

Gesetzliche Vorgaben und Anforderungen sowie Planung, Bauausführung und Überwachung Anforderungen an Sekundärbarrieren aus Beton in Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen; Teil 1

Winfried Berresheim, Köln, Stefan Schneider, Neuwied

Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen gemäß Wasserhaushaltsgesetz (WHG) und der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) sind seit 2017 länderübergreifend geregelt. Der erste Teil der Artikelserie beschäftigt sich mit den rechtlichen Vorgaben der neuen AwSV an die Herstellung und den Betrieb von Anlagen im Bereich des WHG sowie mit den Vorgaben an die zu verwendenden Betone (FD-Betone bzw. FDE-Betone). Abschließend werden die Anforderungen an die Planung, Bauausführung und Überwachung im Zuge der Erstellung von Sekundärbarrieren aus Beton vorgestellt.

1 Gesetzliche Rahmenbedingungen

Das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) [1] fordert in seinem § 62, dass Anlagen zum Lagern, Abfüllen, Herstellen, Behandeln und Verwenden von wassergefährdenden Stoffen so zu errichten sind, dass eine Beeinträchtigung von Gewässern nicht zu besorgen ist. Konkretisiert wird diese Forderung in der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) [2]. Dort heißt es in § 17, Abs. 1: „Anlagen müssen so geplant und errichtet werden, beschaffen sein und betrieben werden, dass

- wassergefährdende Stoffe nicht austreten können,
- Undichtheiten aller Anlagenteile, die mit wassergefährdenden Stoffen in Berührung stehen, schnell und zuverlässig erkennbar sind,
- austretende wassergefährdende Stoffe schnell und zuverlässig erkannt und zurückgehalten sowie ordnungsgemäß entsorgt werden; dies gilt auch für betriebsbedingt auftretende Spritz- und Tropfverluste,
- bei einer Störung des bestimmungsgemäßen Betriebs der Anlage (Betriebsstörung) anfallende Gemische, die ausgetretene wassergefährdende Stoffe enthalten können, zurückgehalten und ordnungsgemäß als Abfall entsorgt oder als Abwasser beseitigt werden.

In § 18, Abs. 2 werden diese Forderungen wie folgt konkretisiert: „Rückhalteeinrichtungen müssen flüssigkeitsundurchlässig sein und dürfen keine Abläufe haben. Flüssigkeitsundurchlässig sind Bauausführungen dann, wenn sie ihre Dicht- und Tragfunktion während der Dauer der Beanspruchung durch die wassergefährdenden Stoffe,

mit denen in der Anlage umgegangen wird, nicht verlieren.“

Aus diesen Formulierungen können Planer, Errichter, Behörden und Sachverständige nur bedingt die geeignete Ausführung für eine bestimmte Anlage ableiten. Hilfestellung bieten hier insbesondere das DWA-Arbeitsblatt A 786 „Ausführung von Dichtflächen“ [3] bzw. der Entwurf des DWA-Arbeitsblatt A 786 „Ausführung von Dichtflächen“ [4]. Dort werden, in Abhängigkeit der Anlagenart, der Beaufschlagungsdauer und der Wassergefährdungsklasse der betreffenden Medien, Möglichkeiten geeigneter Dichtflächenführungen aufgezeigt. Als weitere Quelle sei auch das anlagenspezifische DWA-Arbeitsblatt A 781 „Tankstellen für Kraftfahrzeuge“ [5] genannt.

Als Beispiele für flüssigkeitsundurchlässige Dichtflächen werden Ausführungen in Ortbeton, Bitumen, Metall, Foliensystem usw. beschrieben. Darüber hinaus sind für den Betrieb von Anlagen bzw. Anlagenteile zum Lagern, Abfüllen und Umschlagen wassergefährdender Stoffe Eignungs- und Verwendbarkeitsnachweis gemäß Landesbauordnung [6] zu erbringen. Diese Forderung begründet sich aus der Wasserbauprüfverordnung (WasBauPrV RP) [7] des Landes Rheinland-Pfalz. Die Anforderungen an die Eigenschaften des Betons zur Herstellung von Dichtflächen aus Ortbeton sind der Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVB TB) [8] Teil C 2.15.16 zu entnehmen.

Hiernach sind ausschließlich Betone zu verwenden, welche die Anforderungen der DIN EN 206-1/DIN 1045-2 [9, 10] in Verbindung mit der DAfStB-Richtlinie

„Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen“ (BUMwS) [11] erfüllen und zusätzlich fremdüberwacht und zertifiziert sind. Gemäß Abschnitt 3 ist dabei zwischen „Flüssigkeitsdichtem Beton (FD-Beton)“ und „Flüssigkeitsdichtem Beton nach Eindringprüfung (FDE-Beton)“ zu unterscheiden. In den nachfolgenden Abschnitten werden die in der BUMwS [11] definierten Anforderungen an FD- bzw. FDE-Betone dargestellt.

Die Autoren

Dipl.-Ing. (FH) Winfried Berresheim ist seit 1995 Mitarbeiter beim TÜV Rheinland e.V. bzw. der TÜV Rheinland Industrie Service GmbH. Seit 1997 ist er Sachverständiger gem. VAW/AwSV, von 2011 bis 2019 war er lokaler Geschäftsfeldleiter Druckgeräte und Anlagentechnik für die Standorte Koblenz und Betzdorf (ab 2017 auch für den Standort Trier). Seit 2019 ist Winfried Berresheim Geschäftsfeldleiter Deutschland Druckgeräte und Anlagentechnik bei der TÜV Rheinland Industrie Service GmbH.

M. Eng. Stefan Schneider studierte Bauingenieurwesen (Diplom und Master) an der Fachhochschule Koblenz. Von 2009 bis 2010 war er Sachbearbeiter in einer Straßenbaubehörde. Seit 2010 ist Stefan Schneider Überwachungsbeauftragter für „Betonbaustellen und die Fertigteil- und Baustoffproduktion“ bei der Materialprüfungs- und Versuchsanstalt Neuwied.

