknüpften Silizium-Sauerstoff-Tetraedern aufbauen. Ihre baustofftechnische Bedeutung bei der Oberflächenveredelung besteht in der Verdichtung und Verfestigung des Gefüges. Die Silikate sind überwiegend kristalline Verbindungen mit bestimmten strukturellen Gesetzmäßigkeiten. Der Grundbaustein ist der Silizium-Sauerstoff-Tetraeder, in dem ein zentrales Silizium-Atom von vier Sauerstoff-Atomen an den Ecken des Tetraeders umgeben ist.

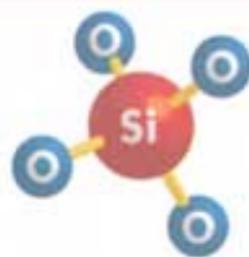


Abb. 3: Silikat-Molekül.

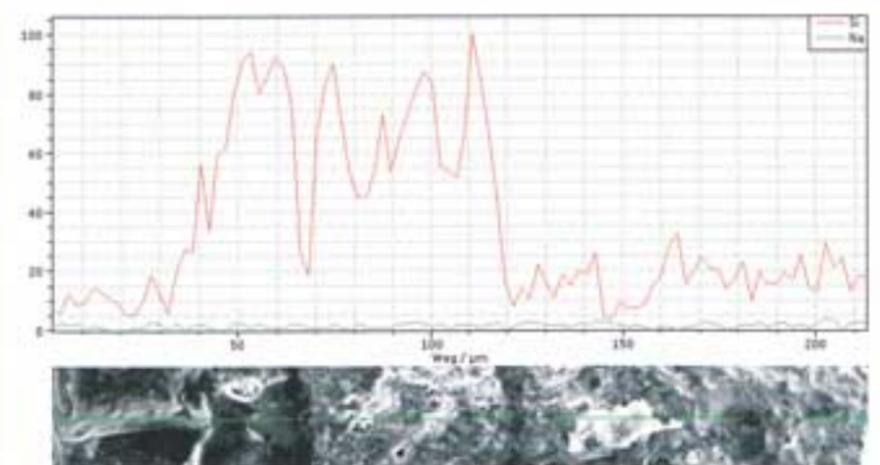
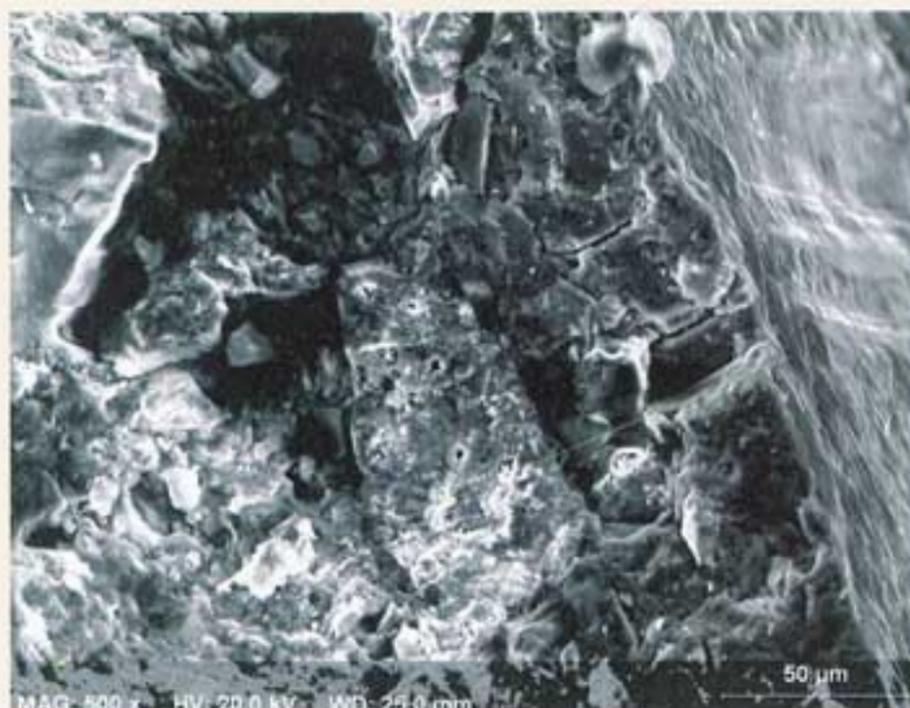
Neben der Untergliederung nach der Verteilung der Silikate in einem Material (fein/grob) ist ihr Klassifikationsmerkmal der Aufbau der jeweils zugrunde zu legenden Silizium-Sauerstoff-Tetraeder-Gruppe. Die Silizium-Sauerstoff-Tetraeder können gemeinsame Sauerstoff-Atome besitzen und somit komplexe Strukturen und Kombinationen bilden. Schematisch ergeben sich Ring-, Ketten-, Schicht- und Gerüstsilikate.

Für die baustofftechnische Oberflächenveredelung haben lediglich die löslichen Silikate mit einem einfach geladenen Kation Bedeutung (Kalium, Natrium und Lithium). Durch den Zusatz von siliziumorganischen Verbindungen oder Kunststoffdispersionen können die Eigenschaften der mineralischen Silikate beeinflusst werden.

## Was ist eine Industrieboden-Veredelung?

Nehmen wir nun die Oberflächenveredelung von Industrieböden – speziell unter Verwendung von Alkalisilikat bzw. Wasserglas – näher unter die Lupe: Eine Veredelung ist prinzipiell immer auf einer bereits funktionierenden Oberfläche ausführbar (Abb. 4 und 5). Ziel ist es, ohne weiteren Schichtenaufbau die fertige Oberfläche gezielt zu verbessern. Die Nutzfläche bleibt der bereits vor der Applikation des Veredelungssystems hergestellte Fußboden.

