

Beurteilung der Dichtheit bestehender Bodenplatten in Bauwerken

Anforderungen an Sekundärbarrieren aus Beton in Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen; Teil 3

Karl-Uwe Voß, Neuwied

Der zweite Teil der Artikelserie beschäftigte sich mit der Ermittlung der mittleren und charakteristischen Eindringtiefen von FD-Betonen (flüssigkeitsdichten Betonen ohne Eindringprüfung). Hierbei wurde detailliert auf die Anforderungen an den „ungerissenen Bauteilquerschnitt“ und die „zu schützende Fugenflanke“ sowie auf die sich hieraus abgeleiteten „Bemessungswerte der Eindringtiefe“ eingegangen. Abschließend wurde detailliert auf die Probleme bei der Durchführung der Eindringprüfung an Betonen zum Nachweis der Eindringtiefe wassergefährdender Stoffe (FDE-Prüfung) eingegangen. Im dritten Teil der Artikelserie wird erläutert, wie die Eindringtiefe ölartiger Bestandteile im Rahmen der Nutzungszeit ermittelt werden kann. Abschließend wird ausgeführt, was beim Nachweis der Eindringtiefe wassergefährdender Stoffe an Bauwerksproben zu beachten ist.

1 Im Rahmen der Nutzung in den Beton eingedrungene wassergefährdende Stoffe

Die BUMwS [1] dient dem Zweck, die charakteristische Eindringtiefe wassergefährdender Stoffe in Beton zu bestimmen bzw. festzulegen. Darüber hinaus kann die BUMwS [1] aber auch sinngemäß dazu herangezogen werden, die „Flüssigkeitsundurchlässigkeit“ von Bauwerksbetonen aus Bestandsobjekten zu bewerten (s. Abschnitt 2). In der BUMwS [1] sind aber keine Verfahren zum Nachweis bereits im Rahmen der Nutzung in den Beton eingedrungener wassergefährdender Stoffe enthalten. Trotzdem kann es sinnvoll sein, die während der Nutzung bereits erfolgte Eindringtiefe wassergefährdender Stoffe vor Beginn der Dichtheitsprüfung zu ermitteln.

Werden Proben zur Durchführung von Eindringprüfungen verwendet, die während der Nutzung bereits mit wassergefährdenden Stoffen kontaminiert wurden, so werden im Rahmen der Prüfung ggf. größere Eindringtiefen vorgetäuscht, die tatsächlich aber nicht während der Beaufschlagungszeit der Prüfung in den Beton eingedrungen sind.

Um regelwerkskonforme Ergebnisse zu erhalten, muss der bereits kontaminierte Beton von der Prüfung abgetrennt und nur der nicht kontaminierte Beton zur Durchführung der Prüfung verwendet werden.

Wie diese Ausführungen zeigen, ist die Kenntnis der bereits vorliegenden Kontaminationstiefe des Betons wichtig, um Fehlbeurteilungen zu vermeiden. Im einschlägi-

gen Regelwerk ist aber nicht geregelt, mittels welcher Nachweismethoden die bereits im Objekt erfolgte Kontamination durch die wassergefährdenden Stoffe zu ermitteln ist.

Bei der Auswahl geeigneter Verfahren zum Nachweis der Eindringtiefe ist die Art der wassergefährdenden Stoffe von entscheidender Bedeutung. Aus diesem Grunde kann nicht ein einheitliches Verfahren zum Nachweis aller wassergefährdenden Stoffe herangezogen werden (s. auch Abschnitt 2.2 aus dem 2. Teil dieser Artikelserie in **beton** 1+2/2021).

Vergleichsweise einfach ist der qualitative Nachweis der Eindringtiefe von Mineralölen oder ähnlichen Substanzklassen. Entsprechende Nachweise können an gesondert entnommenen Bohrkernen z.B. durch Ansprühen mit Schwefelsäure und anschließendem Abflämmen (s. Verfahren 3 aus Abschnitt 2.2 des 2. Teils dieser Artikelserie) erfolgen. Soll die Kontamination durch Mineralöle nicht nur qualitativ, sondern auch quantitativ ermittelt werden, so können die Gehalte an Mineralölen z.B. durch die Bestimmung der tiefenabhängigen MKW-Gehalte erfolgen. Bei anderen organischen Verbindungen kann stattdessen die Bestimmung der tiefenabhängigen TOC-Gehalte sinnvoll sein. Allerdings ist die hohe Nachweisgrenze dieses Verfahrens nachteilig. Darüber hinaus werden im Rahmen dieser Prüfung auch die im Beton enthaltenen organischen Bestandteile (Zusatzmittel) miterfasst, was zu einer deutlich reduzierten Trennschärfe zwischen kontaminierten und nicht kontaminierten Bereichen beiträgt.