2 Anforderungen an den zu verwendenden Beton

2.1 FD-Beton (Flüssigkeitsdichter Beton)

Flüssigkeitsdichte Betone (FD-Betone) müssen eine Vielzahl von Anforderungen der BUMwS [11] erfüllen. In Tafel 1 sind die wesentlichen Anforderungen zusammengestellt. Hierbei müssen sowohl die Grenzwerte der BUMwS [11] an die bauteilspezifisch (durch den Planer) festzulegenden Umweltbedingungen (Expositionsklassen) als auch die damit in Verbindung stehenden Anforderungen an die Betonzusammensetzung nach Anhang F der DIN 1045-2 erfüllt werden. Darüber hinaus sind die ergänzenden Anforderungen der BUMwS [11] an die Dichtheit des Betons gegenüber wassergefährdenden Stoffen einzuhalten.

Von den in Tafel 1 aufgeführten Kriterien der Richtlinie sind die Anforderungen an den w/z-Wert und den Zementleimgehalt von besonderer Bedeutung. Durch die Begrenzung des w/z-Werts wird das Kapillarporenvolumen des Betons (dies ist ver-

antwortlich für den Stofftransport) reduziert und die Dichtheit gegenüber wassergefährdenden Stoffen sichergestellt. Die Begrenzung des Zementleimgehalts ist die entscheidende Größe für die Reduzierung von Eigenspannungen in Folge von Zwang (z.B. durch Schwinden und durch die Hydrationswärmeentwicklung). Nachfolgend wird an einem Beispiel erläutert, wie der w/z-Wert und der Zementleimgehalt einer Betonzusammensetzung unter Berücksichtigung der enthaltenen Zusatzstoffe und Zusatzmittel zu berechnen ist.

Die vorliegende Betonzusammensetzung (Tafel 2) enthält Flugasche, die mit dem Faktor $k_f = 0,4$ auf den w/z-Wert angerechnet werden kann. Die enthaltene Zusatzmittelmenge von 5 kg/m^3 ist $> 3 \text{ l/m}^3$. Infolgedessen ist die enthaltene Wassermenge (Wasseranteil von ca. 90 M.-%) bei der Ermittlung des w/z-Werts zu berücksichtigen. Der für die vorliegende Betonzusammensetzung maßgebende äquivalente Wasserzementwert $(w/z)_{eq}$ berechnet sich damit zu:

$$(w/z)_{eq} = \frac{(w + w_{Zusatzmittel})}{(z + 0,4 \cdot f)} = \frac{(170 + 5)}{(350 + 0,4 \cdot 50)} = 0,47$$

Der w/z-Wert dieses Beispielbetons ist $< 0,50$ und erfüllt somit die Vorgaben der BUMwS [11] an den maximalen w/z-Wert von FD-Betonen.

Bei der Bestimmung des Zementleimgehalts des Betons sind die Volumenanteile der maßgebenden Ausgangsstoffe aufzusummieren. Folgende Betonbestandteile sind dabei zu berücksichtigen:

- die Zementmenge;
- die auf den w/z-Wert angerechnete Zusatzstoffmenge (i.d.R. $0,4 \cdot f$);
- die Menge des Zugabewassers;
- der Wasseranteil aus den Zusatzmitteln (bei einer Gesamtmenge der Zusatzmittel $> 3 \text{ l/m}^3$).

Die für den Zementleimgehalt maßgebenden Volumenanteile berechnen sich demnach wie folgt:

$$\begin{aligned} V_{\text{Zement}} &= 350 \text{ kg/m}^3 / 3,1 \text{ kg/dm}^3 = 112,9 \text{ dm}^3/\text{m}^3 \\ V_{\text{Zusatzstoff, angerechnet}} &= 0,4 \cdot 50 \text{ kg/m}^3 / 2,4 \text{ kg/dm}^3 \\ &= 8,3 \text{ dm}^3/\text{m}^3 \\ V_{\text{Wasser}} &= 170 \text{ kg/m}^3 / 1,0 \text{ kg/dm}^3 = 170,0 \text{ dm}^3/\text{m}^3 \\ V_{\text{Wasser, Zusatzmittel}} &= (5 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,90) / 1,0 \text{ kg/dm}^3 \\ &= 4,5 \text{ dm}^3/\text{m}^3 \end{aligned}$$

Aus den o.g. Volumenanteilen ergibt sich das maßgebende Gesamtvolumen des Zementleims für die vorliegende Betonzusammensetzung:

$$\begin{aligned} V_{\text{Zementleim}} &= V_{\text{Zement}} + V_{\text{Zusatzstoff, angerechnet}} + \\ &V_{\text{Wasser}} + V_{\text{Wasser, Zusatzmittel}} = 295,7 \text{ dm}^3/\text{m}^3. \end{aligned}$$

Somit erfüllt dieser Beispielbeton die Vorgaben der BUMwS [11] an den maximalen Zementleimgehalt von FD-Betonen ($< 290 \text{ l/m}^3$ Beton) nicht.

2.1.1 Hinweis zum Einsatz von FD-Betonen zur Herstellung von Dichtflächen an Tankstellen für Kraftfahrzeuge

Der Einsatz von FD-Betonen aus Ortbeton zur Herstellung von Dichtflächen an Tankstellen für Kraftfahrzeuge wird mittlerweile durch das DWA-Merkblatt A 781 [5] für den vereinfachten Nachweis ausgeschlossen. Der Bauausführende hat zur Herstellung von Dichtflächen an Tankstellen aus Ortbeton, die als Sekundärbarriere dienen, ohne eine gesonderte Nachweisführung demnach einen flüssigkeitsdichten Beton mit Eindringprüfung (FDE-Beton, siehe nächster Abschnitt) zu verwenden.

