

# Bestimmung der Quellstärke ausgewählter zementgebundener Baustoffe in Kontakt mit Sickerwasser

Wissenschaftlicher Kurzbericht Nr. 4 (2005)

Dipl.-Ing. M. Hecht, Dr. R. E. Beddoe, Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. P. Schießl

Arbeitsgruppe 1, Bindemittel und Zusatzstoffe

Förderer: BMBF, Bundesministerium für Bildung und Forschung, Förderkennzeichen 02WP0165

## 1 Einleitung

Durch die Nutzung eines Bauwerks kommt es unmittelbar zu Einflüssen auf die Schutzgüter Wasser, Boden und Luft. So besteht beim Baustoff Beton die Möglichkeit, dass Inhaltsstoffe, wie z.B. Chrom oder Zink, durch Kontaktwasser ausgelaugt und in den Boden freigesetzt werden können, von wo aus sie dann letztendlich ins Grundwasser gelangen.

Um eine Ausbreitung dieser Stoffe im Boden und Grundwasser modellieren zu können, muss zunächst die Quellstärke des Betonbauteiles versuchstechnisch ermittelt werden.

## 2 Zielsetzung

Ziel dieses Forschungsvorhabens, einem Kooperationsprojekt mit dem Institut für Bauforschung der RWTH Aachen, war die zeitabhängige Ermittlung der Quellstärke von zementgebundenen Baukörpern und ungebundenen Bettungsmassen, [2].

Im Einzelnen wurde das Auslagverhalten von Spritzbetontunnelschalen, Schlitzwandbetonen und von ungebundenen Betonbruchbettungsmassen betrachtet.

Erweitert wurden die Versuchsreihen durch die Berechnung von Betonfassadenelementen, da auch hier ablaufendes Wasser durch Versickerung ins Grundwasser gelangen kann.

## 3 Vorgehen

In Laborversuchen wurde das Auslagverhalten von Beton in der Herstellungs- und Nutzungsphase in verschiedenen Szenarien durch reproduzierbare Elutionsverfahren im Labor nachgebildet.

Für Freisetzungen aus Spritzbeton stand der Spritzbetonrahmen als praxisnaher Versuch zur Verfügung, der Schlitzwandbeton wurde durch das Sandbettverfahren abgebildet. Ungebundene Bettungsmassen aus Betonbruch wurden im Perkolationsverfahren, die Fassadenelemente im eigens dafür entwickelten Berechnungsversuch, welcher klimatische Feucht-Trocken-Variationen berücksichtigt, eluiert.

Begleitet wurden diese realitätsnahen Untersuchungen von standardisierten Laborverfahren. Im Standtest wird ein Betonwürfel unter definierten Bedingungen eluiert und dessen Auslaugrate ermittelt. Zur Auswertung werden die gewonnenen Freisetzungsraten  $J$  doppelt-logarithmisch über die jeweilige Elutionszeit  $t$  aufgetragen. Die Steigung der Regressionsgerade gibt Auskunft über den dominierenden

Auslaugmechanismus, (Bild 1).

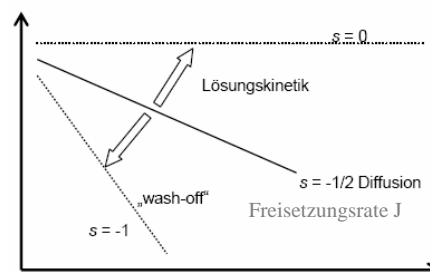


Bild 1: Einordnung des Auslaugmechanismus nach der Steigung  $s$  der Regressionsgeraden

Bei rein diffusionsgesteuerten Prozessen ergibt sich dabei eine Gerade mit einer Steigung von  $-0,5$ . Neben Diffusion spielen Lösungskinetik und oberflächenhafte Abwaschungen („wash-off“-Effekt) eine Rolle, [1].

Mit Hilfe des  $pH_{stat}$ -Verfahrens, einem weiteren Standardlaborverfahren, kann die maximal mobilisierbare Menge eines Stoffes bei einem bestimmten pH-Wert ermittelt werden, der während der Elution konstant gehalten wird.

Standtest und  $pH_{stat}$ -Verfahren ermöglichen es nun, den Diffusionskoeffizienten eines Stoffes unter den vorgegebenen Randbedingungen zu quantifizieren. Auf diese Weise kann die Quellstärke abgeleitet werden.

#### 4 Ergebnisse und Diskussion

Die Auswertung der Standtests ergab für eine Vielzahl der untersuchten Elemente aus den Szenarien Spritzbeton und Schlitzwandbeton eine von -0,5 abweichende Steigung. In der Regel lag die Steigung bei -0,8. Bild 2 zeigt exemplarisch die ermittelten Steigungen der betrachteten Elemente für einen Spritzbeton.

