

# Lösender Angriff auf Beton

TEXT | Christian Dillig, Martin Peyerl, Stefan Krispel, Alfred Hüingsberg

BILDER | © Smart Minerals GmbH, ÖBB-Infrastruktur AG

Betonbauteile sind während ihrer Lebensdauer unterschiedlichen Angriffsmedien ausgesetzt. Bei lösendem Angriff dringen schädliche mineralisaure Wässer oder Säuren in das Betongefüge ein, reagieren mit den Bestandteilen des Betons und lösen diese aus der festen Betonstruktur heraus. Um die Widerstandsfähigkeit von Betonbauteilen gegenüber lösenden Angriffen zu erhöhen, wird bei der Herstellung des Betons grundsätzlich auf drei Aspekte geachtet. Zunächst werden Ausgangsstoffe ausgewählt, welche möglichst wenig lösliche Anteile beinhalten. Durch Herabsetzung des Wasserbindemittelwertes (W/B-Wert) wird das Kapillarporensystem im Beton verringert und die folglich noch vorhandenen Kapillarporen werden weniger vernetzt ausgebildet. Eine möglichst dichte Betonoberfläche, welche durch eine ausreichende Nachbehandlung erreicht wird, vermindert das Eindringen lösender Stoffe an der Bauteiloberfläche. Neue Prüfmethode zeigen, wie unterschiedliche Betonzusammensetzungen hinsichtlich ihrer Beständigkeit gegenüber lösendem Angriff beurteilt werden können.



Abbildung 1: Lagerung von Betonprobekörpern in konzentrierter Essigsäure entsprechend der Expositionsklasse XA2L (pH-Werte-Bereich 4,5–5,4 gemäß [1])

## Grundlagen

Beton ist bei grober Betrachtungsweise ein Zweiphasengemisch, welches aus der Gesteinskörnung und der umgebenden Bindemittelmatrix besteht. Letztere besteht bei genauerer Differenzierung aus dem hydratisierten Zement (und ggf. Zusatzstoff) und dem Porensystem, welches zum Teil mit Porenlösung gefüllt ist oder in gasförmiger Phase vorliegt. Es ist das Porensystem (v. a. Kapillarporensystem) und die i. d. R. höher poröse Zone zwischen Gesteinskörnung und Bindemittelmatrix, durch die schädigende Stoffe in das Betongefüge eindringen und im Inneren weitertransportiert werden können.

## Lösender Angriff in der Baupraxis

In der Planungsphase eines Betonbauteils gilt es, zunächst das Angriffsmedium (chemische Bestandteile, Konzentration, Druck, Temperatur, Strömungsgeschwindigkeit) zu identifizieren, um darauf abgestimmt eine möglichst dauerhafte Betonrezeptur zu erstellen. Im Falle des Verdachts eines möglichen chemischen Angriffs sollte eine Beprobung des Angriffsmediums (z. B. Inhaltsstoffe von anstehendem Wasser oder Boden, pH-Wert) durchgeführt werden. Die gleichzeitige Erfassung der Strömungsgeschwindigkeit des angreifenden Mediums spielt dabei eine wichtige Rolle, da mittlere und hohe Strömungsgeschwindigkeiten mit einer ständigen Zufuhr von frischem Angriffsmedium gleichzusetzen sind und somit die Angriffsart verstärken.

Eine Abstimmung des Betons auf das jeweilige Angriffsmedium kann anhand der Vorgaben der ÖNORM B 4710-1 [1] sowie ÖBV-Richtlinie „Innenschalenbeton“ [2] und ÖVBB-Merkblatt „Beton für Kläranlagen“ [3] vorgenommen werden. Eine Bewertung von nicht in den derzeit gültigen Normen und Regelwerken definierten Angriffsarten bzw. Betonzusammensetzungen ist derzeit nicht möglich.