Erfolgen konkrete Dichtheitsnachweise (dies ist der Regelfall), dürfen FD-Betone aber auch in Zukunft zur Herstellung von Dichtflächen an Tankstellen verwendet werden. Allerdings ist anzumerken, dass die Nachweisführung der Umläufigkeit der Fuge bei Verwendung normaler Fugensysteme zur Herstellung befahrener Dichtflächen im Normalfall nicht funktioniert und aus diesem Grunde entweder spezielle Fugensysteme mit einem erhöhten Schutzniveau oder FDE-Betone zur Anwendung

Tafel 1: Anforderungen an FD-Beton gemäß BUMwS [11], Teil 2, Abschnitt 3

Eigenschaft	Anforderung nach BUMwS (Teil 2, Abschnitt 3.1.1)
Beton	Normalbeton nach DIN EN 206-1/DIN 1045-2 (Trockenrohdichte von 2000 bis 2600 kg/m³)
Wasserzementwert	w/z bzw. $w/z_{eq} \leq 0,50$ (die in flüssigen Zusatzmitteln enthaltene Wassermenge ist anzurechnen, wenn die Gesamtmenge $\geq 3 \text{ l/m}^3$ beträgt)
Druckfestigkeitsklasse	$\geq \text{C } 30/37$
Zement	Eine Vielzahl von Zementen nach der Normenreihe DIN EN 197-1, DIN EN 197-4 sowie der Normenreihe DIN 1164
Gesteinskörnung	nach DIN EN 12620 Größtkorn D_{max} zwischen 16 mm und 32 mm Sieblinie im grob- bis mittelkörnigen Bereich (A/B) nach DIN 1045-2
Zusatzstoffe (Flugasche und Silikastaub)	Anwendung und Anrechnung gemäß DIN EN 206-1/DIN 1045-2 $w/z_{eq} = w / (z + 0,4 f + 1,0 s) \leq 0,50$ (mit $f \leq 0,33 z$ und $s \leq 0,11 z$)
Polymerdispersionen	mit Zulassung für Anwendung in Beton nach DIN EN 206-1/DIN 1045-2 Kunststoffzusatz (Fest- und Flüssiganteil) ist auf w/z-Wert anzurechnen ggf. ist die chemische Beständigkeit gegenüber dem einwirkenden wassergefährdenden Stoff nachzuweisen
Restwasser	Verwendung gemäß DIN EN 1008 zulässig (gilt nicht für LP-Beton)
Künstliche Luftporen	Herstellung als LP-Beton gemäß DIN EN 206-1/DIN 1045-2 zulässig
Zementleimgehalt	Volumen von Zement (+ Zusatzstoff) und Wasser $\leq 290 \text{ l/m}^3$ Beton (die auf den w/z-Wert angerechnete Zusatzstoffmenge ist anzurechnen, die in flüssigen Zusatzmitteln enthaltene Wassermenge ist anzurechnen, wenn die Gesamtmenge $\geq 3 \text{ l/m}^3$ beträgt)
Frischbetoneigenschaften	Keine Neigung zum Entmischen oder Absondern von Wasser (Bluten) Beton ist i.d.R. mit Konsistenz F3 einzubauen (für weichere Konsistenzen ist nachzuweisen, dass Entmischungen unter den gegebenen Einbaubedingungen sicher vermieden werden)

Tafel 2: Beispiel einer Betonzusammensetzung

Ausgangsstoff	Art	Menge [kg/m³]
Zement	CEM I 42,5 R	350
Zusatzstoff	Flugasche	50
Zusatzmittel	FM (1,4 M.-% vom Zementanteil)	5
Wasser	Frischwasser	170

kommen müssen (zum konkreten Nachweis siehe Teil 2 der Artikelserie in **beton** 1+2/2021).

2.2 FDE-Beton (flüssigkeitsdichter Beton nach Eindringprüfung)

Betone, die nicht in allen Punkten die Anforderungen an FD-Betone (vgl. Abschnitt 2.1) erfüllen, dürfen als so genannte FDE-Betone ebenfalls zur Herstellung von Dichtflächen, im Sinne der BUMwS [11] eingesetzt werden, sofern ihre Eignung im Rahmen einer Eindringprüfung nachgewiesen wird und sie die Anforderungen der nachstehenden Tafel 3 erfüllen.

3 Anforderungen an die Planung, Bauausführung und Überwachung

Gemäß den Vorbemerkungen zur BUMwS [11] müssen Anlagen zum Lagern, Abfüllen und Umschlagen von wassergefährdenden Stoffen (LAU-Anlagen) sowie Anlagen zum Herstellen, Behandeln und Verwenden von wassergefährdenden Stoffen (HBV-Anlagen) so beschaffen, errichtet, unterhalten und betrieben werden, dass sie dem Besorgnisgrundsatz nach § 62 (1) des Wasserhaushaltsgesetzes Genüge tun. Dies ist dann gegeben, wenn das betreffende Betonbauwerk innerhalb der festgelegten Nutzungsdauer bei den zu erwartenden Einwirkungen „flüssigkeitsdicht“ ist. Dabei wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass Tragwerksplaner, Ausführende und Überwacher eine entsprechende Qualifikation und Sorgfalt besitzen.

Die Notwendigkeit einer frühzeitigen Zusammenarbeit aller Beteiligten wird insbesondere in den Abschnitten 8.1 bis 8.5 des Teil 1 der BUMwS [11] deutlich. Hier werden die in den unterschiedlichen Projektabschnitten (Planung, Bauausführung, Instandsetzung, Überwachung der baulichen Anlagen und Erstellung eines Konzepts für den Beaufschlagungsfall) zu berücksichtigenden Detailpunkte aufgeführt und den Beteiligten entsprechend ihren Zuständigkeiten zugeordnet. Die sich daraus für die unterschiedlichen Personengruppen ergebenden Aufgabenbereiche und Verantwortlichkeiten sind in der Tafel 4 zusammengestellt.

