

Neuerungen in der überarbeiteten WU-Richtlinie

Prof. Dr.-Ing. Rainer Hohmann

1 Einleitung

Die Planung und Bauausführung von Weißen Wannen ist eine anspruchsvolle Aufgabe für den Planer und die Bauausführenden. 2018 ist die WU-Richtlinie [1] neu erschienen. Welche Konsequenzen haben diese neuen Regelwerke für Planer und Bauausführende? Welche Neuerungen sind bei der Planung und Bauausführung zu beachten? Was ist bei der Zusammenarbeit von Bauherrn, Planer, Fachplaner und Ausführenden zu bedenken? Der Beitrag gibt Antworten auf diese und weitere Fragen.

2 Überarbeitete „neue“ WU-Richtlinie

Im Dezember 2017 ist die überarbeitete Richtlinie „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton“ des DAfStb („WU-Richtlinie“) [1] erschienen, die die WU-Richtlinie aus 2003 [2] ersetzt. Was hat sich gegenüber der alten WU-Richtlinie geändert? Die WU-Richtlinie wurde redaktionell überarbeitet, wobei die Struktur und die Lesbarkeit deutlich verbessert wurden. Inhaltliche Änderungen betreffen u.a. folgende Punkte:

- Berücksichtigung der Auslegungen und Berichtigungen zur WU-Richtlinie, Ausgabe 03/2006
- Deutlichere und ausführlichere Darstellung der Planungsaufgaben als Leitfaden für erforderliche Planungsschritte
- Einfügen eines informativen Anhangs mit einer Checkliste zur Abstimmung der Zuständigkeit bei der Planung und der Ausführung von WU-Betonbauwerken als Orientierungshilfe für die Baubeteiligten
- Erweiterung des Anwendungsbereiches auf WU-Dächer und Aufnahme von Regelungen für WU-Dächer
- Änderungen bei der Definition der Beanspruchungsklassen
- Verdeutlichung und Präzisierung der Entwurfsgrundsätze
- Verschärfung der Anforderungen bei Entwurfsgrundsatz **b** mit Selbstheilung (zusätzliche Abhängigkeit vom Wasserdruck unabhängig von der Bauteildicke und Begrenzung auf eine maximale Wasserdruckhöhe von 10 m)
- Nennung von beispielhaften Maßnahmen (konstruktiv, betontechnologisch, ausführungstechnisch) zur Umsetzung der Entwurfsgrundsätze
- Deutlicherer Hinweis, dass die Zugänglichkeit zu luftseitigen Oberflächen der WU-Konstruktion bereits in der Planung zu berücksichtigen ist.
- Übersichtlichere Strukturierung der Nachweise entsprechend Nutzungsklassen und Entwurfsgrundsatz
- Erhöhung der Anforderungen bei WU-Elementwänden (Mindestrauigkeit, lichter Abstand zwischen der Bewehrung in der Ortbetonerfüllung)
- Präzisierung von Kommunikations-/ Dokumentations- und Prüfpflichten
- Verbesserung der Lesbarkeit und Verständlichkeit

Der Kommentar zur neuen WU-Richtlinie wird voraussichtlich 2020 erscheinen. In [7] geben die Autoren Alfes, Fingerloos und Flohrer Hinweise und Erläuterungen zur Neuausgabe der DAfStb-Richtlinie „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton“. Weiterführende Hinweise sind auch im Anhang A1 zu finden.

2.1 Anwendungsbereich der WU-Richtlinie

Die WU-Richtlinie gilt für

- WU-Wanne (d.h., teilweise und vollständig ins Erdreich eingebettete wasserundurchlässige Bauwerke und -bauteile aus Beton, auch weiße Wannen)
- WU-Dächer (d.h., Decke und Dächer des allgemeinen Hoch- und Wirtschaftsbaus) (neu),

die nach folgenden Regelwerken geplant und ausgeführt wurden:

- DIN EN 1991-1-1 in Zusammenwirken mit DIN EN 1991-1-1/NA und
- DIN 206-1 in Zusammenwirken mit DIN 1045-2 und
- DIN EN 13670 und DIN 1045-3, ggf. auch DIN 1045-4

Die Richtlinie gilt nicht für Bauwerke der ZTV-ING, der ZTV-W und Behälter. Die Regelungen der WU-Richtlinie gelten aber im übertragenen Sinn auch für andere wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton, wie z.B. Becken, unterirdische Ingenieurbauwerke, Stützmauern, u.ä., siehe WU-Richtlinie, Absatz 1 (2).

2.2 Begriffe

2.2.1 Bemessungswasserstand und Beanspruchungsklasse

Zur Beschreibung der Beanspruchung durch Wasser wird in der WU-Richtlinie [1] der Begriff „Beanspruchungsklasse“ eingeführt. Die neue WU-Richtlinie [1] unterscheidet wie bisher zwischen den Beanspruchungsklassen 1 und 2.

- **Beanspruchungsklasse 1:** Ständig oder zeitweise drückendes Wasser (Hinweis: Bei WU-Dächern gilt stets die Beanspruchungsklasse 1)
- **Beanspruchungsklasse 2:** Bodenfeuchte und an der Wand ablaufendes Wasser

Im Vergleich zur alten WU-Richtlinie [2], bei der die Beanspruchungsklasse 1 drückendes, nicht-drückendes Wasser und zeitweise aufstauendes Sickerwasser umfasste, versteht die überarbeitete WU-Richtlinie [1] unter Beanspruchungsklasse 1 ständig oder zeitweise drückendes Wasser. Der frühere Begriff „zeitweise stauendes Sickerwasser“

entfällt, da sich die Unterscheidung zum drückenden Wasser als schwierig und missverständlich erwiesen hat.

Beton mit hohem Wassereindringwiderstand ist der Überwachungsklasse 2 zuzuordnen, d.h., neben der Eigenüberwachung durch die ständige Betonprüfstelle des Bauunternehmens ist auch eine Fremdüberwachung durch eine anerkannte Überwachungsstelle erforderlich. Abweichend davon liegt bislang aber die Überwachungsklasse 1 vor, wenn der Baukörper maximal nur zeitweilig aufstauendem Sickerwasser ausgesetzt ist und wenn in der Projektbeschreibung keine andere Festlegung getroffen worden ist. In diesem Fall wäre nur eine Eigenüberwachung des Bauunternehmens ausreichend.

Hier zeigt sich eine Diskrepanz zur neuen WU-Richtlinie [2], die auch den Lastfall „zeitweise drückendes Wasser“ (= „zeitweise aufstauendes Sickerwasser“) der Beanspruchungsklasse 1 (drückendes Wasser) zuordnet. Nach der Definition der neuen WU-Richtlinie wäre somit zukünftig auch der Lastfall „zeitweise drückendes Wasser“ als Lastfall der Beanspruchungsklasse 1 der Überwachungsklasse 2 zuzuordnen.

2.2.2 Nutzungsklasse

Zur Beschreibung der Nutzung des Bauwerks wird in der neuen WU-Richtlinie [1], wie schon in der alten WU-Richtlinie [2], der Begriff „Nutzungsklasse“ verwendet, siehe auch Tabelle 1.

- **Nutzungsklasse A:** Bei Bauwerken oder Bauteilen der Nutzungsklasse A sind Feuchtstellen auf der luftseitigen Bauteiloberfläche als Folge von Wasserdurchtritt nicht zulässig.
- **Nutzungsklasse B:** Bei Bauwerken oder Bauteilen der Nutzungsklasse B sind Feuchtstellen auf der luftseitigen Bauteiloberfläche als Folge von Wasserdurchtritt zulässig (feuchtebedingte Dunkel-färbungen, gegebenenfalls auch die Bildung von Wasserperlen, aber kein Wasserdurchtritt, der zum Abfließen oder Abtropfen von Wassertropfen oder zu Pfützen führt).

