
Auslaugung von Salzen aus Spritzbetonschalen durch Wasser

LEACHING OF SALTS FROM SHOTCRETE LININGS DUE TO WATER

DR. HORST W. DORNER, TU MÜNCHEN, INSTITUT FÜR BAUINGENIEURWESEN II, LEHRSTUHL FÜR BAUSTOFFKUNDE UND WERKSTOFFPRÜFUNG UND PRÜFAMT FÜR BITUMINÖSE BAUSTOFFE UND KUNSTSTOFFE, MÜNCHEN

Um den natürlichen Auslaugvorgang bei Einwirkung von Bergwasser auf eine Spritzbetonschale in einem Tunnel im Laboratorium nachzuvollziehen, wurde eine Durchströmungszelle entwickelt. Durch Aufgabe von entionisiertem Wasser und Bestimmung der Ca-, Na- und K-Konzentration im ablaufenden Eluat zu bestimmten Zeitpunkten lassen sich Rückschlüsse auf die Auslaugneigung eines Spritzbetons ziehen. Durch Zugabe von Silicastaub zum Spritzbeton entsteht ein besonders dichtes Gefüge, welches der Auslaugfähigkeit und damit der Versinterung der Dränagen sehr stark entgegenwirkt.

In order to reproduce in the laboratory the natural leaching process from a shotcrete tunnel lining due to water ingress, a leaching cell was developed. By using de-ionized water and determining the Ca-, Na- and K-concentrations leaving the cell at different times, conclusions can be drawn about the shotcrete's leaching tendency. By admixing silica dust to the shotcrete, a particularly dense concrete texture is formed, which strongly counteracts leachability and clogging of drainage systems.

1. Einleitung

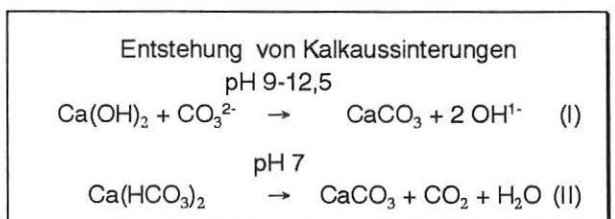
In den Dränagen von Tunnelbauwerken, deren Spritzbetonschalen mit Bergwasser in Berührung kommen, werden gewöhnlich weiß bis braun gefärbte Ausscheidungen beobachtet, die man als Kalkaussinterungen bezeichnet (Bild 1). Je nach Zusammensetzung des Dränagewassers schwankt die Menge dieser Aussinterungen beträchtlich. Zur Entfernung derselben sind oft mehrmals pro Jahr kostspielige Dränagenreinigungen mit dem Hochdruckwasserstrahl erforderlich. Zudem darf heute ein basisches Dränagewasser mit einem pH-Wert größer 8,5 nicht mehr ohne vorherige Neutralisation in Bäche oder Flüsse eingeleitet werden.

2. Entstehung von Kalkaussinterungen

Ursächlich für Kalkaussinterungen sind Salze,

die vom Bergwasser aus der Spritzbetonschale gelöst worden sind. Die stoffliche Zusammensetzung der Aussinterungen schwankt meistens nur geringfügig. Mehr als 95 M.-% derselben besteht aus weißem Kalkstein /1/. Durch Einlagerung geringer Mengen von Eisen(III)-oxidhydrat werden die Aussinterungen bräunlich verfärbt.

Kalkaussinterungen können durch verschiedene chemische Reaktionen entstehen. Zwei Grenzfälle lassen sich unterscheiden.



Auf Weg I reagiert hochbasisches, calciumhaltiges Dränagewasser mit Carbonationen unter Kalksteinbildung. Die Carbonationen stammen entweder vom Beschleuniger oder werden bei der Neutralisation der Kohlensäure im Dränagewasser durch die gelösten Alkalihydroxide des Beschleunigers gebildet. Auf Weg II scheidet sich aus einem annähernd neutralen, $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ -haltigen Dränagewasser unter gleichzeitiger Kohlendioxidfreisetzung Kalkstein ab.



Bild 1: Kalkaussinterungen in einer Tunneldränage

Zur Abschätzung der maximal abscheidbaren Kalksteinmenge genügt es, den pH-Wert und die Calciumkonzentration des Dränagewassers zu ermitteln. Hohe pH-Werte (pH ca. 11-12,5) weisen auf größere Beschleunigeranteile im Spritzbeton hin [2]. Hinweise auf die chemische Zusammensetzung der Beschleuniger erhält man aus der Bestimmung der Natrium- und Kaliumkonzentration des Dränagewassers.