3.1 Planung – die maßgebende

Funktion des Tragwerkplaners

Die sachgerechte Planung einer baulichen Anlage für die Erfüllung der betrieblichen und wasserrechtlichen Anforderungen wird in der BUMwS [11] durchgängig gefordert. Der Tragwerkplaner wird hiernach mit einer Vielzahl von Aufgaben bzw. Abstimmungen zwischen den Projektbeteiligten betraut (s. Tafel 4) um die Anforderungen der BUMwS [11] umzusetzen. Sein Aufgabenbereich geht demnach weit über das bloße Aufstellen der Standsicherheits- und Dichtigkeitsnachweise hinaus. Insbesondere durch die Zuständigkeit für die Festlegung der in den unterschiedlichen Projektphasen durchzuführenden Prüfungen (Aufstellen der Prüfliste) wird seine hohe Verantwortung für das Gesamtprojekt deutlich.

Weiterhin wird in der BUMwS [11] auf die Notwendigkeit einer frühzeitigen Zusammenarbeit zwischen dem Planer und dem Betreiber der Anlage sowie dem für die Überwachung zuständigen Sachverständigen hingewiesen. Im Rahmen dieser frühzeitigen Koordinierungsgespräche hat der Tragwerksplaner das durch den Betreiber der Anlage aufzustellende Konzept für den Beaufschlagungsfall bei seiner Planung zu berücksichtigen und diese mit dem zuständigen Sachverständigen abzustimmen. Das Konzept für den Beaufschlagungsfall beschreibt sowohl die infrastrukturelle Situation als auch die zu ergreifenden Maßnahmen zur Bewältigung eines möglichen Beaufschlagungsfalls sowie die zu erwartende Zeitdauer zwischen dem Eintritt und der Beseitigung einer Beaufschlagung mit einem wassergefährdenden Stoff.

3.2 Bauausführung

3.2.1 Der Fachbetrieb nach § 62 der AWSV [2]

Die BUMwS [11] lässt für die Ausführung von bestimmten Anlagen und Anlagenteilen nur so genannte Fachbetriebe nach § 62 der AWSV [2] zu. Als Fachbetrieb nach § 62 gelten solche Unternehmen, die über die erforderliche gerätetechnische Ausstattung sowie über eine entsprechende Fachkunde und Zuverlässigkeit verfügen. Der Fachbetrieb hat sicherzustellen, dass die betrieblich verantwortliche Person mindestens alle zwei Jahre

sowie das eingesetzte Personal regelmäßig an Schulungen/Fortbildungsveranstaltungen teilnehmen. Die auf einen Zeitraum von zwei Jahren befristete Zertifizierung und die regelmäßige Überwachung dieser Fachbetriebe erfolgt durch eine Sachverständigenorganisation oder eine anerkannte Güte- und Überwachungsgemeinschaft.

Betriebe, die ausschließlich Stahlbetonarbeiten ausführen, weisen die Qualifikation als Fachbetrieb für den sachgerechten Einbau des Betons üblicherweise im Rahmen des Fremdüberwachungsvertrags mit einer anerkannten Überwachungsstelle nach Anhang NC der DIN EN 13670/DIN 1045-3 [12, 13] nach. Führen die Unternehmen darüber hinaus weitere Arbeiten an baulichen Anlagen durch (wie z. B. den Verguss von Fugen, Einbau von Anlagenteilen, etc.), muss der ausführende Betrieb darüber hinaus über einen so genannten WHG-Beauftragten (betrieblich verantwortliche Person) verfügen.

3.2.2 Verwendbarkeitsnachweise für Bauprodukte/Bauteile

Neben dem Nachweis des Fachbetriebs hat das ausführende Unternehmen dafür zu sorgen, dass für alle zur Errichtung oder Instandsetzung einer Anlage bzw. von Anlagenteilen verwendeten Bauprodukte/Bauteile ein Verwendbarkeitsnachweis vorliegt. Die Art des zu erbringenden Verwendbarkeitsnachweises hängt dabei grundsätzlich von den jeweiligen Bauprodukten ab.

Im Bereich der Stahlbetonarbeiten wird für das Bauprodukt „Beton als Abdichtungsmittel für Auffangräume und Flächen für LAU-Anlagen“ ein Übereinstimmungsnachweis gemäß der Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB) [8] Teil C 2.15.16 gefordert. Für den Abnehmer des Transportbetons empfiehlt es sich, eine Kopie des Übereinstimmungszertifikats für den verwendeten Beton beim Betonhersteller anzufordern. Mittels dieses Nachweises kann belegt werden, dass der jeweilige Lieferant für die Herstellung von FD- bzw. FDE-Betonen zertifiziert und fremdüberwacht ist. Darüber hinaus muss der Lieferschein des Transportbetonlieferanten mit einem Übereinstimmungsnachweis

Tafel 3: Anforderungen an FDE-Beton gemäß BUMwS [11]

Eigenschaft	Anforderung nach BUMwS (Teil 2, Abschnitt 3.1.2)
Beton	Beton nach DIN EN 206-1/DIN 1045-2
Wassermenge	w/z bzw. w/z _{eq} ≤ 0,50 (die in flüssigen Zusatzmitteln enthaltene Wassermenge ist anzurechnen, wenn die Gesamtmenge ≥ 3 l/m³ beträgt)
Druckfestigkeitsklasse	keine Mindestanforderung
Gesteinskörnung	Größtkorn D _{max} ≤ 32 mm
Bestandteile, die von DIN EN 206-1/DIN 1045-2 abweichen	Zementgebundene Betone mit Bestandteilen, die nicht DIN EN 206-1/DIN 1045-2 entsprechen (organische oder anorganische Zusatzstoffe, Fasern, Gesteinskörnungen mit einem Größtkorn < 8 mm) dürfen nur dann eingesetzt werden, wenn sie für die Verwendung in Bauwerken nach DIN 1045 zugelassen sind
Faserzusatz	Die Dichtheit von faserhaltigen Betonen müssen gemäß BUMwS nachgewiesen werden. Beim Nachweis der Dichtheit von gerissenen Konstruktionen, ist zusätzlich die mechanische und ggf. chemische Beständigkeit der Fasern im Riss in Anlehnung an Anhang A, Abschnitt A.6 nachzuweisen)