Tabelle 1: Nutzungsklassen nach WU-Richtlinie [1]

Nutzungsklasse	Wasserdurchtritt		Anwendungsbeispiele
A	nicht zulässig	keine Feuchtestellen durch Wasserdurchtritt ^{1), 2), 3)} keine wasserführenden Risse und Fugen (auch nicht zeitweise)	Standard für den Wohnungsbau Lagerräume mit hochwertiger Nutzung
B	begrenzt zulässig	Feuchtflecken (Dunkelfärbungen) zulässig zeitweise, bis zur Selbstheilung wasserführende Risse ⁴⁾ Risse mit längerfristig feuchten Rissufer, jedoch keine Wasseransammlung auf der wasserabgewandten Bauteilseite ¹⁾	Einzelgaragen, Tiefgaragen Installations- und Versorgungsschächte Lagerräume mit geringen Anforderungen
¹⁾ Bei Wassertropfen auf der Bauteiloberfläche muss geprüft werden, ob es sich um Oberflächentauwasser handelt. ²⁾ Unterhalb einer innenseitig vorgesehenen Dampfbremse kann sich infolge der Wasserdampfdruckverhältnisse eine hohe Ausgleichsfeuchte des Betons ausbilden, welche die Betonoberfläche dunkel erscheinen lässt, wenn die Dampfbremse entfernt wird. Der Grund hierfür ist die verhinderte Abführung der Baufeuchte und hängt nicht mit der gewählten Art der Abdichtung des Bauwerks zusammen. ³⁾ Mit dem „Löschblatttest“ kann zuverlässig festgestellt werden, ob es sich bei dunklen Flecken um Feuchtestellen handelt. Ein lose auf die Betonoberfläche aufgelegtes Löschblatt oder saugfähiges Zeitungspapier darf sich nicht infolge Feuchteaufnahme dunkel färben. ⁴⁾ Der Zeitpunkt des Abschlusses der Selbstheilung muss mit den Nutzungsanforderungen des Bauwerks vereinbar sein.			

Bei der Nutzungsklasse A handelt es sich um eine hochwertige Nutzung (Wohnungsbau, Lagerräume mit hochwertiger Nutzung), bei der Nutzungsklasse B um eine untergeordnete Nutzung, wie sie z. B. bei Einzelgaragen, ggf. Tiefgaragen, Installations- und Versorgungsschächten vorliegt.

In der WU-Richtlinie [1] wird nicht auf bauphysikalische und raumklimatische Fragestellungen sowie die besonderen Anforderungen an Planung, Baukonstruktion und Ausführung der „Weißen Wanne“ in Abhängigkeit der Nutzung eingegangen.

Diese Lücke wird durch das DBV-Merkblatt „Hochwertige Nutzung von Räumen in Untergeschossen“ [6] geschlossen. Hierin wird zwischen den Nutzungsklassen A^{***}, A^{**}, A^{*} und A⁰ unterschieden, wobei A⁰ der Nutzungsklasse B in [1] zuzuordnen ist. Ein Überblick über die Nutzungsklassen A^{***}, A^{**}, A^{*} und A⁰, die raumklimatischen Anforderungen, Raumbeispiele und die erforderlichen Maßnahmen wird in Tabelle 2 gegeben.

Tabelle 2: Nutzungsklassen nach [6]

Nutzungsklasse	Raumnutzung	Raumklima	Beispiele	Maßnahmen ²⁾
A ^{***}	anspruchsvoll	warm, sehr geringe Luftfeuchte, geringe Toleranz der Klimadaten	Archive, Bibliotheken, Technikräume mit feuchteempfindlichen Geräten (Labor, Server usw.), Lager für stark feuchte- oder temperaturempfindliche Güter	Wärmedämmung, Heizung, Zwangslüftung, Klimaanlage (Luftentfeuchtung)
A ^{**}	normal	warm, geringe Luftfeuchte, mäßige Toleranz der Klimadaten	Räume für dauerhaften Aufenthalt von Menschen, wie Versammlungs-, Büro-, Wohn-, Aufenthalts- oder Umkleieräume, Verkaufsstätten; Lager für feuchteempfindliche Güter; Technikzentralen	Wärmedämmung, Heizung, Zwangslüftung, ggf. Klimaanlage
A [*]	einfach	warm bis kühl, normale Luftfeuchte, große Toleranz der Klimadaten	Räume für zeitweiligen Aufenthalt von wenigen Menschen; ausgebaute Kellerräume, wie Hobbyräume, Werkstätten, Waschküche im Einfamilienhaus, Wäschetrockenraum; Abstellräume	Wärmedämmung, ggf. ohne Heizung, natürliche Lüftung (Fenster, Lichtschächte, ggf. nutzerunabhängig)
A ⁰ ¹⁾	untergeordnet	keine Anforderungen	einfache Technikräume	
¹⁾ Einordnung in Nutzungsklasse B möglich ²⁾ Baukonstruktive Anforderungen an Zugänglichkeit der umschließenden Bauteile sind immer erforderlich				

2.2.3 Feuchtetransport und Feuchtemodell

Bei wasserundurchlässigen Bauwerken aus Beton nach WU-Richtlinie [1] wird davon ausgegangen, dass kein Kapillartransport durch die Bauteildicke hindurch (unabhängig vom hydrostatischen Druck und vom Schichtenaufbau der Bauteile) erfolgt und dass die Wasserdampfdiffusion vernachlässigbar ist. Die Begrenzung des Wasserdurchtritts in einer ungerissenen WU-Konstruktion erfolgt so, dass kein Wasser durch Kapillartransport oder durch Permeation die der Beaufschlagung abgewandte Bauteilseite erreicht. Dies wird sichergestellt durch die in der WU-Richtlinie [1] geforderte Betonqualität und durch empfohlene Mindestbauteildicken. Dabei wird in der WU-Richtlinie [1] in Hinblick auf den Wasser- und Feuchtetransport durch ungerissene Betonbauteile mit einem hohen Wassereindringwiderstand von der in Bild 1 dargestellten Modellvorstellung ausgegangen.

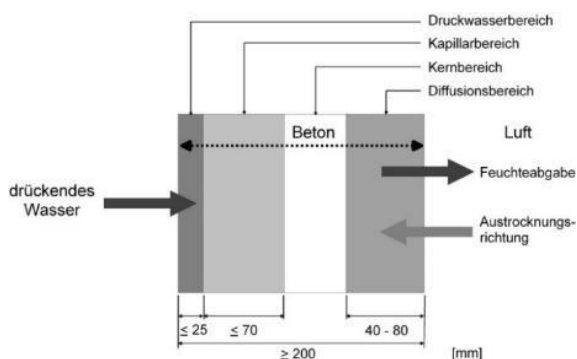


Bild 1: Arbeitsmodell für Feuchtebedingungen in einem Bauteilquerschnitt aus Beton (B 35 WU, $w/z \leq 0,55$) unter einseitiger Beaufschlagung mit drückendem Wasser (nach [1])

Bei Beaufschlagung durch drückendes Wasser ist lediglich eine bis zu 25 mm dicke Schicht durch Permeation mit Druckwasser gefüllt. Aufgrund kapillarer Effekte findet ein Wassertransport bis zu einer Schichtdicke von 70 mm statt (Kapillarbereich). Auf der raumseitigen Bauteiloberfläche erfolgt eine Abgabe der Stofffeuchte an die Raumluft. An diesem Austauschprozess ist aber lediglich eine bis zu 80 mm dicke raumseitige Schicht des Betonbauteils beteiligt (Diffusionsbereich). Der Austritt dieser Ausgleichsfeuchte beeinflusst das Raumklima nur unwesentlich und ist zeitlich begrenzt.

Allerdings kann bei drückendem Wasser ein Wasserdurchtritt durch Trennrisse, Störungen im Betongefüge, undichte Fugen oder Durchdringungen erfolgen. Diese sind entsprechend abzudichten.

2.3 Planungsaufgaben bei wasserundurchlässigen Bauwerken aus Beton

Planung im Sinn der WU-Richtlinie [1] ist das koordinierte Zusammenwirken der Verantwortlichen für die verschiedenen Planungsbereiche. Die technischen Verantwortlichkeiten der Bauteilbereiche für die einzelnen Teilbereiche der Planung (Entwurf und Ausführung), der Koordinierungsbedarf bzw. Informationsaustausch sind festzulegen. In der Baupraxis hat es sich bewährt, dass die WU-Fachplanung durch einen fachkundigen Tragwerksplaner erfolgt.