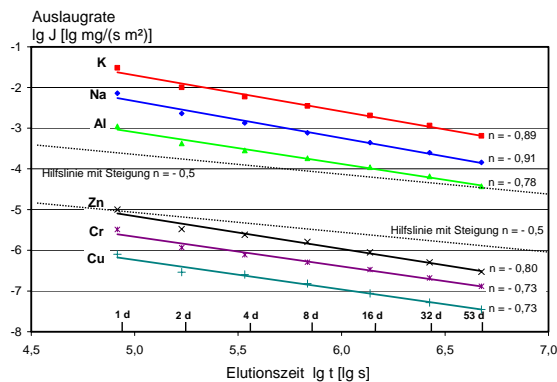


Bild 2: Auslaugraten eines Trockenspritzbetons innerhalb 53-tägiger Elution im Standtest

Die Auswertung zeigt, dass für den maßgebenden Freisetzungsmechanismus nicht nur von „reiner Diffusion“ ausgegangen werden kann, obwohl sich ein Diffusionskoeffizient ermitteln lässt. Berechnungen mit unzureichend genauen Koeffizienten können bei einer anschließenden Abschätzung der zeitlichen Freisetzung zu fehlerhaften Ergebnissen führen. Die maßgebenden Mechanismen sollen in weiteren Forschungsprojekten geklärt werden.

Ferner zeigte sich, dass im Standtest größere Mengen an Betoninhaltsstoffen eluiert werden als im Praxis-Spritzbetonrahmenversuch. Um die im Versuch ermittelte Quellstärke auf reale Verhältnisse zu transformieren, müssen Randbedingungen wie z.B. Fließgeschwindigkeit und Fließstrecke berücksichtigt werden.

Im Rahmen der Perkolation von ungebundenen Betonbruchbettungsmassen kamen Brüche von

flugaschehaltigen Betonen zum Einsatz. Es wurden zwei Steinkohlenflugaschen nach DIN EN 450 verwendet. Diejenige der beiden, welche unter Mitverbrennung von 10 % Petrolkoks gewonnen wurde, hatte im Vergleich zur anderen Flugasche einen um den Faktor 13,4 höheren Grundgehalt an Vanadium. Trotz des wesentlich höheren Grundgehaltes konnte aber im Eluat dieser Steinkohlenflugasche nur die 1,6-fache Konzentration an Vanadium ermittelt werden. Die Immobilisierung von Vanadium im Flugascheglas reduzierte dessen Freisetzung in das Eluat, [2].

Beim entwickelten Beregnungsversuch wurden Flächen aus Sichtbeton und Zementputz untersucht. Im Gegensatz zum standardisierten Standtest ist beim Beregnungsversuch der Einfluss der Feucht-Trocken-Zyklen auf die Freisetzung von Betoninhaltsstoffen zu erkennen. Im Beregnungsversuch wurden binnen der 14-tägigen Elution mehr Inhaltsstoffe freigesetzt, als im Standtest. Grund dafür liegt in der Anreicherung der Schadstoffe im Oberflächenbeton während der Trockenphase, welche dann bei erneutem Regen abgewaschen werden. In den Trockenphasen bedingt die oberflächennahe Abtrocknung des Betons eine Anreicherung von Betoninhaltsstoffen, welche durch Kapillarleitung aus dem Inneren des Betons zur Betonoberfläche transportiert werden.

Bei der Untersuchung der oberflächenrauere Zementputzfassaden war im Vergleich zur Sichtbetonfassade eine höhere Freisetzung zu verzeichnen. Die Konzentrationen an eluiertem Aluminium und Barium lagen beim Putz rund 2,5-fach höher als beim glatten Sichtbeton.

#### 5 Förderhinweis

Die vorgestellten Ergebnisse sind im Rahmen eines durch das BMBF finanzierten Forschungsvorhabens (Kennziffer 02WP0165) entstanden.

#### 6 Literatur

- [1] Hohberg, I.; Charakterisierung, Modellierung und Bewertung des Auslaugverhaltens umweltrelevanter, anorganischer Stoffe aus zementgebundenen Baustoffen, DAfStb, Heft 542, Berlin, 2003
- [2] Hecht, M.; Beddoe, R.E.; Schießl P.: Bestimmung der Quellstärke für Boden und Grundwasser in Kontakt mit Bettungsmassen, Spritz- und Schlitzwandbeton, Abschlussbericht des BMBF- Forschungsvorhabens 02WP0165, München 2004