## Simulation lösender Angriffsmechanismen

Bei den Schutzmaßnahmen gegenüber lösendem Angriff kommt auch der verwendeten Gesteinskörnung eine besondere Bedeutung zu. Vor allem bei niedrigem pH-Wert bzw. beim chemischen Angriff durch kalkaggressive Kohlensäure wird karbonatische Gesteinskörnung stark angegriffen. Des Weiteren wird der Angriff durch die Einwirkung einer zusätzlichen mechanischen Belastung ver-

stärkt, da eine auf der Betonoberfläche als Reaktionsprodukt aus Angriffsmedium und Beton entstehende Schutzschicht, welche das Eindringen weiterer schädigender Stoffe stark verlangsamt, hier entfernt wird.

In einem Forschungsvorhaben der Smart Minerals GmbH [4] werden derzeit verschiedene Angriffsmechanismen unter Laborbedingungen simuliert. Dazu wurden bereits Betonzusammensetzungen der Expositionsclassen XA2L und XA3L der entsprechenden Angriffsstärke, „chemisch mäßig angreifend“ bzw. „chemisch stark angreifend“, ausgesetzt. Dies geschah durch Lagerung von Betonprobekörpern über einen Zeitraum von 15 Wochen in konzentrierter Essigsäure unter Kontrolle des pH-Wertes (siehe Abb. 1). Um den Einfluss der Gesteinskörnungsart zu erfassen, wurden Betone einer Expositionsklasse jeweils mit Gesteinskörnungen karbonatischen, gemischt karbonatisch-quarzitischen, quarzitäen und dolomitischen Ursprungs hergestellt.

Im Verlauf des Forschungsvorhabens werden noch weitere Betonarten gemäß den derzeit gültigen Normen und Regelwerken [1], [2], [3] hergestellt und dabei die Angriffsart variiert. Letzteres bedeutet u. a. auch die Untersuchung des Einflusses verschiedener Säurearten (Salpetersäure, kalkaggressive Kohlensäure) auf das Betongefüge. Zur Erfassung einer möglichen Strömungsgeschwindigkeit des angreifenden Mediums und einer gleichzeitigen mechanischen Belastung der Bauteiloberfläche in der Praxis wurde eine automatisch kontrollierte Belastungseinheit wie in Abb. 2 dargestellt erstellt. Dabei werden Betonprobekörper in einem automa-



Abbildung 2: Automatisch kontrollierte Belastungseinheit zur Simulation eines lösenden Angriffs unter Berücksichtigung einer Strömungsgeschwindigkeit des angreifenden Mediums sowie zusätzlicher mechanischer Belastung der Betonoberfläche. Herstellung von kalkaggressiver Kohlensäure durch Kohlendioxid einleitende Schläuche in das Prüfbecken



GK karbonatisch    GK 0/4 karbonatisch, quarzitäen    GK quarzitäen    GK dolomitisch

Abbildung 3: Einfluss der verwendeten Gesteinskörnung auf die Widerstandsfähigkeit des Betons – Erscheinungsbild von Betonprobekörpern gemäß der Expositionsklasse XA3L bei gleicher Bindemittelmatrix und Gesteinskörnungen unterschiedlichen Ursprungs nach 15 Wochen Lagerung in konzentrierter Essigsäure (pH-Werte-Bereich 4,0–4,4)

tisch angetriebenen Drehrad mit konstanter Geschwindigkeit gegen den Uhrzeigersinn bewegt, währenddessen durch ein Säurebad geführt und beim Austreten aus dem Säurebad mittels einer Kunststoffbürste mechanisch belastet.

Aus den bisherigen Ergebnissen geht hervor, dass die Beständigkeit von Beton gegenüber lösendem Angriff wesentlich vom mineralischen Ursprung der verwendeten Gesteinskörnungsart abhängt (vgl. Abb. 3 und 4). Beton mit quarzitäer Gesteinskörnung weist im Vergleich zu Beton mit dolomitischer oder karbonatischer Gesteinskörnung eine höhere Widerstandsfähigkeit auf. Die Ergebnisse zeigen auch, dass eine Verstärkung des lösenden Angriffs durch betontechnologische Maßnahmen gemäß den derzeit gültigen Regelwerken, wie beispielsweise Absenkung des W/B-Wertes, Rechnung getragen wird (vgl. Abb. 4). Inwieweit weitere Säurearten, eine zusätzliche mechanische Belastung der Betonoberfläche und Strömungsgeschwindigkeiten des angreifenden Mediums Einfluss auf die Widerstandsfähigkeit des Betons nehmen, ist im noch laufenden Forschungsvorhaben zu ermitteln.