Folgende wesentlichen Aufgaben sind bei der Planung von WU-Bauwerken durchzuführen:

- Ermittlung des Bemessungswasserstandes und Festlegung der Beanspruchungsklasse; ggf. Berücksichtigung angreifender Wässer und Böden.
- Festlegung des Entwurfsgrundsatzes (Risse vermeiden, Rissbreiten begrenzen oder Einzelrisse zulassen und abdichten), ggf. bauteilspezifisch, Festlegung der rechnerischen Rissbreite, falls der Entwurfsgrundsatz **b** (Rissbreitenbegrenzung) oder Entwurfsgrundsatz **c** (planmäßige Trennrissbildung) angedacht ist.
- Aufklärung des Bauherrn über Konsequenzen aus dem Entwurfsgrundsatz
- Festlegen der konstruktiven, beton-technischen und ausführungstechnischen Maßnahmen zur Umsetzung der Entwurfsgrundsätze
- Festlegung von Betoneigenschaften, die der Bemessung zugrunde liegen, Festlegung Betondeckung / Expositionsklasse / Mindestfestigkeitsklasse des Betons
- Wahl von Bauteilabmessungen und der Lagerungsbedingungen
- Planung der Bewegungs- und Arbeitsfugen sowie der Sollrissquerschnitte einschließlich der erforderlichen Qualitätssicherungsmaßnahmen
- Bemessung und Planung der Bewehrungsführung (Tragwerksplanung)
- Planung des (geschlossenen) Fugenabdichtungssystems unter Berücksichtigung fehlstellenfreier Ausführbarkeit; Planung von Stößen, Anschlüssen und Formteilen, Bewehrungsanpassung
- Planung sämtlicher Einbauteile (Abstandhalter, bzw. Hüllrohre) und Durchdringungen (Rohrdurchführungen, Kabeldurchführungen, u.a.),

- Prüfen der besonderen Eignung für WU-Bauwerke; Bewehrungszulagen abschätzen
- Planung von Bauablauf, Betonierabschnitten und Arbeitsfugen
 - Festlegung / Planung der bauphysikalischen und klimatischen Maßnahmen entsprechend der Nutzung (Wärmedämmung, Heizung, Lüftung, Klimatisierung, Planung verträglicher Oberflächenbeläge / Beschichtungen). Der Objektplaner und der TGA-Planer müssen eine ggf. erforderliche Zugänglichkeit zur Oberfläche der WU-Bauteile planerisch ermöglichen.

- Abdichtungskonzept für alle planmäßigen und unplanmäßigen Trennrisse, Planung der Instandsetzung bei auftretenden Undichtigkeiten, Planung der Zugänglichkeit für Abdichtungsarbeiten während der Nutzung
- Dokumentation aller relevanten Festlegungen und Entscheidungen in der Planung sind nach WU-Richtlinie [1] zu dokumentieren

Eine Orientierungshilfe für die Zuständigkeiten bei der Planung und Bauausführung von hochwertig genutzten Untergeschossen aus Beton findet sich in der Tabelle 3.

Tabelle 3: Orientierungshilfe für die Zuständigkeiten bei der Planung und Bauausführung von hochwertig genutzten Untergeschossen aus Beton [1]

S	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Z	Aufgabe	Baugrundgutachter	Bauphysiker	Bauherr	Objektplaner	Tragwerksplaner	TA-Planer	Sachkundiger Planer ^a	Bauausführender
1	Bedarfsplanung			V	M				
2	Koordinierung				V				
3	Festlegung der Nutzungsanforderungen, Definition Raumklima einschl. zulässiger Grenzwerte			V	M				
4	Festlegung der Nutzungsklasse			M	V				
5	Festlegung der Abdichtungsart (z. B. Entscheidung über weiße Wanne oder schwarze Wanne)			V	M	M			
6	Vorgaben zu flexibler Umnutzbarkeit			V	M				
7	EnEV-Nachweis, Bemessung Wärmedämmung, Nachweis Tauwasser und Wärmebrücken		V		M	M			
8	Angabe von Beanspruchungsklasse und Bemessungswasserstand	V							
9	Angabe chemische Zusammensetzung des anstehenden Wassers	V							
10	Festlegung Bauteilabmessungen und Lagerungsbedingungen				M	V			
11	Entwurfsgrundsatz gemäß WU-Richtlinie (evtl. differenziert nach Bauteilen) und alle erforderlichen Maßnahmen zur Umsetzung				M	V			
12	Aufklärung des Bauherrn über Konsequenzen aus Entwurfsgrundsatz				V	M			
13	Risikoverteilung hinsichtlich Entwurfsgrundsatz			V	M	M			M
14	Planung aus dem Entwurfsgrundsatz erforderlich werdender Rissverfüllarbeiten				M	V		M	M
15	Planung Zugänglichkeit für Abdichtungsarbeiten während der Nutzung				V		M		
16	Planung verträglicher Oberflächenbeläge/Beschichtungen		M	M	V				
17	Planung und Konstruktion von Dehn-/Arbeits-/Sollrissfugen				M	V			M ^b
18	Detailplanung von Dehn-/Arbeits-/Sollrissfugen				V	M			M
19	Planung Heizungs-, Klima-, Lüftungskonzept				M		V		
20	Festlegung Betondruckfestigkeitsklasse					V			M
21	Rechenwert Betonzugfestigkeit des jungen Betons					V			M
22	Betonzusammensetzung					M			V
23	Planung und Durchführung der Nachbehandlung								V
24	Festlegung von Füllgut und Verfahren zur Abdichtung wasserführender Risse oder Fehlstellen				M	M		V	
25	Planung Zeitpunkt Abstellen Wasserhaltung und Zeitpunkt der Dichtheitsprüfung (Auftriebssicherheit)	M			M	V			M

V: Verantwortung (beinhaltet Verpflichtung zur Einbindung der Mitwirkenden und Beschaffung der Informationen)
M: Mitwirkung
^a Sachkundiger Planer nach DAfStb-Richtlinie „Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen“.
^b Mitwirkung des Bauausführenden nur bei Festlegung der Arbeitsfugen.

Von Seiten der WU-Fachplanung besteht eine Informations- und Aufklärungspflicht. Der Objektplaner oder idealerweise der WU-Fachplaner sollte den Bauherrn möglichst frühzeitig die zur vorgesehenen Nutzung passenden möglichen Ausführungsvarianten einer WU-Konstruktion mit den jeweiligen Vor- und Nachteilen erläutern, insbesondere in Hinblick auf planmäßige und unplanmäßige Risse und den Umgang damit sowie ggf. erforderliche Zugänglichkeit des Bauteils von innen.

2.4 Konstruktion und Konstruktionsgrundsätze

2.4.1 Bauteildicke

In der WU-Richtlinie [1] sind in Abhängigkeit von der Beanspruchungsklasse Mindestdicken von Bauteilen angegeben (Tabelle 4). Bei Ausnutzung der in Tabelle 4 angegebenen Mindestdicken ist nach WU-Richtlinie [1], Absatz 16.1 (5) bei Beanspruchungsklasse 1 ein Beton mit einem $(w/z)_{eq} \leq 0,55$ und bei Wänden ein Größtkorn von ≤ 16 mm zu verwenden. Von dieser Regelung darf abgewichen werden, wenn die Mindestbauteildicken um 15 % erhöht werden.

Tabelle 4: Mindestdicken von Bauteilen nach der WU-Richtlinie (in mm) [1]

Bauteil	Beanspruchungs- klasse	Ausführungsart		
		Ort- beton	Elementwände oder Elementdecken mit Ortbetonerfüllung	Fertigteile
Wände	1	240	240 (120 ^b)	200
	2	200	240 ^a (120 ^b)	100
Bodenplatte	1	250	-	200
	2	150	-	100
Dächer ohne Wärmedämmung	1	200	240 (180 ^b)	180
Dächer mit Wärmedämmung	1	180	220 (160 ^b)	160

^a Unter Beachtung besonderer betontechnologischer und ausführungstechnischer Maßnahmen ist eine Abminderung auf 200 mm möglich.

^b Mindestwerte für die Ortbetonerfüllung. Für den Beton gilt WU-Richtlinie, Abschnitt 7.1 (2). Bei Zulagebewehrung und innenliegenden Fugenabdichtungen sind ggf. auch zusätzliche Anforderungen an die lichten Innenmaße ($b_{w,i}$) gemäß WU-Richtlinie, Abschnitt 7.2 (3) zu beachten.

Um den fachgerechten Einbau von innenliegenden Fugenabdichtungen und deren sattes Einbinden in den Beton bei dünnen Bauteilen, bei engen Bewehrungsabständen oder hoher Bewehrungsdichte zu ermöglichen, werden in der WU-Richtlinie [1] Mindestmaße für den lichten Abstand $b_{w,i}$ zwischen den Bewehrungslagen und bei Elementwänden ohne Bewehrung in der Ortbetonerfüllung für das lichte Maß zwischen den Innenflächen der Fertigteilplatten in Abhängigkeit vom Größtkorn angegeben. Für das lichte Innenmaß $b_{w,i}$ gilt nach [4]:

bei $D_{max} = 8$ mm: $b_{w,i} \geq 120$ mm

bei $D_{max} = 16$ mm: $b_{w,i} \geq 140$ mm

bei $D_{max} = 32$ mm: $b_{w,i} \geq 180$ mm

Diese Mindestmaße sind in Bild 2 aufgeführt.

2.5 Rauigkeit der Fertigteilplatten bei Elementwänden

Damit sich ein Verbund und eine hohlraumfreie Verbindung zwischen dem Ortbeton und den Fertigteilplatten einstellen und sich ein monolithisch wirkendes Bauteil bilden kann, muss die Innenoberfläche der Fertigteilplatten eine ausreichende Rauigkeit besitzen. Die WU-Richtlinie [1] fordert eine vollflächige korngraue Verbundfläche, deren mittlere Rautiefe R_t mindestens 1,5 mm betragen muss. In der WU-Richtlinie 2003 [2] war nur eine mittlere Rauigkeit von 0,9 mm gefordert.