1.1 Mineralöle

In der Praxis werden Betonplatten z.B. von Industrieböden, Tankflächen oder auch Trafohäusern im Rahmen der Nutzung häufig einer Einwirkung von Mineralölen ausgesetzt, sodass diese bereits in der Nutzungszeit in die Oberfläche der Betone eingedrungen sein können. Wie schon in der Einführung dieses Artikels ausgeführt wurde, kann die bereits im Objekt erfolgte Einwirktiefe der Mineralöle im Rahmen einer rein qualitativen Untersuchung z.B. durch Ansprühen mit Schwefelsäure und anschließendem Abflämmen ermittelt werden (Bild 1).

Soll die Einwirktiefe der Mineralöle quantitativ ermittelt werden, so bietet sich stattdessen die Bestimmung der tiefenabhängigen MKW-Gehalte (Gehalte an Mi-

Der Autor:

Dr. rer. nat. Karl-Uwe Voß studierte Chemie an der Westfälischen Wilhelms-Universität, Münster. Nach der Promotion war er beim ZEMLABOR in Beckum als Sachbearbeiter und stellvertretender Prüfstellenleiter tätig. Anschließend war er technischer Geschäftsführer der Duisburger Überwachungsverbände und des Baustoffüberwachungsvereins Nordrhein-Westfalen BÜV NW, bevor er als Prüfstellenleiter zum ZEMLABOR zurückkehrte. Seit 2002 ist er Geschäftsführer und Institutsleiter der Materialprüfungs- und Versuchsanstalt Neuwied Forschungsinstitut für vulkanische Baustoffe GmbH. Dr. Karl-Uwe Voss ist öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für den Bereich „chemische Analyse zementgebundener Baustoffe“.

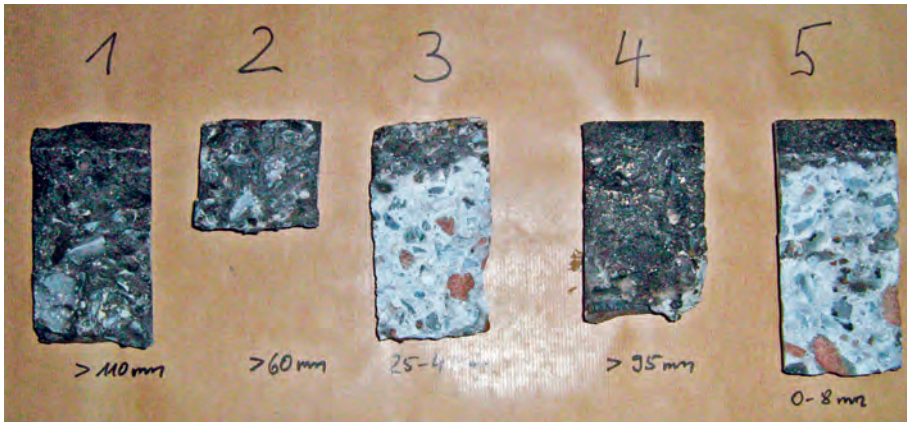


Bild 1: Eindringtiefe von Mineralölen (schwarze Teilflächen) nachgewiesen durch Ansprühen mit Schwefelsäure und anschließendem Abflämmen

Tafel 1: Ergebnisse der Bestimmung der tiefenabhängigen MKW-Gehalte

	Entnahmetiefe [mm]		MKW-Gehalt [mg/kg]
	Estrich	0 bis 15	
> 15 bis 30		300	
Beton	> 30 bis 45		13350

neralölkohlenwasserstoffen) an. Bei einem Industrieboden war beispielsweise von der Beaufschlagung mit Maschinenölen im Rahmen der Nutzung auszugehen, so dass die tiefenabhängigen MKW-Gehalte exemplarisch an einem Bohrkern ermittelt wurden (Tafel 1).