Tafel 4: Aufgabenbereiche/Verantwortlichkeiten der beteiligten Personengruppen

Tragwerksplaner	Ausführende Fachbetriebe	Betreiber der Anlage	Sachverständiger
Verfassung der Planungsunterlagen zur Errichtung und Instandsetzung der Anlage in prüffähiger Form (unter Berücksichtigung des Konzepts für den Beaufschlagungsfall (→ Betreiber der Anlage)) Nachweis der Dichtheit und Stand-sicherheit der baulichen Anlage und ihrer Bauteile Aufstellung einer Prüfliste für die unterschiedlichen Phasen (während der Bauausführung, für die Erstprüfung nach der Fertigstellung und für wiederkehrende Prüfungen) mit Angaben zu Prüfungsumfang und Prüfintervallen Abstimmung der Planung mit dem zuständigen Sachverständigen und dem Betreiber der Anlage	Nachweis des Fachbetriebs nach WHG gemäß §62 der AwSV Verwendbarkeitsnachweis für Baustoffe und Bauteile gemäß den Teilen 1, 2 und 3 der Richtlinie Dokumentation während der Bauausführung (insbesondere hinsichtlich aller für die Dichtheit relevanten Aspekte) Überwachung während der Bauausführung gemäß Prüfliste Überwachung der Baustellen nach DIN 1045-3 (Eigen- und Fremdüberwachung)	Aufstellung eines Konzepts für den Beaufschlagungsfall unter Berücksichtigung betrieblicher und wasserrechtlicher Anforderungen (→ Tragwerksplaner) Regelmäßige Überprüfung der Anlage (mindestens einmal jährlich). Zur Inbetriebnahmeprüfung sowie zur Prüfung nach einer wesentlichen Änderung von Abfüll- oder Umschlaganlagen gehört eine Nachprüfung dieser Anlagen nach einjähriger Betriebszeit. Bei Feststellung von Abweichungen vom Sollzustand: Festlegung und Einleitung von Instandsetzungsmaßnahmen (→ Tragwerksplaner) Dokumentation der Ergebnisse von Überprüfungen sowie von durchgeführten Instandsetzungen und deren Vorlage beim Sachverständigen ggf. Anpassung/Modifizierung der Prüfliste aufgrund von durchgeführten Überwachungen bzw. Instandsetzungsmaßnahmen (→ Tragwerksplaner) Aufbewahrung der Dokumentation über Bauausführung und Prüfungen sowie über durchgeführte Instandsetzungen und Überwachungen	Durchführung von regelmäßigen Überprüfungen der Anlage nach AwSV (während der Ausführung, vor Inbetriebnahme und wiederkehrend) gemäß Prüfliste und Dokumentation der Überwachung Überprüfung des Konzepts für den Beaufschlagungsfall bei der Inbetriebnahmeprüfung Bei Feststellung von Abweichungen vom Sollzustand: Festlegung und Einleitung von Instandsetzungsmaßnahmen (→ Tragwerksplaner) ggf. Anpassung der Vorgaben aus der Prüfliste (bei Reduktion des Prüfungsumfangs muss Tragwerksplaner Stellung beziehen)

zeichen gemäß Bild 1 gekennzeichnet werden. Da die Übereinstimmung mit der BUMwS [11] aus dem Ü-Zeichen allein aber i.d.R. nicht eindeutig hervorgeht, muss auf dem Lieferschein zusätzlich die Bezeichnung „FD-Beton“ oder „FDE-Beton“ enthalten sein.

3.2.3 Überwachung und Dokumentation während der Bauausführung
Gemäß BUMwS [11] hat der bauausführende Fachbetrieb grundsätzlich eine lücken-

lose Dokumentation der Bauausführung anzufertigen. Dabei sind insbesondere alle dichtheitsrelevanten Aspekte der Anlage zu dokumentieren.

Neben den zuvor geschilderten allgemeinen Hinweisen zur Dokumentationspflicht wird zudem eine Überwachung der Baustelle nach DIN EN 13670/DIN 1045-3 [12, 13] gefordert. Flüssigkeitsdichter Beton wird gemäß den o.g. Normen in die Überwachungskategorie 2 eingestuft. Daraus resultieren die nachfolgenden Aufgaben:

- die Eigenüberwachung durch das ausführende Unternehmen hat nach Anhang NA bis NC zu erfolgen,
- zusätzlich muss eine Überwachung der Baustelle durch eine anerkannte Überwachungsstelle nach Anhang ND der DIN EN 13670/DIN 1045-3 [12, 13] erfolgen.

Bestandteile der baurechtlich geregelten Überwachung der Baustelle sind dabei die Eigen- und Fremdüberwachung. Tafel 5 gibt die wesentlichen Bestandteile der Eigen- und Fremdüberwachung entsprechender Baustellen wieder.

3.2.4 Hinweise für die Bauausführung nach DAfStb-Richtlinie [11]

In der BUMwS [11] sind ergänzend zu den Regelungen der DIN EN 13670/DIN 1045-3 [12, 13] einige Hinweise für die Bauausführung enthalten, die dazu beitragen sollen, die hohen Anforderungen an die Dichtheit der Bauteile sicherzustellen. Die wesentlichen Punkte sind in Tafel 6 aufgeführt.

3.3 Häufig im Rahmen der Fremdüberwachung des Betoneinbaus festgestellte Probleme bei der Ausführung

In den nachfolgenden Abschnitten werden Hinweise gegeben, welche Probleme häufig bei der Überwachung der WHG-Baustellen vorgefunden werden.

