

FEATURE-DIENST

Nummer 8, Dezember 2009

Beton im Bauch des Bergs: Spezialsilane schützen die Tunneldecke des Gotthard-Tunnels

So wichtig auch Wasser bei der Herstellung von Beton ist: Salzwasser im Stahlbeton ist eine gefährliche Mischung. Wenn Wasser im Winter das Tausalz von den Straßen tief in die Poren von Brückenpfeilern, Tunneldecken und -wänden transportiert, droht Gefahr: Die Chloride greifen den Stahl im Beton an. Die Schäden durch die Korrosion können ernste Folgen haben: bröckelnder Beton, Unfälle, teure und langwierige Sanierungen mit Verkehrsstaus. Materialexperten von WACKER haben wasserabweisende Spezialsilane entwickelt, die über viele Jahre hinweg das gefährliche Eindringen von Salzen in Beton verhindern. Auf diese Weise werden heute bereits Autobahnbrücken in Bayern erfolgreich geschützt. Kürzlich wurde nun auch die Decke im Gotthard-Straßentunnel in der Schweiz mit dem Wirkstoff behandelt.

Verkehrsschlagader durch die Alpen

Das Bergpanorama der Alpen mag für Skifahrer ein traumhafter Anblick sein, für den Straßenverkehr ist es ein echtes Hindernis. Allein über die vier großen Alpenübergänge der Schweiz querten in 2008 rund 1,27 Millionen Lastwagen das Gebirge. Der stetig wachsende Verkehrsstrom fließt aber auch unterirdisch: mehr als 50 Straßentunnel durchziehen die Schweizer Alpen. Wenn eine dieser viel befahrenen Röhren wie der Gotthard-Straßentunnel gesperrt ist, kommt das dem Blutstau in einer Arterie gleich – mit fast ähnlich schwerwiegenden Konsequenzen: Der Schlagader droht ein gefährlicher Infarkt.

Der Gotthard-Straßentunnel ist das Herzstück der kürzesten Autoverbindung zwischen der Nordsee und Süditalien. Und der Fluss von Autos, Bussen und Lastwagen unter dem sagenumwobenen Massiv aus Gneis und Granit reißt selten ab. Seit 1980 rollen Fahrzeuge durch den 16,9 Kilometer langen Tunnel. Sie schaffen Urlauber, Autoteile und Elektrogeräte von Nord nach Süd. Oder transportieren Tomaten, Maschinen und Textilien aus Italien nach Deutschland, Holland oder Dänemark. Pro Jahr fahren allein 750.000 Lkw durch die jeweils einspurige Röhre im Bauch des Gotthard-Massivs.

Eine schleichende Gefahr: Salz im Stahlbeton

Im Winter tragen diese Fahrzeuge eine zusätzliche Fracht in den Tunnel: Salzwasser. Die von Millionen Reifen aufgewirbelte Tauwasser-Gischt von der nassen Fahrbahn schlägt sich an Decke und Wand des Tunnels nieder. Die Salzsicht zieht weiteres Wasser an, und durch die ständige Nässe dringt das Salz langsam in den Beton. Im Lauf der Jahre wandern die Chloride wegen der werkstoffbedingten Porosität des Betons immer weiter ins Innere. Hat die salzbeladene Feuchtigkeit erst einmal die Stäbe aus Stahl – die sogenannten Armierungseisen – im Betoninnern erreicht, setzt ein gefährlicher Korrosionsprozess ein.

Eigentlich ist der Stahl im Beton durch dessen hohen pH-Wert geschützt. Aber durch die Chloride aus dem Streusalz sinkt der pH-Wert und hebt so den Korrosionsschutz auf – mit schwerwiegenden Konsequenzen: Die Korrosionsprodukte brauchen mehr Platz als der Stahl und sprengen deshalb Teile des Betons ab. Das kann schwerwiegende Folgen haben: „Die Unfallgefahr

Imprägnierung hilft gegen Korrosion

ist beträchtlich, wenn bei einer Geschwindigkeit von 80 km/h plötzlich Betonteile von der Decke fallen“, erklärt Ralph Minery, bei WACKER in der Schweiz Salesmanager im Business Team Construction Chemicals.