Die in Tafel 1 dargestellten Ergebnisse zeigen, dass der Estrich nachträglich auf einen „belasteten“ Beton aufgebracht worden war. In der jüngeren Vergangenheit sind aber keine signifikanten Mengen an Maschinenölen mehr in den Estrich eingedrungen. Die MKW-Belastung des oberflächennahen Betons ist als sehr hoch zu beurteilen, weshalb der oberflächennahe Beton aufgrund der MKW-Belastung sogar der Deponieklasse > Z 2 zuzuordnen war. Im Gegensatz dazu wies der Estrich keine signifikante Kontamination durch Mineralöle auf.

Um die tatsächliche Eindringtiefe zu ermitteln, hätten im dargestellten Beispiel weitere Entnahmetiefen auf deren MKW-Gehalte untersucht werden müssen, worauf seitens des Auftraggebers aber verzichtet wurde.

2 Bewertung der „Flüssigkeitsundurchlässigkeit“ von bestehenden Bodenplatten

Die „Flüssigkeitsundurchlässigkeit“ bestehender Bodenplatten ist u.a. dann zu beurteilen, wenn eine der nachfolgenden Voraussetzungen gegeben ist:

- Die Wasserbehörden fordern entsprechende Nachweise für die bestehende Sekundärbarriere, z.B. wenn auf Basis der vorliegenden Unterlagen keine ent-

sprechenden Dichtheitsnachweise für den Beton vorliegen;

- Dichtflächen aus Beton sollen instandgesetzt werden und es stellt sich die Frage, ob die gesamte Bodenplatte zurückgebaut werden muss oder ob „kleinflächige“ Instandsetzungen z.B. von Rissen ausreichen;
- Im Rahmen von Rechtsstreitigkeiten ist nachzuweisen, ob ein geeigneter und bestellungskonformer Beton zur Herstellung der Sekundärbarriere eingesetzt wurde und ob der Beton eine ausreichende Dichtheit aufweist.

Im Folgenden werden exemplarische Beispiele für diese Fälle dargestellt.



2.1 Nachträglicher Nachweis für Wasserbehörden

Gerade bei Bestandsflächen von Tankstellen war in der jüngeren Zeit häufiger sachverständig die Frage zu beantworten, ob die bestehende Sekundärbarriere eine ausreichende „Flüssigkeitsundurchlässigkeit“ z.B. gegenüber AdBlue besitzt. Aus rein wasserrechtlicher Sicht ist diese Frage auch absolut sinnvoll, da die zu erwartende Eindringtiefe von AdBlue ($(\sigma/\eta)^{0,5}$ -Verhältnis von 6,8) deutlich größer ist als die z. B. von Dieseldieselkraftstoff ($(\sigma/\eta)^{0,5}$ -Verhältnis von 3,2).

Wie in Abschnitt 2.5 des 2. Teils dieser Artikelserie ausgeführt wurde, ist diese Fragestellung so aber weder sinnvoll noch sachgerecht zu beantworten, da die Eindringtiefe des Hauptwirkstoffs von AdBlue (Harnstoff) in Betonbauteilen weder im Objekt noch im Rahmen der Laborprüfung tatsächlich nachweisbar ist. Vielmehr wird der Harnstoff bei dem im nicht carbonatisierten Beton vorliegenden pH-Wert von > 12 chemisch zersetzt, wobei Ammoniak und Kohlensäure entsteht. Aus diesem Grunde macht die Bestimmung der Eindringtiefe von AdBlue an nicht carbonatisierten Betonen aus Bauwerken aus technischer Sicht keinen Sinn.