Die mittlere Rautiefe muss an den Innenoberflächen der äußeren und der inneren Elementwandplatten bzw. der Oberfläche der Elementdecken am erhärteten Beton bestimmt werden. Nach [4] ist die Rauigkeit der Elementwände in der laufenden Produktion durch Sichtprüfung und Vergleich mit der Referenzplatte zu kontrollieren und je Lieferung zu dokumentieren. Im Zweifelsfall ist die Rauigkeit im Werk, z.B. nach dem Sandflächenverfahren, zu prüfen.

Auf der Baustelle ist die Rauigkeit stichprobenartig durch Sichtprüfung bei Anlieferung zu prüfen und zu dokumentieren. Auch hier ist die Rauigkeit im Zweifelsfall zu prüfen, z. B. nach dem Sandflächenverfahren. Elementwände mit nicht ausreichender Rauigkeit sollten nicht verwendet werden.

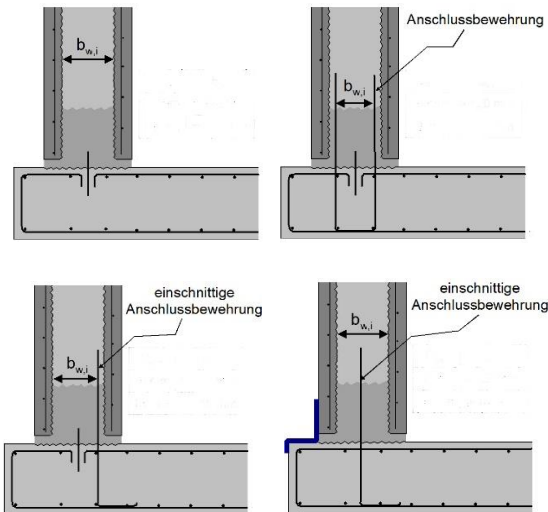


Bild 2: Lichte Innenmaße $b_{w,i}$ zwischen den Fertigteilplatten bzw. der Bewehrung bei Elementwänden (bei Mindestwanddicke)

2.5.1 Beton

2.5.1.1 Wassermenge, Größtkorn und Konsistenzklasse

Nach WU-Richtlinie [1] sind neben den Anforderungen, die sich aus den für das Bauteil zutreffenden Expositionsklassen nach DIN 1045 ergeben, die Anforderungen an den Beton mit hohem Wassereindringwiderstand nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 einzuhalten.

Bei Bauteildicken ≤ 40 cm gilt:

- $(w/z)_{eq} \leq 0,60$
- Mindestdruckfestigkeit C 25/30

Bei Ausführung der in der WU-Richtlinie [1] angegebenen Mindestbauteildicken ist bei Beanspruchungsklasse 1 ein Beton mit $(w/z)_{eq} \leq 0,55$ zu verwenden. Zusätzlich ist bei Wänden das Größtkorn auf ≤ 16 mm beschränkt.

Neben den Anforderungen an den Beton mit hohem Wassereindringwiderstand sind die sich aus der für das Bauteil zutreffenden Expositionsklassen nach DIN 1045-2 ergebenden Anforderungen einzuhalten. Damit eine ausreichende Verarbeitbarkeit des Betons gegeben ist, sollte die Konsistenzklasse F3 oder weicher gewählt werden. Ggf. ist die Verwendung von Zementen mit niedriger Hydratationswärmeentwicklung günstig, um die Zwangsspannungen und

somit die Rissgefahr innerhalb des Bauteils zu reduzieren.

2.5.1.2 Anschlussmischung

Bei Wänden muss nach der WU-Richtlinie [1] bei freien Fallhöhen von mehr als 1 m eine Anschlussmischung mit einem Größtkorn von 8 mm verwendet werden, um einen fehlerfreien Betoneinbau am Fußpunkt sicherzustellen. Die Höhe der Anschlussmischung sollte mindestens 30 cm betragen. Für Elementwände mit Mindestwanddicke fordert die WU-Richtlinie [1] prinzipiell eine entsprechende Anschlussmischung.

2.6 Entwurfsgrundsätze

Wesentliches Konstruktionselement von wasserundurchlässigen Bauwerken aus Beton ist das Rissweitenmanagement. Dieses spiegelt sich im Entwurfsgrundsatz wider. Für die Konstruktion von wasserundurchlässigen Bauwerken hat der Planer die Wahl zwischen den drei folgenden Entwurfsgrundsätzen.

■ Entwurfsgrundsatz **a**

Verhindern von Trennrissen durch die Vermeidung bzw. Reduzierung von Zwangsspannungen (Grundsatz: Vermeidung von Trennrissen)

■ Entwurfsgrundsatz **b**

Begrenzung der Trennrisse auf ein Maß, das keinen Wasserdurchtritt ermöglicht oder auf Risse, die sich durch Selbstheilung schließen (Grundsatz: Zulassen von Trennrissen mit begrenzter Rissbreite)

■ Entwurfsgrundsatz **c**

Trennrissbreiten, die in Kombination mit Dichtungsmaßnahmen die Anforderungen an die Wasserundurchlässigkeit erfüllen (Grundsatz: Zulassen von Trennrissen und deren planmäßiges Abdichten)

Die unterschiedlichen Entwurfsgrundsätze sowie mögliche Maßnahmen zur Umsetzung des Entwurfsgrundsatzes sind in Kapitel 2.7 beschrieben. In den Bildern 3 und 4 ist die Anwendung der verschiedenen Entwurfsgrundsätze bei den Beanspruchungsklassen 1 und 2 grafisch dargestellt. Neu ist, dass stärker herausgestellt wird, dass der Entwurfsgrundsatz **b** bei Weißen Wannen für Nutzungsklasse A und Beanspruchungsklasse 1, aber auch für Weiße Decken nicht geeignet ist.

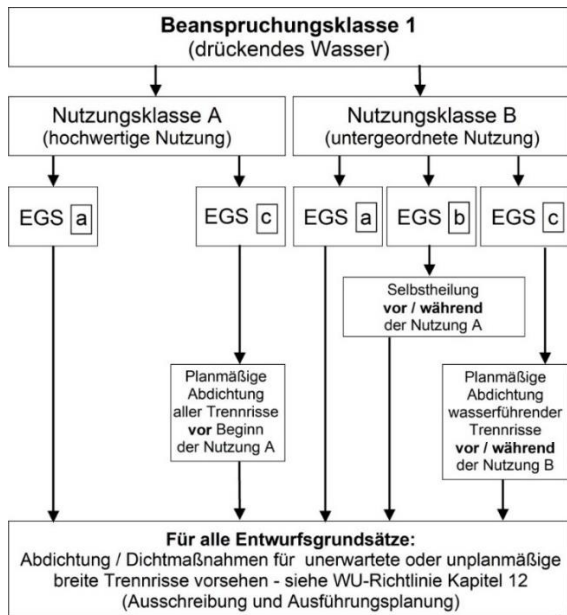


Bild 3: Anwendung der Entwurfsgrundsätze bei Beanspruchungsklasse 1 (nach [7])

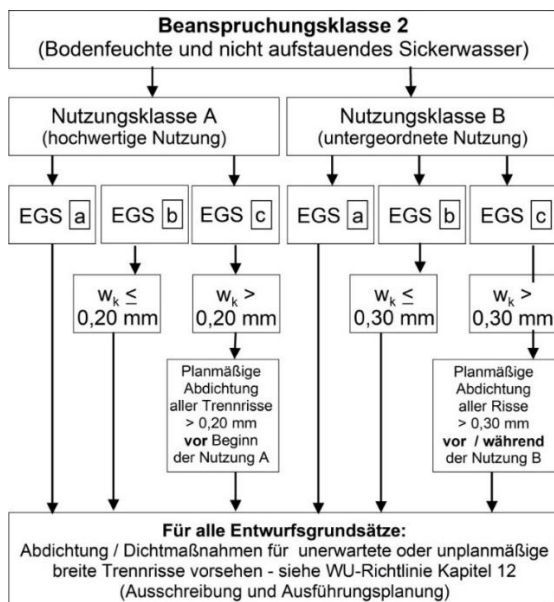


Bild 4: Anwendung der Entwurfsgrundsätze bei Beanspruchungsklasse 2 (nach [7])

jeder Entwurfsgrundsatz ist für jedes Bauwerk, Bauteil, Nutzung und Beanspruchungsklasse geeignet, siehe auch Bild 3. Prinzipiell sollten die Entwurfsgrundsätze in Abhängigkeit der objekt-spezifischen Randbedingungen, ggf. auch bauteil-spezifisch gewählt werden.