Seit 2002 beobachtet deshalb eine spezielle „Arbeitsgruppe Zwischendecke“ am Schweizerischen Bundesamt für Straßen (ASTRA) den baulichen Zustand des Gotthard-Straßentunnels und initiiert Instandsetzungs-Maßnahmen. In einer ersten Phase der Instandsetzung der Zwischendecke in den Portalbereichen wurden 2006 die ersten 250 Meter des Tunnelleingangs mit einer Hydrophobierung geschützt. Der Beton wurde also mit einem Wirkstoff imprägniert, der die Poren zwar belegt und sie wasserabweisend macht, dabei aber die Diffusionsfähigkeit des Betons erhält. Dieser bleibt also atmungsaktiv.

Die Ergebnisse der messtechnischen Untersuchungen und des Online-Monitorings der Korrosionsströme zeigten: Die Korrosion lässt sich durch solche Maßnahmen deutlich abmildern. Deshalb sollten weitere 750 Meter Tunnel hydrophobiert werden. Die Betonkonstruktion ist zwar durch eine aufwändige Beschichtung geschützt, die Decke der Tunnelröhre zeigte jedoch Sanierungsbedarf.

Solche Bau- bzw. Sanierungsarbeiten sind wegen der umfangreichen Vorbereitung und der erforderlichen Sicherungsmaßnahmen sehr aufwändig und bei laufendem Tunnelbetrieb kaum durchzuführen. Das gilt erst recht für den viel befahrenen Gotthard-Tunnel, der aus verkehrstechnischen Gründen jeweils nur

**Silanwirkstoffe
sorgen für effektiven
Schutz**

kurzzeitig gesperrt werden kann. Weitergehende Maßnahmen wie beispielsweise eine Epoxid-Beschichtungen lassen sich in so kurzer Zeit kaum durchführen.

Deshalb entschieden sich die Betreiber für die so genannte Tiefenhydrophobierung: In einer einzigen Nacht wurden über 7.000 Quadratmeter Deckenfläche mit einer Silanimprägnierung behandelt. Diese schützt den Deckenbeton vor eindringendem Salzwasser. „Hochalkylierte Silane wie SILRES® BS Creme C haben sich für solche Arbeiten als die optimale Produktklasse erwiesen“, erklärt der WACKER-Materialexperte Dr. Johannes Ihringer. „Im Gegensatz zu herkömmlichen flüssigen Produkten kann eine solche Creme in einem Arbeitsgang in der gewünschten Schichtdicke appliziert werden. Je nach Porosität dringt der Wirkstoff innerhalb kurzer Zeit in den Untergrund ein.“ Das war ein entscheidendes Argument für den Einsatz des WACKER-Rohstoffs im Gotthard-Tunnel. Denn es ging ja vor allem um Zeit.

**Start für „Operation
Gotthard“**

Alle Signale auf Rot: Sekundengenau um 20 Uhr am 21. September 2009 ist die Durchfahrt gesperrt. Die Arbeiten starten gleichzeitig am Nord- und Südportal des Tunnels. Bis 4.30 Uhr haben die Männer auf beiden Seiten des Tunnels jetzt Zeit, für ihre Arbeiten. Dann muss der Verkehr wieder rollen.

Mit der Präzision des berühmten Schweizer Uhrwerks setzen sich die Sanierungs-Kolonnen in Bewegung: Mit dem letzten LKW beginnen am Südportal rund zwei Dutzend Männer in weißen Kitteln und Warnwesten ihre Operation „Gotthard“. Die Maler und Betonsanierungsspezialisten decken die komplette Fahrbahn

**Schweizer Präzisions-
arbeit**

mit Folie ab. Eigens dazu hat Malermeister Arnold Wyssen für die Südseite einen speziellen Folien-Abrollapparat konstruieren lassen: „Wir müssen innerhalb von drei Stunden 7.000 Quadratmeter Straßenfläche abdecken.“ Anschließend soll der Spritzroboter der Firma Novaplica das Hydrophobierungsmittel auf die Tunneldecke auftragen. „Der Sprühnebel mit dem Silanwirkstoff darf sich nicht auf dem Straßenbelag niederschlagen. Das würde sonst wie Schmierseife wirken und hätte gravierende Folgen für den Verkehr“, erklärt Ralph Minery, der die Arbeiten die ganze Nacht über verfolgt.