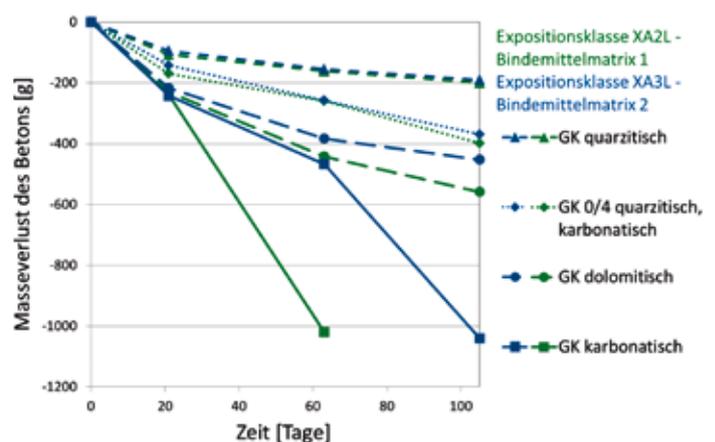


Abbildung 4: Masseverlust der Betone nach Lagerung in konzentrierter Essigsäure



Abbildung 5: Zugwaschanlage

### Praxisanwendung

Züge müssen in regelmäßigen Abständen gereinigt werden. Um Verunreinigungen mithilfe von Reinigungsmitteln zu entfernen, fährt der Zug in eine Reinigungsanlage ähnlich einer PKW-Waschanlage ein (siehe Abb. 5). Gleisstragwannen und Fundamente aus Beton können dabei dem sauren Medium direkt ausgesetzt sein.

Für die ÖBB-Wagenwaschanlage am Grazer Hauptbahnhof wurden von der ÖBB-Infrastruktur AG Untersuchungen bezüglich der Einwirkung eines üblichen Reinigungsmittels auf das Betongefüge initiiert. Ziel war die Beurteilung der Widerstandsfähigkeit von Beton gegenüber dem angreifenden Medium.

In [5] wurden zunächst Proben eines im Rahmen der ÖBB-Zugwaschanlagen eingesetzten konzentrierten Reinigungsmittels im Kontaktbereich mit den Betongleisstragwannen entnommen und an diesen die Angriffsstärke (pH-Wert, Konzentration) bestimmt. Dabei ermittelte pH-Werte von bis zu 2,0 liegen außerhalb der Grenzwerte für Beton gemäß den derzeit gültigen Regelwerken und Normen (höchste Anforderung für die Expositionsklasse XA3L gemäß ÖNORM B 4710-1: pH 4,0–4,5).

Zur Beurteilung der Widerstandsfähigkeit der Gleisstragwannen wurden Probekörper entsprechend der Betonsortenkurzbezeichnungen B4 und HL-SW (Hochleistungsbeton) gemäß ÖNORM B 4710-1 [2] hergestellt und über einen Zeitraum von einem Jahr mit dem konzentrierten Reinigungsmittel (pH-Werte-Bereich 2,0–2,5 mit entsprechender, an der ÖBB-Zugwaschanlage ermittelter Konzentration) beverselt (siehe Tab. 1 und Abb. 6, 7).

Der Hochleistungsbeton HL-SW zeigte eine weitaus höhere Beständigkeit gegenüber dem simulierten lösenden Angriff als Beton mit der Betonsortenkurzbezeichnung B4. Eine Schädigung des Betongefüges infolge des stark angreifenden Mediums ist aber auch beim HL-SW zu erkennen. Hierbei wurden im Mittel 4 mm der Betonoberfläche infolge des lösenden Angriffs abgetragen, wobei beim Beton B4 ein dreimal höherer mittlerer Abtrag (12 mm) ermittelt wurde. Deshalb wurden für die geplante Zugwaschanlage die Ausführungsvariante eines möglichst beständigen Betons (HL-SW gemäß Tab. 1) sowie ein zusätzlicher Schutz mittels Beschichtungssystem als geeignet eingestuft.