3. Prüfung der Auslaugneigung eines Spritzbetons

Um den natürlichen Auslaugvorgang an einer Spritzbetonaußenschale bei Einwirkung von Bergwasser im Laboratorium nachzuvollziehen,

wurde eine Durchströmungszelle entwickelt (Bild 2). In Anlehnung an den Umströmungsversuch nach ÖNORM S 2072 wird hierbei eine Spritzbetonfläche von etwa $0,1 \text{ m}^2/\text{kg}$ mit konstanter Wasserströmungsrate ausgelaugt. Hierfür werden zehn ca. 10 mm dicke Scheiben ($D = 98 \text{ mm}$) aus einem Spritzbetonbohrkern geschnitten, wobei in jede zweite Scheibe zentrisch ein Loch mit einem Durchmesser von 10 mm gebohrt wird. Die Scheiben werden alternierend in ein PVC-Rohr mit einem Durchmesser von 100 mm eingebaut. Die Lochscheiben erhalten über ihren gesamten Umfang eine Siliconabdichtung, die Vollscheiben sind nur teilweise abgedichtet. Der Scheibenabstand beträgt 3 mm. Nach luftblasenfreier Füllung der Durchströmungszelle von unten mit entionisiertem, d. h. salzfreiem Wasser, wird in umgekehrter Richtung unter Zufuhr weiteren salzfreien Wassers ausgelaugt und daraufhin das salzhaltige Ablaufwasser (Eluat) auf Calcium-, Natrium-, Kalium- und Hydroxidanteil (pH-Wert) analysiert. Je nach Salzkonzentration im Eluat kann auf die Auslaugneigung eines geprüften Spritzbetons geschlossen werden.

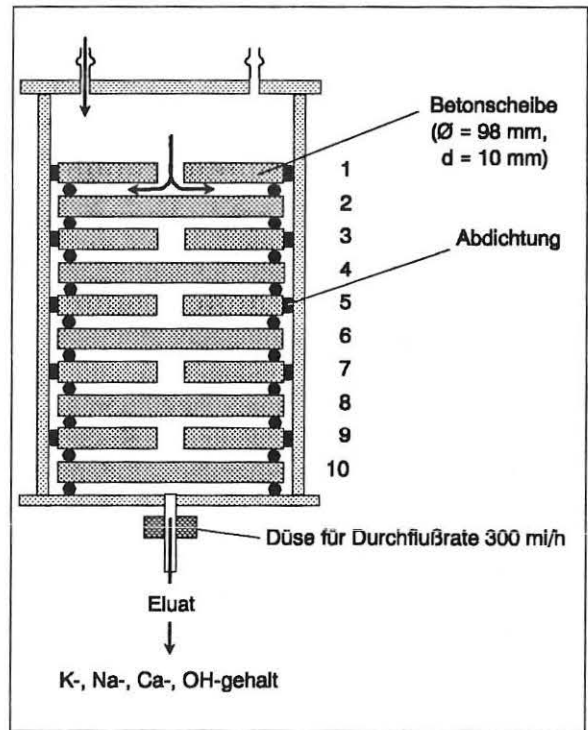


Bild 2: Durchströmungszelle (Baustoffinstitut TU München)

Die in der Durchströmungszelle mit Wasser aus den Spritzbetonscheiben ausgelaugten Salzmenge können allerdings nicht zur Vorhersage der Menge an Kalkaussinterungen in einer Tun-

neldränge herangezogen werden. Hierfür müßten eine Reihe von weiteren Eingangsgrößen bekannt sein, z. B. die Bergwassermenge und -zusammensetzung sowie die Zusammensetzung eines Spritzbetons. Darüber hinaus muß in Betracht gezogen werden, daß bei zunehmendem Probekörpervolumen, d. h. bei abnehmendem Oberfläche/Volumen-Verhältnis, die pro Zeiteinheit auslaugbare Salzmenge sehr stark abnimmt.