Aus technischer Sicht ist abweichend zur BUMwS [1] zu empfehlen, die Eindringtiefe z.B. von Dieseldieselkraftstoff oder Mineralöl an Bauwerksproben aus dem Objekt zu ermitteln und mit der Soll-Eindringtiefe dieser Stoffe gemäß der Grenzlinie der Eindringtiefe der BUMwS [1] zu vergleichen. Über die Steigung der Grenzlinie (s. Bild 1 aus dem 2. Teil dieser Artikelserie) kann die Eindringtiefe von AdBlue dann über die $(\sigma/\eta)^{0,5}$ -Verhältnisse der Flüssigkeiten berechnet werden. Auf Basis dieser Untersuchungsergebnisse kann der Bemessungswert der Eindringtiefe anschließend auch für AdBlue abgeschätzt werden.

2.2 Instandsetzung einer Bestandsfläche

Bei dem nachfolgenden Beispiel wollte der Bauherr wissen, ob ein als Sekundärbarriere verwendetes Produktionsbecken aus Beton (Bild 2), in das im Rahmen der Produktion immer wieder organische Substanzen eingeleitet wurden, vollständig zurück gebaut werden muss, oder ob nur die lokal auftretenden Risse zu verpressen wären. Auch in



Bild 2: Zu beurteilendes Produktionsbecken

Tafel 2: Ergebnisse der Dichtheitsprüfung

Einwirkdauer [h]	Eingedrungene Menge [ml] in Prüfkörper Nr.			
	1	2	3	Mittelwerte
0	0,0	0,0	0,0	0,0
1	0,0	0,1	0,1	0,1
2	0,1	0,6	0,6	0,4
4	0,2	0,7	1,0	0,6
8	0,4	1,0	1,6	1,0
24	1,0	3,2	3,4	2,5
28	1,2	3,6	3,6	2,8
32	1,4	4,2	4,2	3,3
48	2,0	6,2	5,4	4,5
52	2,1	6,6	5,6	4,8
56	2,2	6,8	5,8	4,9
72	3,2	8,2	6,8	6,1
80	3,8	8,6	7,4	6,6
96	3,8	8,6	7,4	6,6
104	4,8	9,4	8,2	7,5
144	7,6	10,8	10,0	9,5
Eindringtiefe nach Versuchsende [mm]	> 147	> 124	120	-
Mittelwert der Eindringtiefen e_{144m} [mm]	> 130			
Charakteristische Eindringtiefe $e_{144k} = 1,35 \times e_{144m}$ [mm]	> 176			

diesem Fall wurde das Eindringverhalten des vor Ort anstehenden wassergefährdenden Stoffs an ungerissenen Bohrkernen untersucht, wobei die in Tafel 2 dokumentierten Ergebnisse ermittelt wurden.

Wie diese Ergebnisse zeigen, wies der Beton der Auffangwanne nur eine geringe „Flüssigkeitsundurchlässigkeit“ auf, sodass im beschriebenen Fall eine Komplett-sanierung (Rückbau, vollständige WHG-Beschichtung inkl. Untergrundvorbereitung oder Einbau einer Stahlwanne) erforderlich war.

2.3 Nachweis, ob ein geeigneter Beton zum Einsatz gekommen ist

Bei dem dritten Beispiel wurde die Bodenplatte einer Autowerkstatt unter Verwendung eines Stahlfaserbetons hergestellt, für den keine Erstprüfung als Nachweis der „Flüssigkeitsundurchlässigkeit“ vorlag. Im Rechtsstreit klagte der Eigentümer gegen die ausführende Firma, wobei der Sachverständige u.a. die Frage zu beantworten hatte, ob die Bodenplatte (Bild 3) die geschuldete „Flüssigkeitsundurchlässigkeit“ aufweist.

Anmerkung: Bei Stahlfaserbetonen handelt es sich gemäß der BUMwS [1] um FDE-Betone, für die in jedem Fall eine Dichtheitsprüfung vorgelegt werden muss.

Es zeigte sich, dass das im Rahmen der Prüfung eingesetzte Mineralöl eine Eindringtiefe von im Mittel 55 mm bei Einzelwerten von 50 mm, 51 mm und 65 mm aufwies (Bild 4). Wie Jaeger bereits in [2] erläuterte, darf der wassergefährdende Stoff in der maßgebenden Beanspruchungsdauer gemäß der TRwS 786 [3] nicht tiefer als bis zu 2/3 in die Betondichtkonstruktion eindringen.