Zur Vermeidung von Haftungsrisiken sollte der Objektplaner bzw. der WU-Fachplaner den Bauherrn über das zur Diskussion stehende WU-Konzept, den zugehörigen Entwurfsgrundsatz, dessen Vor- und Nachteile sowie über Konsequenzen aus dem gewählten Entwurfsgrundsatz aufklären. Dieser sollte die Erläuterung dokumentieren.

Auch bei fachgerechter und regelkonformer Planung sowie sorgfältiger Bauausführung können aber wasserführende Trennrisse entweder unplanmäßig (Entwurfsgrundsatzes **a**) oder mit unplanmäßig großer Rissbreite (Entwurfsgrundsatzes **b**) systembedingt nicht ausgeschlossen werden. Gemäß der WU-Richtlinie [1], Abschnitt 7 (5) sind daher planmäßige Dichtmaßnahmen nach WU-Richtlinie [1], Abschnitt 12 für diese unerwartet entstandenen Trennrisse vorzusehen.

Hierzu muss bereits in der Planungsphase die Zugänglichkeit der Bauteile in der Bau- und in der Nutzungsphase mit verhältnismäßigem Aufwand gewährleistet werden. Hier sind der Objektplaner und der TGA-Planer gefordert, die dies schon in der frühen Planungsphase bedenken sollten. Ist dies nicht möglich oder / und sind erhöhte bauphysikalische Anforderungen an die Nutzung von Räumlichkeiten im Untergeschoss erforderlich, müssen ggf. zusätzliche Maßnahmen zur Abdichtung (z.B. Sekundärabdichtung mit einem Frischbetonverbundsystem) getroffen werden.

2.6.1 Anmerkung zu Entwurfsgrundsatz **a**

Entwurfsgrundsatz **a** hat das Ziel, Risse durch Vermeidung bzw. Reduzierung von Zwangsspannungen zu verhindern. Insbesondere wegen der Eigenschaften des Werkstoffs Stahlbeton (Schwinden, Hydratation) ist dies besonders anspruchsvoll. Auch bei fachgerechter Planung und Ausführung ist keinesfalls eine Rissfreiheit zugesichert. Mögliche konstruktive, betontechnologische und ausführungstechnische Maßnahmen zur Umsetzung des Entwurfsgrundsatzes sind in Kapitel 2.7 angegeben.

2.6.2 Anmerkung zu Entwurfsgrundsatz **b**

Bei Entwurfsgrundsatz **b** wird die zulässige Trennrissbreite auf eine Rissweite begrenzt, bei der der Wasserdurchtritt durch Selbstheilung begrenzt werden soll. Die Selbstheilung beruht auf folgenden Vorgängen:

- Zusetzen des Risses mit losen Partikeln des Betons und Feinststoffanteilen
- Bildung von Calciumcarbonat (CaCO₃)

Wann kann mit der Selbstheilung von Rissen gerechnet werden? Voraussetzungen für eine Selbstheilung sind:

- Begrenzte Rissbreite. Risse dürfen in Abhängigkeit des Wasserdrucks die in Tabelle 6 angegebenen Rissbreiten nicht übersteigen, wenn der Wasserdurchtritt durch Selbstheilung begrenzt werden soll.
- Stetiger Wasserdurchtritt durch die Risse mit geringer Durchflussgeschwindigkeit im Riss (Druckgefälle ist begrenzt, siehe Tabelle 6).
- Bei den Rissen darf keine Bewegung auftreten.
- Grundwasser darf z. B. kein kalklösendes kohlenensäurehaltiges Wasser enthalten bzw. Wasser mit kalklösender Kohlensäure ≤ 40 mg/l und / oder pH ≥ 5,5 (Grundwasser- und Bodenanalyse erforderlich!)
- Kohlendioxid CO₂ muss an den Riss gelangen können.

Allerdings ist die Selbstheilung kein planmäßig zuverlässig auftretender Prozess. Trennrisse, die nicht selbst heilen, müssen planmäßig verpresst werden. Bei Einhaltung der in Tabelle 6 angegebenen zulässigen Rissweiten kann davon ausgegangen werden, dass der anfängliche Wasserdurchtritt mit der Zeit durch Selbstheilung der Risse stark reduziert wird. Bis zum Abschluss der Selbstheilung sind die Risse aber wasserführend (begrenzter Wasserdurchtritt).

Auch zum späteren Zeitpunkt, nach Abschluss der Selbstheilung, können Feuchtstellen auf der Betonoberfläche oder dunkel verfärbte Rissufer allerdings nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden.

Der Entwurfsgrundsatz **b** ist bei Nutzungsklasse A und Beanspruchungsklasse 1 nach WU-Richtlinie [1] nicht anwendbar.

und

Der Entwurfsgrundsatz **b** darf bei WU-Dächern nicht angewendet werden.

Im Vergleich zur alten WU-Richtlinie, bei der die zulässige Trennrissbreite, wenn der Wasserdurchtritt durch Selbstheilung begrenzt werden soll, nur vom Druckgefälle abhängig war, ist diese nach der neuen WU-Richtlinie [1] vom Druckgefälle und zusätzlich noch vom Wasserdruck unabhängig von der Bauteildicke abhängig. Dabei wird die maximale Wasserdruckhöhe auf 10 mWS begrenzt, siehe Tabelle 5.

Tabelle 5: Zulässige Trennrissbreiten, wenn der Wasserdurchtritt durch Selbstheilung¹⁾ begrenzt werden soll (nach [1])

Druckgefälle $i = \frac{h_w}{h_b}$	Maximale Druckhöhe h_w	Rechenwert der Rissbreite w_k
mWS/m	mWS	mm
≤ 10	3,0	0,20
> 10 bis ≤ 15	6,0	0,15
> 15 bis ≤ 25	10,0	0,10
¹⁾ Für angreifende Wässer mit > 40 mg/l CO ₂ (kalklösende Kohlensäure) und pH < 5,5 darf die Selbstheilung der Risse nicht in Ansatz gebracht werden.		
h_w = Druckhöhe des Wassers in m		h_b = Bauteildicke in m

2.6.3 Anmerkung zu Entwurfsgrundsatz c

Ziel des Entwurfsgrundsatzes c ist es, die Anzahl der Risse zu minimieren, d. h., weniger aber dafür breitere planmäßige Risse als beim Entwurfsgrundsatz b zu erhalten und diese nachträglich durch eine planmäßige Abdichtungsmaßnahme (z.B. Injektion) vor Ausbau- und Nutzungsbeginn abzudichten.

Der Entwurfsgrundsatz c ist insbesondere dann sinnvoll, wenn das Bauwerk noch im Rohbau vor dem Ausbau dem Bemessungswasserdruck ausgesetzt wird und die Betonflächen für eine nachträgliche Abdichtung zugänglich sind. Da die Wasserhaltung häufig erst nach Beginn oder Abschluss der Ausbauarbeiten abgestellt wird, ist das Erkennen und Abdichten von planmäßig zugelassenen Trennrissen z. T. schwierig und nur mit hohem Aufwand möglich.

Mögliche konstruktive, betontechnologische und ausführungstechnische Maßnahmen zur Umsetzung des Entwurfsgrundsatzes sind in Kapitel 2.7 angegeben.

2.7 Maßnahmen zur Umsetzung der Entwurfsgrundsätze

In der WU-Richtlinie, Kapitel 6.2 werden beispielhaft Maßnahmen zur Reduzierung von Zwangsspannungen aufgeführt, die einzeln oder in Kombination umgesetzt werden können. Unterschieden wird dabei zwischen konstruktiven, betontechnologischen und ausführungstechnischen Maßnahmen.

2.7.1 Konstruktive Maßnahmen zur Umsetzung der Entwurfsgrundsätze ...

... bei Bodenplatten:

- Verminderung der Reibung durch geglättete Sauberkeitsschicht
- Anordnung von Trennlagen oder Gleitschichten unter der Bodenplatte
- Vermeidung von Festhaltepunkten durch ebene Unterseiten
- Vermeidung von Bauteilversprüngen oder Bauteildicken, z.B. Bodenplatte
- Anordnung von Hydratations- / Temperaturgassen
- Anordnung von Weichlagen (Mineralwolleplatten) zur Reduzierung der Verformungsbehinderung bei Unterfahrten, Rinnen, etc.
- Vorspannung
- Vermeidung von einspringenden Ecken
- Anordnung von Fugen und Sollrissfugen (müssen ggf. in Wänden übernommen werden)

- Begrenzung der Verformungswege durch Begrenzung der Größe und Abmessungen der Betonierabschnitte
- Diagonale Bewehrungszulagen bei einspringenden Ecken, Aussparungen, Schächten, etc.