4. Minimierung der Auslaugneigung eines Spritzbetons

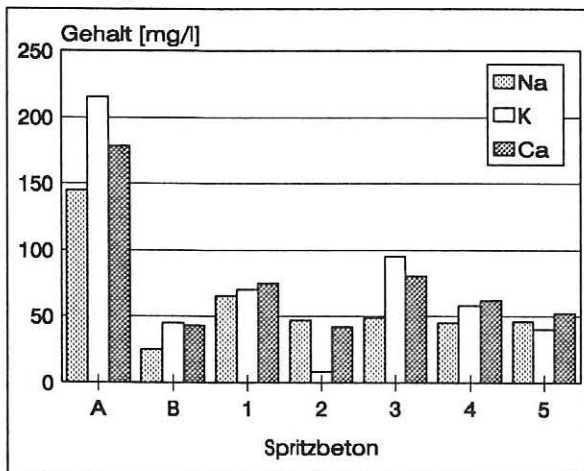


Bild 3: Salzkonzentrationen im Eluat bei Prüfung verschiedener Spritzbetonproben in der Durchströmungszelle

Das beschriebene Auslaugverfahren wurde erfolgreich zur Minimierung der Auslaugneigung von Spritzbetonen eingesetzt /2-5/, vgl. Bild 3. Auf der Abszisse sind die Spritzbetonproben A und B und die Spritzbetonproben Nr. 1-5 aus dem Kalottenbereich eines kürzlich fertiggestellten Tunnelbauwerkes, deren Rezeptur dem Spritzbeton B entspricht, aufgetragen. Die Proben Nr. 1-5 waren zu verschiedenen Zeitpunkten und in großem Abstand voneinander aus der Spritzbetonschale entnommen worden. Auf der Ordinate sind die charakteristischen Salzkonzentrationen in der Auslauglösung (Eluat) in mg/l aufgetragen. Der bei einem früher hergestellten Tunnelbauwerk eingesetzte Spritzbeton A wurde zwischenzeitlich durch Verwendung eines Basaltsplittes und eines Hochofenzementes HOZ 35 L (Hüttensandanteil 50 M.-%), Zugabe von ca. 3 M.-% flüssigem Beschleuniger und 25 kg/m³ Silicasuspension optimiert. Der dadurch entstandene Spritzbeton B wies lediglich 20-25 % der Salzkonzentrationen des Spritzbetons A auf. Die Spritzbetonproben Nr. 1-5 zeig-

ten im Vergleich zum Spritzbeton B nur geringfügig erhöhte Eluatkonzentrationen. Es ist somit gelungen, bei einem neuen Tunnelbauwerk eine Spritzbetonschale mit sehr geringer Auslaugneigung herzustellen.

5. Zusammenfassung

1. Die Menge der Kalkaussinterungen in Tunneldrängen ist abhängig von:
der Grundwassermenge
der Grundwasserzusammensetzung und
der Spritzbetonzusammensetzung
2. Die Auslaugneigung eines Spritzbetons kann mit der Durchströmungszelle festgestellt und minimiert werden. Die geringsten Auslaugkonzentrationen wurden bei Spritzbetonen mit niedriger Beschleunigerdosierung, Silicastaubzusatz und unter Verwendung von Hochofenzement und Basaltsplitt erhalten.
3. Aus der Salzkonzentration im Eluat kann nicht auf die ausfallende Kalksteinmenge in einer Tunneldränge hochgerechnet werden.

6. Literatur

- /1/ Mitteilung der Bundesbahndirektion Nürnberg, Projektgruppe H/W Süd, 1987
- /2/ Breitenbücher, R.; Springenschmid, R.; Dorner, H. W. und Handke, D.: Verringerung chemischer Auslaugungen aus Spritzbetonauskleidungen zum Schutz von Tunneldrängen und Umwelt. Tunnelbau - Neue Chancen aus europäischen Impulsen. Tagung der Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen e. V. (STUVA), Düsseldorf, 1991
- /3/ Breitenbücher, R.; Springenschmid, R. und Dorner, H. W.: Verringerung der Auslaugbarkeit von Spritzbeton im Tunnelbau durch besondere Auswahl von Zementen und Betonzusätzen. Beton-Informationen 1 (1992) S. 10-15
- /4/ Springenschmid, R.; Breitenbücher, R. und Dorner, H.: Influence of Concrete Composition on Leaching. Seventeenth International Congress on Large Dams 17-21 June 1991, Vienna, Austria. Vol. 5, Discussions Q. 65-33, p. 315-318
- /5/ Breitenbücher, R.; Springenschmid, R. and

Dorner, H. W.:

Minimization of Leaching of Shotcrete by
Admixtures. Fly Ash, Silica Fume, Slag and
Natural Pozzolans in Concrete.

Proceedings, Vol. 1, SP 132-43, Fourth
Canmet/ACI International Conference
Istanbul, Turkey, May 1992