**Wettlauf gegen
die Zeit**

Nachdem alles abgedeckt ist, kann der Hightech-Spritzapparat seine Arbeit beginnen: Zwei Mal fährt der Spritzroboter die 750 Meter der Tunnelröhre ab und bringt dabei aus seinen zwölf Düsen rund 500 Gramm Material pro Quadratmeter an die Decke. Nach etwa fünf Stunden und viel Gezische ist die Arbeit erledigt: Rund dreieinhalb Tonnen Material haben die Arbeiter von Novaplica versprüht. Die Tunnelbelüftung läuft auf vollen Touren bis die Decke abgetrocknet ist und keine Tropfen mehr herunter fallen können. Dann räumen die Arbeiter in Windeseile die Folie von der Fahrbahn und säubern die Baustelle. Um 4.04 Uhr verlässt der Bautrupps den Tunnel – 25 Minuten früher als geplant.

Pünktlich um 5 Uhr schalten die Signale auf Grün: Die Lkw-Karawane rollt wieder durch den Bauch des Bergs. „Es war ein gewagtes Unterfangen und alle wussten, wir müssen Vollgas geben. In so einer kurzen Zeit, ein solches Projekt zu realisieren, war ein Novum“, sagt Paolo Gattulli, Niederlassungsleiter von SikaLavori im schweizerischen Cadenazzo. Das Unternehmen

**Erprobter Schutz für
Betonbauwerke****Hocheffektiv, dank
pastöser Konsistenz**

war vom ASTRA mit den Arbeiten am Südportal beauftragt worden und setzt schon seit vielen Jahren auf die Silanwirkstoffe von WACKER.

Vor der eigentlichen Hydrophobierung hatten die Experten von SikaLavori die Decke mit einem Hochdruck-Wasserstrahl sauber gewaschen und von Hand nach Fehlstellen abgeklopft. Diese wurden reprofiliert und anschließend mit speziellem Mörtel ausgebessert. Dann erst konnte das Unternehmen mit der Tiefenhydrophobierung starten. Und alle wussten worum es ging: Eine Verzögerung über diese eine Nacht hinaus, hätte Mehrkosten in Höhe von mehreren 10.000 Franken bedeuten können.

Auf der Nordseite war die Firma Mapei zuständig für die Hydrophobierung. Auch deren Schweizer Verkaufsleiter, Martin Schneider, setzte dafür auf die SILRES[®] BS Creme C: „Aufgrund der pastösen Konsistenz lässt sich mehr Menge pro Quadratmeter aufbringen. Die Creme bleibt besser auf der Oberfläche hängen, und es kann mehr Material in den Beton eindringen.“

Die Arbeiten in einem solch engen Zeitfenster auszuführen, sei ohnehin „mit anderen Materialien nicht zu schaffen gewesen“, so Schneider, der bereits über 20 Jahre in der Bauchemie tätig ist und seit etwa 15 Jahren mit Minery zusammenarbeitet. „Die aufgetragene Silancreme besitzt eine lange Kontaktzeit und ist so konzipiert, dass der Wirkstoff möglichst tief in den Beton eindringt. Auf diese Weise schützt sie optimal gegen Wasseraufnahme und Tausalzschäden“, erklärt Minery. Wie tief genau die Hydrophobierung in den Beton eingedrungen ist, prüfen der-

**Hydrophobierung spart
Kosten, Energie und
Ressourcen**

zeit noch die Materialspezialisten anhand von Bohrkernen, die nach den Arbeiten im Tunnel gezogen wurden.

„Ziel der Tiefenhydrophobierung mit unseren Silanwirkstoffen ist es, dass sie bis zu einer Tiefe von etwa sechs Millimeter vordringen, die Poren des Betons wasserabweisend auskleiden und das salzhaltige Wasser draußen halten“, erklärt Dr. Johannes Ihringer. Die hohe Viskosität der WACKER-Silanwirkstoffe sorgt dafür, dass sie vom Spritzwasser nicht wieder abgewaschen werden und einen langdauernden Schutz bewirken. „Die herkömmliche Sanierung von Betonbauwerken wie Tunnel, aber auch Brücken ist bis zu zehnmal teurer als die hydrophobierende Imprägnierung als Präventivmaßnahme. Mit dieser innovativen Technologie ist es möglich, Instandsetzungen und damit hohe Kosten-, Energie- und Ressourcenbelastungen zu vermeiden“, so Ihringer.