.... bei Wänden:

- Anordnung von Sollrissfugen
- Entkopplung der Wand vom Baugrubenverbau
- Anordnung von Hydratationsgassen
- Vorspannung
- Begrenzung der Wandabschnitte
- Diagonale Bewehrungszulagen bei einspringenden Ecken und Aussparungen

2.7.2 Betontechnische Maßnahmen zur Umsetzung der Entwurfsgrundsätze

- Festlegung von Betonrezepturen mit niedriger Hydratationswärmeentwicklung
- Verwendung von hydratationswärmereduziertem Massenbeton
- Kühlung des Frischbetons
- Betonage mit möglichst niedrigen Frischbetontemperaturen

2.7.3 Ausführungstechnische Maßnahmen zur Reduzierung von Verformungen

- Frühzeitig einsetzende Nachbehandlung
- Schutz vor direkter Sonneneinstrahlung
- Wahl des richtigen Betonierzeitpunktes
- Wahl von günstigen Betoniertaktfolgen
- Verlängerung der Ausschalfrist
- Wärmehaltende Nachbehandlung nach Überschreiten des Temperaturmaximums

2.8 Dichten von Rissen und zur Instandsetzung von Fehlstellen

Neben den planmäßigen Rissen, die dem Entwurfsgrundsatz b und c geschuldet sind, kann es bei allen Entwurfsgrundsätzen prinzipiell auch zur Bildung von *unplanmäßigen* Rissen kommen.

Hinweise zum Dichten von Rissen und zur Instandsetzung von Fehlstellen werden in der WU-Richtlinie [1] in Abschnitt 12 behandelt. Um den entwurfsmäßig festgelegten Anforderungen an eine Nutzungsklasse zu genügen, kann es je nach Lage, Ort und Ursache des Wasserdurchtritts im Bauwerk erforderlich sein, eine abdichtende Injektion in mehreren Durchgängen durchzuführen bzw. nach einem angemessenen Zeitraum zu wiederholen. Dabei ist ein mehrmaliges Injizieren nach [1] kein Mangel.

Damit die „Weiße Wanne“ für Inspektionen und Rissverpressung zugänglich ist, sollten TGA-Komponenten, wie z.B. Heizung, Schaltkästen, Rohrleitungen, u.a. so angeordnet sein, dass die raumseitigen Oberflächen der Außenwände von „Weißen Wannen“ zugänglich sind. Beispiele für günstige und ungünstige Anordnungen zeigt Bild 5.

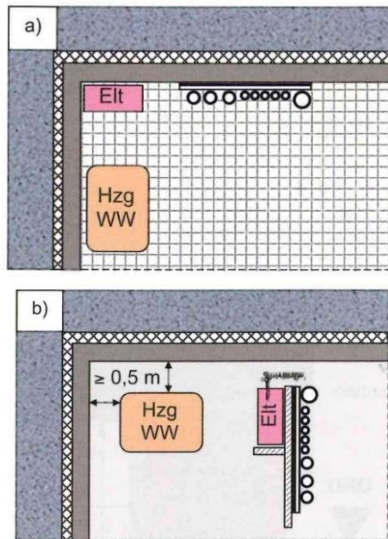


Bild 5: Anordnung von TGA-Komponenten [6]

- a: ungünstig: die Zugänglichkeit der „Weißen Wanne“ für Inspektionen und Rissverpressung ist eingeschränkt
- b: günstig: die Zugänglichkeit der „Weißen Wanne“ für Inspektionen und Rissverpressung ist gegeben

4 Literatur

- [1] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: Richtlinie Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie). 12/2017
- [2] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (Hrsg.): Richtlinie Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie). Berlin: Beuth 2003
- [3] DIN 7865, Elastomer-Fugenbänder zur Abdichtung von Fugen in Beton. 02/2015
- [4] DIN 18197, Abdichten von Fugen in Beton mit Fugenbändern. 01/2018
- [5] DIN 18541, Fugenbänder aus thermoplastischen Kunststoffen zur Abdichtung von Fugen in Beton. 11/2014
- [6] Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V. -DBV-, (Hrsg.): Hochwertige Nutzung von Untergeschossen - Bauphysik und Raumklima. In: DBV-Merkblatt-Sammlung. Berlin: Selbstverlag, 2009

- [7] Alfes, C., Fingerloos, F., Flohrer, C.: Hinweise und Erläuterungen zur Neuausgabe der DAfStb-Richtlinie „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton“. In: Betonkalender 2018, Ernst & Sohn GmbH & Co. KG, Berlin, 2018, S. 174 – 226
- [8] Becker, H.-R.; Filusch, S.; Frisch, J.; Hohmann, R.; Horstmann, M.; Kiltz, D.; Krell, J.; Krause, J.; Zitzelsberger, T.: Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton - Empfehlungen für die Zusammenarbeit von Bauherr, Planer, Fachplaner und Ausführenden. 2018

Hinweis

Der Beitrag enthält Textpassagen aus diversen Publikationen des Autors.

Zum Autor



Prof. Dr.-Ing. Rainer Hohmann ist Professor für Bauphysik an der Fachhochschule Dortmund. Er ist u.a. Mitglied im Unterausschuss des DAfStb „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton“ (WU-Richtlinie) und Obmann im DIN-Ausschuss der DIN 18197 „Abdichten von Fugen in Beton mit Fugenbändern“ und der DIN 18541 „Fugenbänder aus thermoplastischen Kunststoffen zur Abdichtung von Fugen in Beton“. Prof. Dr.-Ing. Rainer Hohmann ist Autor zahlreicher Fachpublikationen u.a. zum Themen der Abdichtung von Bauwerken und Fachreferent zu dem genannten Themenbereich.

Anhang A1

Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton - Empfehlungen für die Zusammenarbeit von Bauherr, Planer, Fachplaner und Ausführenden¹

Becker, H.-R.; Filusch, S.; Frisch, J.; Hohmann, R.; Horstmann, M.; Kiltz, D.; Krell, J.; Krause, J.; Zitzelsberger, T.

1 Einführung und Motivation

In das Erdreich eingebettete Bauteile können mit einer hautförmigen Abdichtung auf der Wasserseite gegen eindringendes Wasser abgedichtet werden (*Schwarze Wanne*)¹ oder als *wasserundurchlässiges Betonbauwerke (WU-Wanne bzw. Weiße Wanne)* ausgeführt werden. Bei den langjährig bewährten WU-Betonbauwerken übernimmt die tragende Betonkonstruktion auch gleichzeitig die Abdichtungsfunktion. Die Planung und Ausführung von WU-Betonbauwerken ist in der *WU-Richtlinie* [1, 2] des DAFStb geregelt. Für ein funktionierendes WU-Betonbauwerk ist eine besonders hohe Planungs- und Ausführungsqualität unabdingbar und eine Überwachung der Ausführung erforderlich. Die Planung gemäß WU-Richtlinie erfordert die Zusammenarbeit zwischen Bauherrn, Objektplaner, Tragwerksplaner, TA-Planer, Sachverständigen für Geotechnik und Bauphysiker. Auch Decken und Dächer des allgemeinen Hochbaus können als WU-Betonbauwerke geplant und ausgeführt werden. WU-Decken bzw. WU-Dächer werden in diesem Leitfaden jedoch nicht betrachtet.

Die vorliegenden Empfehlungen spiegeln die Erfahrung von in der Praxis tätigen Fachleuten² wider und basieren auf der WU-Richtlinie, Ausgabe Dezember 2017 [1]. Ziel des Leitfadens ist, Hinweise und Hilfestellungen für Bauherren, Planer und Bauausführende in kompakter Form für die Planung, Ausführung und Überwachung von WU-Betonbauwerken insbesondere bei drückendem Wasser (*Beanspruchungsklasse 1*) und *hochwertiger Nutzung* zu geben.

2 Zuständigkeiten bei der Planung und der Ausführung

Entscheidend für den Erfolg eines WU-Betonbauwerkes ist, dass die Zuständigkeiten für die einzelnen Planungsaufgaben und die Ausführung von Anfang an klar geregelt sind. Der Objektplaner sollte daher zu Projektbeginn in Zusammenarbeit mit dem Bauherrn die Zuständigkeiten für die einzelnen Planungsaufgaben und die Ausführung klären und vertraglich festlegen. Eine Orientierungshilfe zur Abstimmung möglicher Zuständigkeit bei der Planung und der Ausführung von wasserundurchlässigen Betonbauwerken enthält die Tabelle A.1 im Anhang A der WU-Richtlinie 2017 [1].

3 Bauherr

Koordination und Planung von WU-Betonbauwerken

Bei WU-Betonbauwerken sollte so früh wie möglich, spätestens jedoch in der Leistungsphase Entwurfsplanung ein WU-Koordinator benannt werden. Gemäß [1] obliegt die WU-Koordination dem Objektplaner.