AUSGANGSSTOFF	EINWAAGE [kg/m <sup>3</sup> ]	
	HL-SW	B4
CEM I WT27 C <sub>3</sub> A-frei	430	–
CEM II/B	–	310
Mikrosilika	39	–
AHWZ	–	65
Gesamtwassergehalt	151	180
anrechenbarer Bindemittelgehalt	508	362
Fließmittel	5,1	2,4
RK 0/2 (quarzitisch)	671	–
RK 2/8 (quarzitisch)	353	–
RK 8/16 (quarzitisch)	743	–
RK 0/1 (karbonatisch)	–	591
RK 1/4 (karbonatisch)	–	425
RK 4/8 (karbonatisch)	–	184
RK 8/16 (karbonatisch)	–	294
RK 16/32 (karbonatisch)	–	350
W/B-Wert	0,30	0,50

Tabelle 1: Untersuchte Betonzusammensetzungen

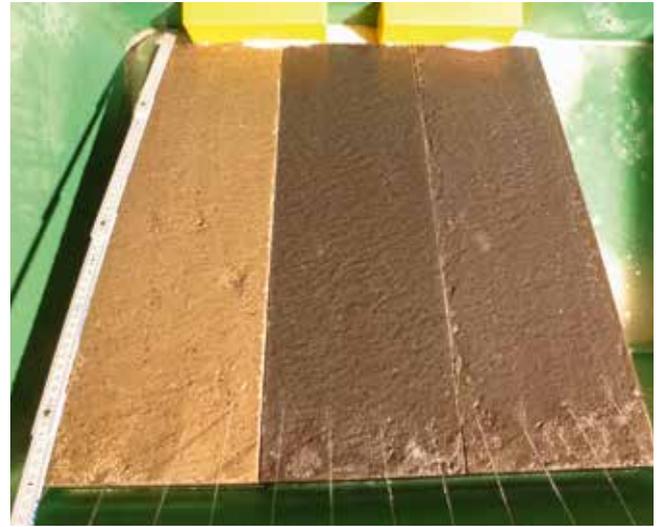


Abbildung 6: Mit konzentriertem Reinigungsmittel (pH-Werte-Bereich 2,0–2,5) berieselte Betonprobekörper der Expositionsklassen B4 (Probekörper links im Bild) und HL-SW (Betonprobekörper Mitte/rechts im Bild) – Erscheinungsbild der Betonprobekörper nach drei Wochen Lagerung



Abbildung 7: Erscheinungsbild der Betonprobekörper nach einem Jahr



## LITERATUR

- [1] ÖNORM B 4710-1 „Beton, Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis“, Ausgabe: 2007-10-01, Austrian Standards Institute, Wien
- [2] ÖBV-Richtlinie „Innenschalenbeton“, Ausgabe 2012-12, Österreichische Bautechnik Vereinigung, Wien
- [3] ÖVBB-Merkblatt „Beton für Kläranlagen“, Ausgabe 2009-03 (2009), Österreichische Vereinigung für Beton und Bautechnik, Wien
- [4] „Entwicklung eines Verfahrens zur Prüfung der gleichwertigen Beständigkeit für lösenden Angriff“, FFG-Projekt Nr.: 839865, Smart Minerals GmbH, Wien
- [5] „Beurteilung der Einwirkung eines Reinigungsmittels auf das Betongefüge“, Prüfbericht B 14145-1, Smart Minerals GmbH, 2014, Wien

## AUTOREN

DI Christian Dillig  
 DI Dr. Martin Peyerl  
 Mag. (FH) DI Dr. Stefan Krispel  
 ► [www.smartminerals.at](http://www.smartminerals.at)  
 DI Alfred Hüngsberg  
 ► [www.oebb.at/infrastruktur](http://www.oebb.at/infrastruktur)