Bauexperte Gattulli von SikaLavori erwartet deshalb künftig auch weitere Aufträge zur Tiefenhydrophobierung – Tunnels gibt es ja genug im Land der Eidgenossen. „Salzwasser bleibt ein ewiger Feind des Stahlbetons. Ihn gilt es dauerhaft zu schützen“, erklärt Gattulli. Diese Aufgabe übernehmen Spezialsilane von WACKER auf Autobahnbrücken ebenso erfolgreich wie im Tunnel.

Hintergrundinformation zu den Silanen von WACKER**Effektiver Schutz gegen Feuchtigkeit**

Siliciumorganische Verbindungen (Silane) haben sich als Hydrophobierungsmittel seit langem durchgesetzt. Sie zeichnen sich durch eine hervorragende wasserabweisende Wirkung aus, ohne die Wasserdampfdurchlässigkeit des Betons in nennenswerter Weise zu beeinträchtigen. Auf dem Beton bilden sie extrem stabile kovalente Bindungen mit der silicatischen Matrix der Poren- und Kapillarwandung. Die farblose, nicht filmbildende Behandlung der Bausubstanz mit Silanen verhindert, dass Wasser und darin gelöste Schadstoffe wie zum Beispiel Salze über die Kapillaren in den Baustoff gelangen. Silane besitzen eine ausgezeichnete Haltbarkeit und sind gegen äußere Einflüsse wie UV-Strahlung, thermische Belastung und aggressive Stoffe und Mikroben äußerst resistent.



Wettlauf gegen die Uhr: Ende September wurde die Decke des Gotthard-Tunnels mit SILRES® BS Creme C von WACKER imprägniert. Die Behandlung schützt den Tunnel dauerhaft gegen Feuchtigkeit und Salz. (Foto: Wacker Chemie AG)



Vollsperrung: Die Decke des Gotthard-Tunnels wurde Ende September zum Schutz gegen Feuchtigkeit und Salzeintrag mit einer speziellen Silancreme des Münchner Chemiekonzerns WACKER imprägniert. (Foto: Wacker Chemie AG)



Sanierungsarbeiten im Gotthard-Tunnel: Fachkräfte applizierten die Silan-Imprägnierung mittels Druckluft. (Foto: Wacker Chemie AG)

Hinweis:

Diese Fotos können Sie im Internet unter folgender Adresse abrufen:

<http://www.wacker.com/presseinformationen>

Die Inhalte dieses Features sprechen Frauen und Männer gleichermaßen an. Zur besseren Lesbarkeit wird nur die männliche Sprachform (z.B. Kunde, Mitarbeiter) verwendet.

Weitere Informationen erhalten Sie von:

Wacker Chemie AG
Presse und Information
Florian Degenhart
Tel. +49 89 6279-1601
Fax +49 89 6279-2877
florian.degenhart@wacker.com

Unternehmenskurzprofil:

WACKER ist ein global operierender Chemiekonzern mit rund 15 900 Beschäftigten und einem Jahresumsatz von rund 4,3 Mrd. € (2008). WACKER verfügt über 27 Produktionsstätten und mehr als 100 Vertriebsgesellschaften weltweit.

WACKER SILICONES

Siliconöle, -emulsionen, -kautschuk und -harze, Silane, Pyrogene Kieselsäuren, Thermoplastische Siliconelastomere

WACKER POLYMERS

Polyvinylacetat und Vinylacetat-Copolymere in Form von Dispersionspulvern, Dispersionen und Festharzen als Bindemittel für bauchemische Produkte, Farben, Klebstoffe, Lacke, Putze und Vliesstoffe

WACKER FINE CHEMICALS

Feinchemikalien, PVAc-Festharze, Biologics und weitere biotechnologische Produkte, wie Cyclodextrine und Cystein

WACKER POLYSILICON

Polysilicium für die Halbleiter- und Photovoltaikindustrie

Siltronic

Reinstsiliciumwafer und -einkristalle für Halbleiter-Bauelemente