Die einzelnen Planungsaufgaben für WU-Betonbauwerke ergeben sich aus [1], vgl. auch Abschnitt 4 dieser Empfehlungen. Nach [1] ist die Planung von WU-Betonbauwerken vom Objektplaner unter Beteiligung von Fachplanern (z. B. Tragwerksplaner, TA-Planer) durchzuführen. Die WU-Koordination und die weiteren Planungsaufgaben erfordern über das übliche hinausgehendes Fachwissen und Erfahrung.

Eine Orientierungshilfe zur Abstimmung möglicher Zuständigkeit bei der Planung enthält [1], Tabelle A.1. Gute Erfahrungen liegen vor, wenn die WU-Koordination und weitere Planungsaufgaben bei WU-Betonbauwerken (vgl. Abschnitt 4) von einem Tragwerksplaner übernommen werden, der über die übliche Tragwerksplanung hinausgehendes Fachwissen besitzt. Der Tragwerksplaner muss für diese Planungsleistungen jedoch explizit beauftragt werden, vgl. Abschnitt 2.

Im Folgenden wird nur noch einheitlich der Begriff »Planer« verwendet. Damit ist entweder der Objektplaner oder einer der Fachplaner (Tragwerksplaner, TA-Planer, etc.) gemeint, dem die jeweilige Planungsaufgabe zugeordnet bzw. beauftragt wurde.

¹ alle *kursiv* geschriebenen Wörter verweisen auf den entsprechenden Begriff im Glossar

Baugrundgutachten als Planungsgrundlage

Maßgebend für die WU-Betonbauwerke sind insbesondere der während der gesamten Nutzungsdauer zu erwartende höchste Wasserstand (*Bemessungswasserstand*), die Art der Wasserbeanspruchung (*Beanspruchungsklasse*), sowie die chemische Zusammensetzung des anstehenden Wassers. Diese Informationen gehen aus einem qualifizierten Baugrundgutachten hervor, das vom Bauherrn vorzulegen ist.

Bauherr legt mit Unterstützung des Planers die Nutzung als Planungsgrundlage fest

Die entscheidende Grundlage für die Planung eines WU-Betonbauwerkes ist die vorgesehene Nutzung mit den zugehörigen Anforderungen an das Raumklima (ggf. für Teilbereiche oder einzelne Räume des Untergeschosses unterschiedlich), die vom Bauherrn festgelegt werden muss (*Bedarfsplanung*). Der Planer unterstützt den Bauherrn dabei und legt auf dieser Planungsgrundlage die jeweilige *Nutzungs-klasse* nach *WU-Richtlinie* [1] bzw. dem DBV-Merkblatt »Hochwertige Nutzung von Unter-geschossen« [3] fest.

Informations- und Aufklärungspflicht des Planers

Der Planer soll dem Bauherrn sehr frühzeitig die zur vorgesehenen Nutzung passenden möglichen Ausführungsvarianten eines WU-Betonbauwerkes darlegen und die jeweiligen Vor- und Nachteile (z. B. mögliche Undichtigkeiten infolge Rissbildung während der Nutzung, ggf. erforderliche ständige Zugänglichkeit des Bauteils von innen) erläutern. Der Planer soll den Bauherrn auch über das Risiko und den Umgang mit unplanmäßigen Undichtigkeiten informieren und aufklären. Weitere Hinweise dazu siehe Abschnitt 4.

Fachunternehmer und Überwachung bringen Sicherheit

WU-Betonbauwerke erfordern – wie jede Art der Abdichtung gegen Wasser – besondere Sorgfalt bei der Ausführung. Es hat sich bewährt, dass das im Detail geplante WU-Betonbauwerk von Fachunternehmen ausgeführt wird.

Bei der Ausführung sind insbesondere die für die Wasserundurchlässigkeit wesentlichen Arbeiten, z. B. der Einbau von Fugenabdichtungssystemen und die Betonarbeiten zu überwachen. Es hat sich bewährt, dass die Überwachung im Rahmen der Leistungsphase 8 nach HOAI vom Planer durchgeführt wird. Weitere Hinweise siehe Abschnitt 5.

4 Planer

Grundlagen der Planung

Die Betonkonstruktion übernimmt im Zusammenwirken mit einem geschlossenen Fugenabdichtungssystem und ggf. planmäßigen Dichtmaßnahmen die Sicherstellung der Wasserundurchlässigkeit.

Entwurf und Ausführungsplanung eines WU-Betonbauwerkes erfolgen nach der *WU-Richtlinie* [1], [2].

Die Konzeption des *WU-Betonbauwerkes* wird durch die *Beanspruchungsklasse*, den *Bemessungswasserstand* und die *Nutzungs-klasse* bestimmt.

- Der Bemessungswasserstand und die Angaben zur Beanspruchungsklasse sind dem vom Bauherrn vorzulegenden Baugrundgutachten zu entnehmen.
- Liegt kein Baugrundgutachten vor, fehlen die Grundlagen der Planung.
- Die Nutzungs-klasse nach *WU-Richtlinie* [1], [2] bzw. dem DBV-Merkblatt »Hochwertige Nutzung von Untergeschossen« [3] ergibt sich aus der vorgesehenen Nutzung und ist mit dem Bauherrn nach erfolgter eingehender Beratung zu vereinbaren. Künftige Nutzungsänderungen sind hierbei einzubeziehen. Die Nutzungs-klasse A** nach [3] (normale Raumnutzung) stellt den üblichen Fall im Wohnungsbau dar.
- Es muss der Zeitpunkt vereinbart werden, ab dem die geplante Wasserundurchlässigkeit hergestellt sein muss. Das ist in der Regel der geplante Nutzungsbeginn bzw. der Beginn der Ausbaurbeiten.

Aufgaben des Planers

In der *WU-Richtlinie* [1] sind die Aufgaben der Planung sowie insbesondere die erforderlichen Planungsschritte beschrieben:

- Festlegung eines zur vorgesehenen Nutzung passenden und geeigneten Entwurfsgrundsatzes (EGS) hinsichtlich Trennrissen,
- Konstruktion unter Berücksichtigung der Wasserbeanspruchung, der vorgesehenen Nutzung und des Entwurfsgrundsatzes hinsichtlich Trennrissen,
- Festlegung von ausreichenden Bauteildicken,
- Planung sämtlicher Fugen und Durchdringungen inkl. deren Abdichtung / Abdichtungssystemen,
- Planung von Bauablauf, Betonierabschnitten

und weiterer ausführungstechnischer Maßnahmen gemäß festgelegtem Entwurfsgrundsatz,

- Vorgabe der erforderlichen Eigenschaften des WU-Betons, insbesondere des maximalen w/z-Wertes, der Festigkeitsentwicklung, des maximalen Größtkornes, der Expositionsklassen, der Druckfestigkeitsklasse sowie ggfs. weiterer betontechnologischer Maßnahmen,
- Planung von Abdichtungsmaßnahmen für planmäßige und unplanmäßige Rissbildung, z. B. Injektionsmaßnahmen,
- Planung weiterer Details und Übergänge falls erforderlich wie z. B. Kellerabgänge, Lichtschächte oder Anschluss an Bestandsgebäude,
- Dokumentation der durchgeführten Beratung und der Planung inklusive möglicher Einschränkungen während der Nutzung.

Je nach Beanspruchungs- und Nutzungsklasse sieht die WU-Richtlinie [1], Kapitel 6 drei Entwurfsgrundsätze (EGS) hinsichtlich *Trennrissen (Risse, Risse in WU-Betonbauwerk, Entwurfsgrundsätze)* vor:

- EGS **a**: Vermeidung von Trennrissen durch die Festlegung von konstruktiven, beton-technischen und ausführungstechnischen Maßnahmen
- EGS **b**: Bauweise mit Trennrissen, Festlegen von Rissbreite (viele kleine Risse mit geringen Rissbreiten), sodass Wasserdurchtritt durch *Selbstheilung* begrenzt werden kann. Der EGS **b** ist bei der Kombination von Nutzungsklasse A und Beanspruchungsklasse 1 nicht oder nur mit Sondermaßnahmen anwendbar
- EGS **c**: Bauweise mit Trennrissen, Festlegen von Rissbreite (wenige breite Risse) in Kombination mit planmäßigen Dichtmaßnahmen

Bei allen drei Entwurfsgrundsätzen kann nicht vollständig ausgeschlossen werden, dass trotz fachlich richtiger regelkonformer Planung und qualitativvoller Ausführung wasserführende Trennrisse auftreten. Diese Risse sind systemimmanent und können auch erst zu einem späteren Zeitpunkt auftreten. Gemäß der WU-Richtlinie [1] ist daher die Abdichtung wasserführende Trennrisse bei allen Entwurfsgrundsätzen zu planen und auszuschreiben (*Injektion*).

