

Postfach, D-52056 Aachen  
Schinkelstraße 3, D-52062 Aachen

Telefon:  
Vermittlung (02 41) 80-9 51 00  
Durchwahl (02 41) 80-9 51 05  
Telefax (02 41) 80-9 21 39

eMail:  
wolff@ibac.rwth-aachen.de

[www.ibac.rwth-aachen.de](http://www.ibac.rwth-aachen.de)

Datum 27.05.2003  
Vp/Ki-F 817  
(F-817-ab-zf-vp.doc)

## **ZUSAMMENFASSUNG**

### **F 817**

**Prüfverfahren und Entwicklung von Prüfkriterien zur Bewertung der Auslaugung  
umweltrelevanter Stoffe aus Frischbeton**

## ZUSAMMENFASSUNG

Der Freisetzung umweltrelevanter Stoffe aus Baustoffen wird in der Öffentlichkeit eine zunehmende Bedeutung beigemessen. Dies ist auch vor dem Hintergrund der zunehmenden Verwertung von Abfällen in Baustoffen zu sehen. Schon vor dem Einsatz eines neuen Baustoffes muss sichergestellt sein, dass von dem Baustoff keine negativen Auswirkungen auf die Schutzgüter Boden, Wasser und Luft zu erwarten sind.

Für Beton besteht eine mögliche Belastung der Umwelt darin, dass Schwermetalle und Salze durch den Kontakt mit Wasser, z. B. Regen- oder Grundwasser, ausgelaugt werden können. Um eine mögliche Auswirkung auf die Umwelt bewerten zu können, ist die Kenntnis des zeitabhängigen Auslaugverhaltens unter den gegebenen bzw. zu erwartenden Bedingungen am Bauwerk oder Bauteil erforderlich. Diese Informationen können im Labor durch Prüfung mit sogenannten Auslaugverfahren erhalten werden. Um in solchen Laborversuchen zu praxisnahen Auslaugraten zu gelangen, müssen Versuchsbedingungen gewählt werden, die den Verhältnissen in der Praxis möglichst nahe kommen.

Bei der Untersuchung zur Bewertung der Umweltverträglichkeit von Beton hat man sich bisher im Wesentlichen auf Festbeton konzentriert (z. B. /1/). Während der Frischbetonphase werden vergleichsweise höhere Freisetzungsraten des Betons erwartet, da noch keine Einbindung der Schadstoffe in die Hydratationsprodukte erfolgt ist. Allerdings ist diese Phase im Vergleich zur Festbetonphase sehr kurz und trägt daher möglicherweise nicht in relevantem Maße zum Schadstoffeintrag bei. Es liegen derzeit nur wenige systematische Untersuchungsergebnisse /2, 3/ und kein Bewertungskonzept für die Frischbetonphase vor.

Im Rahmen des vorliegenden Forschungsprojekts sind entsprechende systematische Untersuchungen zum Auslaugverhalten von Frischbeton unter verschiedenen Randbedingungen durchgeführt worden. Dabei kamen zwei Versuchseinrichtungen zum Einsatz: der statische und der dynamische Laborversuch. Im statischen Versuch wurde die auftretende Emission von Schwermetallen aus Frischbeton bestimmt. Vorgesehen war, mit dieser Freisetzung die im Grundwasser auftretenden Konzentrationen mit einem Transportmodell zu berechnen. Dafür ist eine Kalibrierung anhand des dynamischen Versuchs erforderlich. Nach der Kalibrierung sollten Stoffkonzentrationen im Grundwasser unter verschiedenen hydrogeologischen und baupraktischen Randbedingungen berechnet werden. Diese Berechnungen sollten als Grundlage für den Vorschlag von Bewertungskriterien, die dann auf den statischen Laborversuch übertragen werden können, herangezogen werden.

Im Zuge der Untersuchungen war die Reproduzierbarkeit der Versuche zu überprüfen.

Beim statischen Versuch wird Frischbeton auf feuchten bzw. wassergesättigten Boden aufgebracht /2/. Verwendet wurde hier ein Sand der Körnung 0/4 mm. Der Betone kann nach dem Erhärten zerstörungsfrei von dem Sand abgehoben werden; als Versuchsdauer wurden 24 h angesetzt. Nach dem Entfernen der Betonaufgabe wird der Sand in 2 cm dicken Schichten entnommen und eluiert. An den gewonnenen Eluat werden der pH-Wert, die Leitfähigkeit und die Gehalte an Arsen, Aluminium, Chrom, Kalium, Kupfer, Natrium, Sulfat, Vanadium und Zink bestimmt. Aus den Eluatkonzentrationen werden die Gehalte im Sand berechnet. Auf diese Weise wird ein Tiefenprofil der ausgelaugten Stoffe erstellt.

Beim dynamischen Versuch wird der Beton auf ein durchströmtes Sandbett in einem 2,4 m langen Behälter aufgebracht /2/. Dabei kann die Fließgeschwindigkeit über die Höhendifferenz

der Einlauf- und Auslaufbecken eingestellt werden. Es wurde hier eine Fließgeschwindigkeit von ca. 1 m/d gewählt. Zur Probenahme sind perforierte PE-Rohre in definierten Abständen in den Sand eingegraben. Das Wasser fließt an der Unterkante der Betonaufgabe entlang und kann mit Hilfe der Pegelrohre direkt beprobt werden. In den Eluatn werden wie beim statischen Versuch der pH-Wert, die Leitfähigkeit und die Gehalte an Arsen, Aluminium, Chrom, Kalium, Kupfer, Natrium, Sulfat, Vanadium und Zink bestimmt.