3.3.1 Nachbehandlung der Betonbauteile

Bei der Überwachung der ÜK2-Baustellen wird immer wieder festgestellt, dass eine sorgfältige und ausreichend lange Nachbehandlung der Bauwerksteile in der Praxis nicht sachgerecht umgesetzt wird, obwohl die Nachbehandlung und der Schutz des jungen Betons wesentliche Maßnahmen zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit im Normenkonzept der DIN EN 1992-1-1 [14, 15] darstellen.

Durch die korrekte Nachbehandlung wird vor allem die Dichtheit des Betons in den Bauteilrandzonen sichergestellt und somit das Eindringverhalten von beton- und stahlangreifenden Stoffen reduziert. Gemäß den normativen Vorgaben muss die Oberfläche des jungen Betons so lange nachbehandelt werden, bis der Beton im Bauteil 70 % seiner charakteristischen Festigkeit erreicht hat, jedoch nicht weniger als sieben Tage.

Ohne einen genaueren Nachweis (z. B. durch Erhärtungsprüfungen an separat hergestellten Probekörpern, Reifebestimmungen des Betons etc.) sind die Tabellenwerte der DIN 1045-3 [13] Tabelle 5.NA bei Dichtflächen aus Beton zu verdoppeln.



Bild 1: Beispiel eines Ü-Zeichens zur Kennzeichnung des Produkts

Tafel 5: Überwachung während der Bauausführung

Wesentliche Bestandteile der Überwachung des Einbaus von Beton der Überwachungsklasse 2	
Überwachung durch das Bauunternehmen (Eigenüberwachung) nach DIN EN 13670 / DIN 1045-3, Anhänge NA bis NC Ständige Betonprüfstelle - Firmeneigene oder externe Prüfstelle, die über die erforderlichen Geräte für die Prüfungen am Frisch- und Festbeton verfügt und von einem in der Betontechnik erfahrenen Fachmann (Nachweis über erweiterte betontechnologische Kenntnisse) geleitet wird - Ihre Aufgaben sind insbesondere die Beratung des ausführenden Unternehmens, Durchführung von Frisch- und Festbetonprüfungen, Auswertung der Prüfergebnisse (Annahmeproofungen), Schulung der Führungs- und Fachkräfte der Baustelle in Abständen von höchstens drei Jahren Baustellenmeldung - Pünktliche Anmeldung (vor der ersten Betonage) der Verarbeitung überwachungspflichtiger Betone (Überwachungsklasse 2/3) bei einer anerkannten Überwachungsstelle Aufzeichnungen während der Bauausführung - Führen eines Betonier- und Nachbehandlungstagebuchs mit allen wesentlichen Angaben zu den einzelnen Betonagen (wie Betonmengen und -sorten, Zeitpunkt/Dauer der Betoniervorgänge, Witterung und Temperaturen, hergestellte Bauteile, Art und Dauer der Nachbehandlung sowie Dokumentation der durchgeführten Prüfungen) Kennzeichnung der Baustelle - Kennzeichnung der Baustelle als Betonbaustelle der Überwachungsklasse 2/3 mit Hinweis der Überwachung durch eine anerkannte Überwachungsstelle nach DIN EN 13670/DIN 1045-3 Baustellenergebnismeldung - Nach Abschluss der überwachungspflichtigen Betonarbeiten und Vorliegen aller Prüfungsergebnisse wird der anerkannten Überwachungsstelle eine Ergebnismeldung mit allen zur Ausführung gekommenen Betonsorten zur Verfügung gestellt	Überwachung durch eine anerkannte Überwachungsstelle (Fremdüberwachung) nach DIN EN 13670 / DIN 1045-3, Anhang ND Baustellenmeldung - Bestätigung der Übernahme der Überwachung einer angemeldeten Betonbaustelle der ÜK 2/3 (i.d.R. auf Grundlage eines Überwachungsvertrags) Eignung des ausführenden Unternehmens - Überprüfung der personellen Sachkunde/Erfahrung der Mitarbeiter und der erforderlichen Geräteausrüstung des ausführenden Unternehmens Eignung der ständigen Betonprüfstelle - Überprüfung des Fachpersonals, der gerätetechnische Ausstattung und der Räumlichkeiten in regelmäßigen Abständen Überprüfung der Baustelle - Regelmäßige Überprüfung der Aufzeichnungen während der Bauausführung sowie der Baustelle, ggf. sind auf der Baustelle weitere Überprüfungen bzw. Wiederholungsprüfungen bei wesentlichen Beanstandungen durchzuführen - Zu überprüfen sind insbesondere die Aufzeichnungen im Bau-/Betoniertagebuch, Nachweise über Schulungen des Baustellenpersonals (< drei Jahre), Ergebnisse von durchgeführten Prüfungen, Einsichtnahme in die bautechnischen Unterlagen, allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen und Prüfbescheide Überwachungsbericht - Die Ergebnisse der durchgeführten Überwachungen sind durch die anerkannte Überwachungsstelle in einem Überwachungsbericht festzuhalten. Der Bericht ist auf der Baustelle und bei der Überwachungsstelle aufzubewahren und den Beauftragten der zuständigen Behörde auf Verlangen vorzulegen

Tafel 6: Hinweise für die Bauausführung nach BUMWS [11]