Baustofftechnisch gesehen ist es nicht erforderlich, fachgerecht ausgeführte Betonböden und Zementestriche mit einem deckenden Beschichtungssystem zu versehen. Geeignete Herstellungsverfahren und die entsprechende Sorgfalt bei der Oberflächengestaltung ermöglichen die Fertigung optisch ansprechender und widerstandsfähiger Fuß-



◀ Abb. 4: Elektronenstrahlmikroskopische Aufnahme einer Betonoberfläche (Bruchkante, Oberfläche und oberflächennaher Bereich, Oberseite rechts); Pfeil zeigt Richtung des Linescans der EDX-Analyse.

▲ Abb. 5: Gehalt an Silizium und Natrium im Linescan von der Oberfläche in die Tiefe der Probe, Silikatanreicherung im oberflächennahen Bereich.

böden. Durch eine Oberflächenveredelung können die positiven Eigenschaften des mineralischen Baustoffes Zement allerdings weiter verbessert werden.

Bei der Beurteilung der Oberflächentechnologie sind Wirkungsprinzip und Wirksamkeitsdauer von entscheidender Bedeutung

### Verdichtung des Betongefüges

Pure Wassergläser sind erstarrte Gemische aus verschiedenen Natrium- und/oder Kaliumsilikaten. Der Wirkstoffgehalt an Alkalilikat beträgt in handelsüblichen Produkten ca. 30 %. Die Erhärtung und Verfestigung erfolgt nicht wie bei Zement hydraulisch sondern hydratisch und durch Neutralisation. Das Alkali-Hydroxid dissoziiert, die Lösungen sind deshalb stark alkalisch. Die Änderung des Gleichgewichtes in der Lösung führt zur Bildung von Kieselsäure, zu deren verstärkter Kondensation bis hin zur hochmolekularen Metakieselsäure und abschließenden/verfestigenden Kieselgelbildung (vernetzte Polykieselsäure). Die Kieselgelbildung kann durch Akzeleratoren beschleunigt werden. Die Vorgänge sind komplex und vielgestaltig und können nur bedingt in einem umfassenden Stoffsystem einheitlich beschrieben werden.

Besondere Bedeutung hat das Mengenverhältnis von Kieselsäure und Alkalioxid (Kalium, Natrium und Lithium). Natriumwasserglas besitzt im Vergleich zu Kaliumwasserglas eine deutlich höhere Verfestigung. Die Verfestigung bei Kaliumwasserglas ist bereits nach wenigen Tagen abgeschlossen. Die Verfestigung durch Natriumwasserglas läuft langsamer ab und führt zu komplexeren Phasenbildungen mit besserer Festigkeit und damit höherer Dauerhaftigkeit. Das im Beton befindliche Kalziumhydroxid kann vom Natriumsilikat zur weiteren Kristallphasenbildung angestoßen werden. In den Poren und Kapillaren können sich neben dem Kieselgel neue Kalziumsilikathydratphasen bilden, die das Gefüge weiter verdichten und verfestigen (Abb. 8). Geht man davon aus, dass eine gezielte Produktzusammensetzung eines Wasserglases neben der reinen Kieselgelbildung eine zusätzliche Kalziumsilikathydratphasenbildung bewirkt, ergibt sich dadurch



Abb. 6 und 7: Mit modifiziertem Natriumsilikat veredelter Beton. Die Oberfläche ist geschlossen, verfestigt und staubfrei.

ein noch größerer Erfolg der Oberflächenveredelung.

### Natriumsilikat als Favorit

Mineralische Systeme zur Veredelung von Betonoberflächen entsprechen der „Natur“ des Baustoffs und haben damit eine gute Wirksamkeit und Dauerhaftigkeit. Es ist darauf zu achten, dass das Einbringen des Betons oder des Estrichs und das Herstellen der fertigen Oberfläche mit angemessener Sorgfalt stattfindet. Nachträgliche Oberflächenverbesserungsmaßnahmen durch ein deckendes Beschichtungssystem (z.B. Kunstharzbeschichtung) führen immer wieder zu Schäden und umfangreichen Sanierungsmaßnahmen. Warum also eine fertige mineralische Fußbodenoberfläche zusätzlich mit einem anfälligen deckenden Beschichtungssystem versehen? Das ist unnötig. Sowohl unter bautechnischem als auch unter wirtschaftlichem Aspekt ist die Oberflächenveredelung mit ei-

nem Natriumsilikat zu favorisieren (Abb. 6 und 7).

### Wichtig für die Praxis

Oberflächenveredelung oder chemische Betonverdichtung bedeutet jedoch mehr, als Wasserglas auf die Oberfläche aufzubringen. Bei der Auswahl des richtigen Mittels sollte sich der Planer eingehend nach dem Hersteller und den vorliegenden Langzeit-Referenzen erkundigen. Für international bewährte Beton-Verdichtungsmittel liegen mittlerweile Erfahrungswerte aus mehr als 50 Jahren vor.

Zu berücksichtigen sind Untersuchungsergebnisse autorisierter Prüfinstitute zum Fremd- bzw. Schadstoffgehalt. Einige handelsübliche Silikate zur Betonverdichtung weisen einen bedenklichen Gehalt an Schwermetallen auf. Die angemessene Sorgfalt bei der Auswahl wird letztendlich mit langlebigen, robusten und umweltfreundlichen Böden belohnt.

Abb. 8: Elektronenstrahlmikroskopische Aufnahmen von Betonboden-Oberflächen: links unbehandelt, Mitte und rechts behandelt (links und Mitte 1.500-fach vergrößert, rechts 4.000-fach vergrößert).