Beide Versuche werden mit Leitungswasserung und ungewaschenem Sand durchgeführt und zeigen daher bei einigen Elementen bereits in den Blindproben deutlich messbare Gehalte, die z. T. starken Schwankungen unterworfen sind.

In das Versuchsprogramm wurden zwei Betonmischungen einbezogen: ein Beton mit CEM I 32,5 R als Bindemittel (B1) und ein Beton mit CEM I 32,5 R und Zusatz von Steinkohlenflugasche (B2).

Im statischen Versuch wurden beide Betonmischungen auf wassergesättigtem und teilgesättigtem Boden untersucht. Dabei zeigte sich, dass zumeist der wassergesättigte Boden den ungünstigeren Fall darstellt. Ein signifikanter Eintrag aus dem Beton in den Boden wurde festgestellt für Natrium, Kalium, Sulfat, Aluminium, Arsen, Chrom und Vanadium. Bei Zink und Kupfer liegen die Werte innerhalb der Streubreite der Blindwerte. Aus der zweiten Betonmischung mit Flugasche werden trotz höherer Gesamtgehalte meist niedrigere Schadstoffmengen eluiert. Offenbar sind die Stoffmengen aus der Flugasche nicht im gleichen Maße mobilisierbar wie die Gehalte aus dem Zement, so dass der geringere Zementgehalt von B2 sich meist positiv auf die Auslaugung auswirkt. Eine Ausnahme bildet Arsen, dessen Gesamtgehalt im Flugaschebeton rund 7 mal höher ist; der Austrag war hier um 10 bis 25 % erhöht. Da die Arsenfreisetzung jedoch insgesamt niedrig ist, erscheint dieser Anstieg für die gegebene Fragestellung von untergeordneter Bedeutung. Insgesamt ist festzustellen, dass sich der Austausch von Zement durch Flugasche positiv auf die Frischbetonauslaugung auswirkt, da die Flugasche erst im späteren Verlauf der Hydratation reagiert und daher z. B. Schwermetalle für eine Auslaugung im betrachteten Zeitraum der ersten 24 h nicht zur Verfügung stehen.

Der dynamische Versuch musste im Zuge des Forschungsvorhabens modifiziert werden. Dies betraf neben dem Versuchsaufbau auch den verwendeten Sand; statt dem Sand 0/4 mm aus dem statischen Versuch wurde ein Sand der Körnung ½ mm eingesetzt. In diesem Versuch wurde nur der Beton B1 ohne Flugasche betrachtet. Ein signifikanter Eintrag aus dem Beton in den Boden wurde für Natrium, Kalium, Sulfat, Aluminium, Chrom und Vanadium festgestellt. Bei Zink und Kupfer liegen die Werte wie beim statischen Versuch innerhalb der Streubreite der Blindwerte. Arsen wird nur in sehr geringen, nicht umweltrelevanten Konzentrationen eluiert. Bei Kalium, Vanadium und Aluminium trat eine deutliche Retardierung auf. Im dynamischen Versuch wurde innerhalb von 30 cm Entfernung vom Bauteil lediglich für Chromat die Geringfügigkeitsschwelle überschritten. Sie liegt bei 0,008 mg/l /4/. Bereits nach weniger als 24 h war die Konzentration in diesem Bereich unter 0,008 mg/l gesunken.

Bezüglich der Reproduzierbarkeit ist festzuhalten, dass bei beiden Versuchen starke Schwankungen auftreten. Das betrifft sowohl die Ergebnisse als auch die Blindwerte. Daher ist beim statischen Versuch die Durchführung von wenigstens zwei Doppelbestimmungen sinnvoll. Beim dynamischen Versuch sind drei Messungen empfehlenswert.

Zur Durchführung der Modellrechnungen sollte zunächst eine Kalibrierung des Transportmodells erfolgen, bei der der dynamische Versuch mit der Freisetzung aus dem statischen Versuch

nachgerechnet werden sollte. Dabei zeigte sich, dass die im dynamischen Versuch ermittelten Konzentrationen mit den Freisetzungen des statischen Versuchs nicht berechnet werden können. Offenbar werden im dynamischen Versuch weit höhere Schadstoffmengen freigesetzt als im statischen. Daher kann der Quellterm von stehendem Grundwasser nicht auf strömendes Wasser übertragen werden. Um zuverlässige Prognosen der Schadstoffabgabe zu erstellen ist es erforderlich, die Mechanismen der Frischbetonauslaugung genauer zu untersuchen. Daher können noch keine Bewertungskriterien vorgeschlagen werden. Es wird ein Fortsetzungsantrag gestellt.

- /1/ Hohberg, I.: Charakterisierung, Modellierung und Bewertung des Auslaugverhaltens umweltrelevanter, anorganischer Stoffe aus zementgebundenen Baustoffen. Aachen, Technische Hochschule, Fachbereich 3, Diss., 2002 = Berlin : Beuth. - In: Schriftenreihe des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (2003), Nr. 542
- /2/ Schießl, P. ; Hohberg, I.: Untersuchungen zum Auslaugverhalten von Frischbetonen. Aachen : Institut für Bauforschung, 1998. - Forschungsbericht Nr. F 641
- /3/ Brameshuber, W. ; Uebachs, S.: Zusätzliche Untersuchungen zur Auslaugung von Frischbeton. Aachen : Institut für Bauforschung, 2001. - Ergebnisbericht Nr. F 763
- /4/ Deutsches Institut für Bautechnik: Merkblatt „Bewertung der Auswirkungen von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser“ – Teil I. (Ausg.11.00) Berlin :DIBt, 2000