Bauablauf/ Betonierabschnitte - Alle für die Ausführung wichtigen Angaben sind in einem Bauablaufplan festzuhalten (z.B. Betonzusammensetzung, Betonierabschnitte, Lage und Ausbildung von Arbeitsfugen, Betonierfolge, Einbau- und Verdichtungsmaßnahmen sowie Maßnahmen zur Verringerung der Hydratationswärme und Nachbehandlung des Betons) - Der Bauablaufplan ist unter Berücksichtigung der planerischen Vorgaben aufzustellen Betoniertermin (Wahl günstiger Ausführungsbedingungen) - In Hinblick auf den Zeitpunkt der Herstellung sind günstige Ausführungsbedingungen anzustreben, dabei sind insbesondere die Tageszeit und Witterung (z.B. geringe Sonneneinstrahlung, kein Frost, möglichst geringe Temperaturdifferenz zwischen Bauteil und Umgebung) zu berücksichtigen. Ggf. sind Schutzmaßnahmen des jungen Betons vorzusehen Auswahl geeigneter Materialien für Schalung und Abstandhalter - Öffnungen für Schalungsanker sowie Abstandhalter müssen gegenüber den einwirkenden wassergefährdenden Stoffen medienbeständig und flüssigkeitsdicht sein Lieferung und Übernahme des Betons - Der gelieferte Beton muss hinsichtlich aller maßgebenden Eigenschaften (wie Festigkeits- und Expositionsclassen, Konsistenz, Größtkorn, Festigkeitsentwicklung, etc.) den Planvorgaben entsprechen und als „FD-Beton“ oder „FDE-Beton“ nach BUMWS ausgewiesen sein - Auf Transportbetonliefererscheinungen sind die Ist-Mengen der Betonzusammensetzung (Chargenprotokoll) auszuweisen - Veränderungen der Betonzusammensetzung auf der Baustelle sind i.d.R. nicht zulässig (eine nachträgliche Zugabe von Fließmitteln und/oder zugelassenen Fasern kann bei vorhandener Eignungsprüfung ggf. erfolgen, dann jedoch nur in Verantwortung des Betonherstellers/-lieferanten) Betoneinbau und -verdichtung - Der Beton ist stetig einzubringen und vollständig zu verdichten (insbesondere bei plattenförmigen Bauteilen ist ein Nachverdichten vorzusehen, um einen optimalen Verbund mit der Bewehrung zu erzielen) - Ein Entmischen des Betons ist durch geeignete Maßnahmen (z.B. Fallrohre) zu verhindern - Die Oberflächen von Ableitflächen sind mit Rüttelbohlen abzuziehen und ggf. zu vakuumieren Nachbehandlung - Die Nachbehandlung und der Schutz des Betons hat solange zu erfolgen, bis der Beton 70 % seiner charakteristischen Festigkeit erreicht hat (ohne weitere Nachweise sind die Werte aus Tabelle 5.NA der DIN 1045-3 zu verdoppeln) - Die Nachbehandlungsdauer muss unabhängig von den Vorgaben der DIN 1045-3 in jedem Fall mindestens sieben Tage betragen - Die Nachbehandlungsmaßnahmen müssen hinsichtlich ihres Wasserrückhalts mindestens einer 0,3 mm dicken Folien entsprechen (chemische Nachbehandlungsmittel sind nur für horizontale Flächen zugelassen)

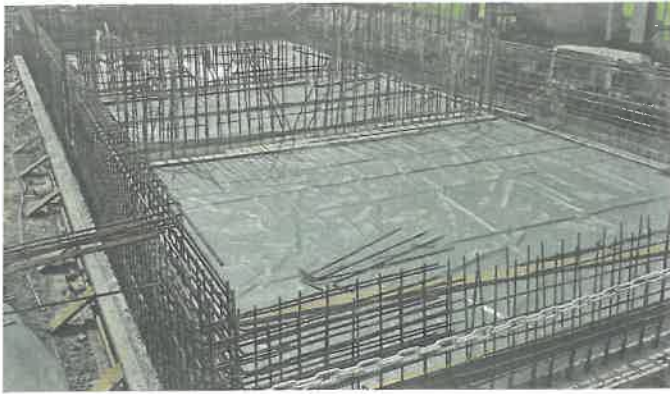


Bild 2: Folienabdeckung der Bodenplatte



Bild 3: Nassnachbehandlung der Bodenplatte

Der Einsatz von chemischen Nachbehandlungsmitteln (so genannte Curing-Mittel) ist gemäß BUMwS [11] nur bei horizontalen Flächen erlaubt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der Betonuntergrund bei nachträglich aufzubringenden Beschichtungen im Normalfall eine Oberflächenzugfestigkeit von im Mittel $> 1,5 \text{ N/mm}^2$ aufweisen muss. Diese Werte sind auch bei Verwendung eines Curing-Mittels zu erreichen.

Die Bilder 2 und 3 zeigen Beispiele für den Einsatz von Folien bzw. das Aufbringen eines Wasserfilms, die als Nachbehandlungsmaßnahmen zur Sicherstellung der Betonqualität der Stahlbetonbauteile eingesetzt wurden.

3.3.2 Nutzungsbedingte chemische Einwirkung auf Betonbauteile

Bei der Überprüfung der planerischen Vorgaben an die festgelegten Expositionen (äußere Einwirkungen auf den Beton) der Dichtflächen werden im Rahmen der Fremdüberwachung üblicherweise keine signifikanten Abweichungen vorgefunden. Dafür zeigt sich nicht selten, dass am Objekt (abweichend von der Planung) völlig andere Chemikalien Verwendung finden und somit auf die Betonoberflächen einwirken. Bild 4 zeigt beispielhaft die Abdichtungsfläche eines Waschplatzes, bei dem die Betonoberfläche eine waschbetonartige Struktur aufwies. Hier stellt sich die Frage, wie es zu solchen gravierenden Zementsteinablösungen an den Bauteiloberflächen kommen konnte.

Der Betreiber dieser Anlage hatte bei den Waschvorgängen u.a. einen sauren Felgenreiniger verwendet, der gemäß dem Pro-

duktdatenblatt auf Salzsäure und Fluorwasserstoffsäure basierte. Der pH-Wert dieses Reinigungsmittels lag unverdünnt bei rd. 2,25 (saurer Bereich). Selbst bei der im Produktdatenblatt angegebenen Verdünnung (1:10) lag der pH-Wert immer noch im stark sauren Bereich. Mit diesem pH-Wert hat der Planer aber nicht gerechnet. Die Folge war der lösende Angriff auf die Betonoberfläche.