Da die Betonplatte im vorliegenden Streitfall eine Dicke von ca. 25 cm aufwies, war somit festzustellen, dass die Bodenplatte im Sinne der TRwS 786 [3] eine ausreichende „Flüssigkeitsundurchlässigkeit“ besaß. Es war demnach zwar kein bestellungskonformer Beton geliefert worden (der FDE-Nachweis fehlte), allerdings wies der Beton der Bodenplatte im Objekt eine ausreichende „Flüssigkeitsundurchlässigkeit“ auf.

Anmerkung: Bei der oben dargestellten Bewertung wurden Anforderungen an die „geschützte Fugenflanke“ nicht berücksichtigt.

3 Nachweis der Schädigungstiefe

Weisen die wassergefährdenden Stoffe betonangreifende Eigenschaften auf, dann muss zusätzlich zur „Flüssigkeitsundurchlässigkeit“ auch die Schädigungstiefe bei der Planung von Sekundärbarrieren aus Beton berücksichtigt werden.

Anmerkung: Es existiert keine allgemeine Festlegung zur Bewertung der betonangreifenden Eigenschaften von Flüssigkeiten. Zwar ist bekannt, dass Säuren zementgebundene Baustoffe wie Betone üblicherweise angreifen, allerdings sind auch komplexbildende Säuren bekannt, die keinen chemischen Angriff auf Betone ausüben.

Noch komplizierter verhält es sich bei anderen (nicht säurehaltigen) Substanzklassen. Aus diesem Grunde sind zur Beurteilung der betonangreifenden Eigenschaften der Flüssigkeiten entsprechende Fachleute einzuschalten. Im Einzelfall kann sogar die



Bild 3: Zu beurteilender Werkstattboden



Bild 4: Nachweis der Eindringtiefen (schwarze Bereiche)

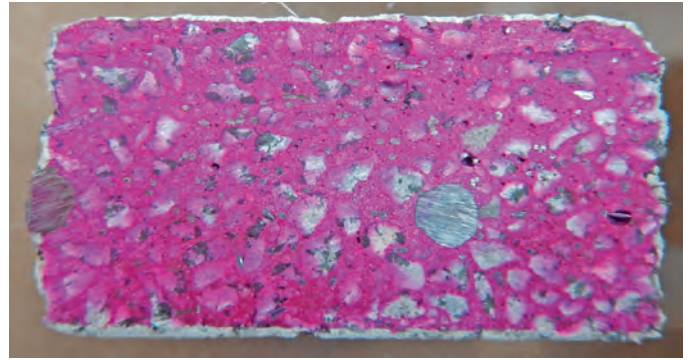
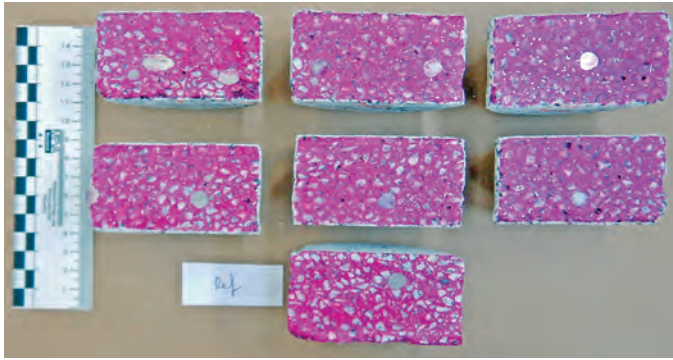


Bild 5: Nachweis der Schädigungstiefe mit Phenolphthalein

Durchführung von Untersuchungen zum Nachweis des Betonangriffs (der Schädigungstiefe) erforderlich werden.

Soll die Schädigungstiefe konkret nachgewiesen werden, so hat die Prüfung nach Abschnitt A.4 der BUmWS [1] zu erfolgen, wobei die Prüfung nur für die Bewertung der Schädigungstiefe starker Säuren (Nachweis der Schädigungstiefe mit Phenolphthalein) ausgelegt ist.

Bei ruhenden oder nur leicht bewegten Säuren darf auf die Prüfung verzichtet werden, wenn die Beaufschlagungszeit maximal 72 Stunden beträgt und planarisch eine mittlere Schädigungstiefe von 5 mm angesetzt wird. Die konkrete Prüfungsdurchführung ist Abschnitt A.4 der BUmWS [1] zu entnehmen.

Sowohl bei anorganischen als auch bei organischen Säuren funktioniert der in der BUmWS [1] beschriebene Nachweis der Schädigungstiefe grundsätzlich sehr gut (Bild 5). So sind die geschädigten Teilflächen in Bild 5 anhand ihrer Entfärbung (äußere Randbereiche) erkennbar. Die pinkfarbenen Zonen besitzen weiterhin einen hohen pH-Wert, sodass hier keine Schädigung des Betons vorliegt.

Deutlich schwieriger ist die Bestimmung der Schädigungstiefe, sofern es sich nicht um Säuren handelt. In diesem Fall ist der Nachweis der Schädigungstiefe mit dem

pH-Wert-Indikator (Phenolphthalein) nicht möglich. Gemäß der BUmWS [1] müssen die Proben in diesem Fall auf deren Druckfestigkeit geprüft und die ermittelten Ergebnisse mit der Druckfestigkeit von in Wasser gelagerten Referenzproben verglichen werden. Die Schädigungstiefe wird dabei aus dem Festigkeitsverlust der im wassergefährdenden Stoff eingelagerten Proben berechnet.

Aufgrund der geringen Genauigkeit dieses Verfahrens erscheint eine Bewertung der Schädigungstiefe z.B. über die dünnstufmikroskopische Bestimmung der Schädigungstiefe des Betons aber deutlich sinnvoller.

4 Ergänzung zum 1. Teil der Artikelserie

Bezüglich der im 1. Teil der Artikelserie genannten Forderung, dass Bauausführende zur Herstellung von Dichtflächen an Tankstellen aus Ort beton, die als Sekundärbarriere dienen, gemäß DWA-Merkblatt A 781 ohne eine gesonderte Nachweisführung flüssigkeitsdichte Betone mit Eindringprüfung (FDE-Beton) zu verwenden haben, sei ergänzt, dass hierzu im Internet mittlerweile eine Bekanntmachung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) veröffentlicht wurde.

In dieser Stellungnahme wird ausgeführt, dass die Ergebnisse eines Forschungspro-

habens der „Deutschen wissenschaftlichen Gesellschaft für Erdöl, Erdgas und Kohle (DG MK)“ ausgewertet wurden, in dem das Verhalten der Fugenläufigkeit praxisnah an Probekörpern untersucht wurde. Dabei wurde festgestellt, dass aus den ungeschützten Fugenflanken (unterhalb der Fugenschutztiefe) kein Kraftstoff als Flüssigkeit austrat, obwohl die Eindringtiefe im Beton größer als die geschützte Fugenflanke war.

Diese Aussage gilt gemäß der Stellungnahme des BMU lediglich für normgerechte Ottokraftstoffe, nicht jedoch für andere wassergefährdende Stoffe. Bei viskoserer und weniger leichtflüchtigen Medien als Ottokraftstoffen (wie z.B. Dieselloststoff) soll die Eindringtiefe und der Effekt der Verdampfung geringer sein, so dass die Flächen bei Verwendung von FD-Beton und dafür zugelassenen Fugendichtstoffen rechnerisch als dicht anerkannt werden (der Nachweis der Fugenläufigkeit soll demnach gegeben sein).

Literatur

- [1] DAfStb-Richtlinie „Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen“ (BUmWS). Ausgabe 2011
- [2] Jaeger, E.: FD-Beton – Eine Einführung. SGD Nord (noch unveröffentlicht)
- [3] Entwurf Arbeitsblatt DWA-A 786 „Technische Regel wassergefährdender Stoffe (TRwS) Ausführung von Dichtflächen.“ Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA), Hennef 2018

Anzeige

Frostschäden oder AKR?

prüfen der Dauerhaftigkeit:

- Slabtester
- CDF/CIF-Prüfanlage
- AKR-Reaktor
- AKROMAT - MiniAKR-Reaktor

www.schleibinger.com

Schleibinger Geräte
Teubert und Greim GmbH

Gewerbestraße 4
84428 Buchbach
Tel.: +49(0)8086 94731 10
E-Mail: info@schleibinger.com