Wäre dem Planer bekannt gewesen, dass derartige Reinigungsmittel zur Anwendung kommen, hätte er einen Beton mit der Expositions-klasse XA3 (chemisch stark angreifende Umgebung) planen müssen.

Für Stahlbetonbauteile, die der Expositions-klasse XA3 ausgesetzt werden, müssen gemäß DIN EN 206-1/DIN 1045-2 [9, 10] konstruktive Schutzmaßnahmen vorgesehen werden. Nur so kann die Dauerhaftigkeit des Betons gewährleistet werden.

Als Schutzmaßnahmen kommen Schutzschichten (z.B. Beschichtungen) oder dauerhafte Bekleidungen in Betracht. Alternativ darf auch eine Gutachterlösung in Betracht gezogen werden.

Im oben beschriebenen Beispiel wurde gemäß den bautechnischen Unterlagen keine chemisch stark angreifende Umgebung des Betons (Expositions-klasse XA3) seitens der Fachplanung vorgesehen, weshalb der Planer einen flüssigkeitsdichten Beton der Festigkeits-klasse C30/37, der Expositions-klassen XC4, XD3, XF4, XM2, XA2 sowie der Feuchtigkeits-klasse WA ausgeschrieben hatte.

3.3.3 Überprüfung der Lieferscheine und Annahme des Betons auf der Baustelle

Der gelieferte Beton muss hinsichtlich aller maßgebenden Eigenschaften (wie Festigkeits- und Expositions-klassen, Konsistenz, Größtkorn, Festigkeitsentwicklung, etc.) den Planvorgaben entsprechen und als „FD-Beton“ oder „FDE-Beton“ nach BUMwS [11] ausgewiesen sein. Zusätzlich sind die Ist-Mengen der Betonzusammensetzung (Chargenprotokoll) bei Dichtflächen aus Beton auf den Transportbetonlieferscheinen auszuweisen. Das Fachpersonal der bauausführenden Firma hat auf Basis dieser Angaben sowohl den Zementleimgehalt als auch den w/z-Wert zu überprüfen. Bild 5 zeigt exemplarisch einen mit allen

notwendigen Angaben bedruckten Lieferschein nach BUMwS [11] und DIN EN 206-1/DIN 1045-2 [9, 10].

Neben den oben beschriebenen Parametern stellen auch die Be- und Entladezeiten der Betonmischungen eine wichtige Kenngröße dar. Transportbeton, der keine verzögernden Zusatzmittel enthält, sollte gemäß DIN 1045-3 [13] bei Fahrmischern mit Rührwerk 90 min nach der ersten Wasserzugabe zum Zement (= Beladezeit im Transportbetonwerk) vollständig entladen sein. Die Wahl des Transportbetonwerks (Entfernung zwischen dem Betonwerk und der Baustelle) sowie die Einbaumethode (mittels Kübel oder Pumpe) ist auf die vorgeschriebene Entladezeit von i.d.R. 90 min abzustimmen. Ansonsten sind ergänzende Maßnahmen zur Sicherstellung der Einbaubarkeit zu ergreifen.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Im ersten Teil der Artikelserie wurde über die rechtlichen Vorgaben der neuen AwSV [2] an die Herstellung und den Betrieb von Anlagen im Bereich des Wasserhaushaltsgesetzes sowie über die Vorgaben an die zu verwendenden Betone (FD-Betone bzw. FDE-Betone) berichtet. Anschließend wurden die Regelwerksvorgaben an die Planung, Bauausführung und Überwachung im Zuge der Erstellung von Sekundärbarrieren aus Beton sowie häufig festgestellte Probleme im Rahmen der Überwachung der Baustellen vorgestellt.

Der zweite Teil der Artikelserie wird sich mit der Ermittlung der mittleren und charakteristischen Eindringtiefen von FD-Betonen (flüssigkeitsdichten Betonen ohne Eindringprüfung) beschäftigen. Hierbei wird im Besonderen auf den Unterschied zwischen den Anforderungen an den „ungerissenen Bauteilquerschnitt“ und die „zu schützende Fugenflanke“ sowie auf die sich hieraus abgeleiteten „Bemessungswerte der Eindringtiefe“ eingegangen. Speziell werden die Anforderungen hergeleitet, die an Dichtflächen von Tankflächen zu stellen sind. Abschließend wird detailliert auf die Probleme bei der Durchführung der Eindringprüfung an Betonen zum Nachweis der Eindringtiefe wassergefährdender Stoffe (FDE-Prüfung) eingegangen.

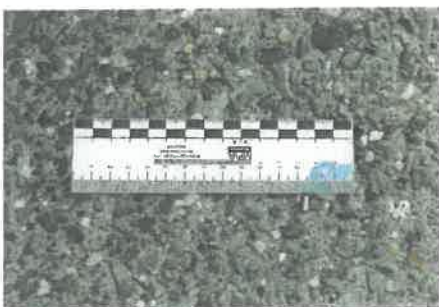


Bild 4: Ablösungen der oberen Zementsteinschicht des Betons

Bild 5: Exemplarischer Lieferschein für Transportbeton nach DIN EN 201-1/DIN 1045-2 und zusätzlicher Angaben gemäß BUmwS [11]

- [11] DAFStb-Richtlinie „Betonbau beim Umgang mit wasser-gefährdenden Stoffen (BUMwS)“. Ausgabe März 2011
- [12] DIN EN 13670: „Ausführung von Tragwerken aus Beton“. Ausgabe März 2011
- [13] DIN 1045-3: „Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 3: Bauausführung – Anwendungsregeln zu DIN EN 13670“. Ausgabe März 2013
- [14] DIN EN 1992-1-1 Eurocode 2: „Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau“. Ausgabe Januar 2011 und A1-Änderung März 2015
- [15] DIN EN 1992-1-1/NA: „Nationaler Anhang: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau“. Ausgabe April 2013 und A1-Änderung Dezember 2015