Bei EGS **a** sind dies unplanmäßige Risse und bei EGS **b** planmäßige Risse mit unplanmäßig großer Rissbreite (*Risse*), die sich nicht selbst heilen (*Selbstheilung*). Bei EGS **c** handelt es sich um

planmäßige Risse, die mit planmäßigen Maßnahmen abzudichten sind. Der Planer muss seinem Auftraggeber die Vor- und Nachteile der zur Diskussion stehenden WU-Konzeption und des zugehörigen Entwurfsgrundsatzes erläutern, vgl. Tabelle A.1 in [1], insbesondere hinsichtlich Kosten, Risiken, Zugänglichkeit und zu erwartender Wasserundurchlässigkeit bei Nutzungsbeginn. Nur so kann er vermeiden, isoliert für einzelne Nachteile seiner Planung selbst dann zu haften, wenn diesen Nachteilen vom Bauherrn gewünschte Vorteile gegenüberstehen. Es hat sich bewährt, dass der Planer zur Vermeidung von Haftungsrisiken diese Erläuterung dokumentiert. Nach Festlegung des Entwurfsgrundsatzes sind Maßnahmen zur Umsetzung des Entwurfsgrundsatzes zu planen. Bei den EGS **a** und **c** bedeutet dies vor allem, Maßnahmen zur Minderung von *Zwangsbeanspruchungen* zu planen. Dies kann insbesondere durch konstruktive Maßnahmen (Reduzierung der *Verformungsbehinderung* in Verbindung mit betontechnischen und ausführungstechnischen Maßnahmen zur Reduzierung von *Verformungen* erreicht werden.

- Es sind Betone mit hohem Wassereindringwiderstand einzusetzen.
- Die WU-Richtlinie [1] enthält Empfehlungen zu Mindestbauteildicken, die für Beton mit den Anforderungen der WU-Richtlinie (WU-Beton) gelten, siehe [1], Abschnitt 7.1. Eine vorgesehene Unterschreitung dieser Mindestbauteildicken sollte vorab durch den Planer mit allen Beteiligten abgestimmt werden. Bei Beanspruchungsklasse 1 sind nach [1] zusätzliche Anforderungen an das lichte *Innenmaß* $b_{w,i}$ zu beachten.
- Bei Ausnutzung der Mindestbauteildicken nach WU-Richtlinie [1] ist bei Beanspruchungsklasse 1 ein WU-Beton mit einem $(w/z)_{eq} < 0,55$ und bei Wänden zusätzlich ein Größtkorn der Gesteinskörnung < 16 mm zu verwenden. Diese zusätzlichen Anforderungen sind in die Ausschreibung und in die Ausführungsunterlagen aufzunehmen.
- Das Fugenabdichtungssystem ist als geschlossenes Abdichtungssystem für Arbeits-/ Sollriss- / Dehnfugen im Detail zu planen. Gleichermaßen sind Abdichtungen von Durchdringungen wie z. B. Rohrdurchführungen, Schalungsankern, Erdungsanker zu planen. Der Abstand zwischen der Bewehrung und dem Fugenabdichtungssystem ist so zu planen, dass ein vollständiges Einbetonieren des Fugenabdichtungssystems möglich ist, vgl. auch [9], [10], [13].
- Bei WU-Betonbauwerken ist das nachträgliche Abdichten von Rissen oder anderen

Undichtigkeiten von der Luftseite her relativ einfach möglich, wenn die Bauteilinnenflächen zugänglich sind. Die Zugänglichkeit zu den Bauteil-innenflächen (Wände und Sohlplatte) des WU-Betonbauwerkes ist bei der Planung von TA-Anlagen und Wand- / Bodenaufbauten zu berücksichtigen. Zur Herstellung der Zugänglichkeit kann die bereichsweise Entfernung eines (durchfeuchteten) Aufbaus erforderlich werden.

- Unter bestimmten Randbedingungen (z. B. Zugänglichkeit zur Betonkonstruktion nicht dauerhaft sichergestellt, Rissbildung während der Nutzung konzeptionell nicht auszuschließen, Wasserwechselzone, Undichtigkeiten vor Nutzungsbeginn wegen fehlendem Wasser nicht erkennbar) kann die Verwendung von Frischbetonverbundsystemen (FBV-Systeme) in Kombination mit einem WU-Betonbauwerk als vorsorglicher Schutz zur Abdichtung planmäßiger, unplanmäßiger, nicht erkennbarer oder nicht zugänglicher Trennrisse in Erwägung gezogen werden, vgl. [5, 6, 7, 8]. Die 2017 [1] noch der DIN 18533 [20] geregelt und entspricht demnach derzeit nicht den anerkannten Regeln der Technik. Darüber müssen alle Beteiligten von Seiten des Planers aufgeklärt werden. Die Konzeption des WU-Betonbauwerkes sowie die Detailplanung, insbesondere der Übergänge und Durchdringungen, muss auf die Verwendung eines FBV-Systems abgestimmt sein (ganzheitliche Planung). Der Nachweis der Verwendungseignung und der Verträglichkeit aller eingesetzten Komponenten inkl. der Übergänge ist durch aussagekräftige Unterlagen, z. B. allgemeine bauaufsichtliche Prüfzeugnisse (abP), zu belegen. Hinweise zur Ausführung von WU-Betonbauwerken mit FBV-Systemen können Kapitel 5 entnommen werden.
- Es hat sich bewährt, dass der Planer die Bauausführung aller für die Wasser- und durchlässigkeit wesentlichen Arbeiten des WU-Betonbauwerkes nach dem qualitätssichernden Vier-Augen-Prinzip überwacht (Leistungsphase 8 nach HOAI).

Hinweise beim Einsatz von *Elementwänden*:

- Die Entscheidung für den Einsatz von Elementwänden muss so früh wie möglich (i. d. R. in der Entwurfsplanung) getroffen werden, vgl. dazu auch die Hinweise im Abschnitt 5.
- Bei der Verwendung von Elementwänden ist aus Gründen einer besseren Betonierbarkeit eine Mindestdicke von 30 cm zu empfehlen, wenn in der Ortbetonergänzung ein Fugen-

abdichtungssystem und eine Anschlussbewehrung liegen. Zur Sicherstellung der Betonierbarkeit und des fachgerechten Einbaus von innenliegenden Fugenabdichtungen gelten nach WU-Richtlinie [1] besondere Anforderungen an die lichten Innenmaße $b_{w,i}$ (zwischen den Bewehrungslagen und bei Elementwänden ohne Bewehrung zwischen den Innenflächen der Fertigteilplatten). Bei Elementwänden führen diese lichten *Innenmaße* $b_{w,i}$ in vielen Fällen zu dickeren Bauteilen als die Mindestdicken nach WU-Richtlinie [1].

- Bei der Verwendung von Elementwänden werden die Elementstoßfugen in der Regel als Sollrissfugen mit Dichtelement ausgebildet. Die Möglichkeit, eine einreihige Anschlussbewehrung vorzusehen oder sogar auf eine Anschlussbewehrung zu verzichten, sollte mit dem Ziel einer besseren Betonierbarkeit geprüft werden, vgl. lichte Innenmaße $b_{w,i}$.

5 Bauausführende

WU-Betonbauwerke erfordern – wie jede Art der Abdichtung gegen Wasser – besondere Sorgfalt bei der Ausführung. Das im Detail geplante WU-Betonbauwerk soll deshalb von Fachunternehmen ausgeführt werden.

Vor der Bauausführung müssen die ausführbaren Planunterlagen mit allen für das WU-Betonbauwerk relevanten Details vorliegen. Noch vorhandene Unklarheiten oder fehlende Detailplanung wie z. B. der Hinweis auf Ausführungsplänen »Arbeitsfugen nach Festlegung des bauausführenden Unternehmens« sollten bei WU-Betonbauwerken nicht akzeptiert und eine vollständige und plausible Planung eingefordert werden.

Sind im Leistungsumfang des Bauausführenden auch Leistungen für die Planung von WU-Betonbauwerken enthalten, sollte der Bauausführende einen geeigneten Planer beauftragen, um das Haftungsrisiko für die Planung abzugeben.

Werden vom Bauunternehmen Änderungen vorgeschlagen (z. B. Verwendung von *Elementwänden* anstatt der vorgesehenen Ortbetonkonstruktion), muss die Planung durch einen Einfluss auf die Planungskosten, die Bauzeit und die Risikoübernahme sind zu berücksichtigen.

Empfohlen wird ein Betonstartgespräch. Ausführende und Betontechnologen sollten spätestens jetzt die sich aus dem Entwurfsgrundsatz und der Konstruktion ergebenden ausfühungs- und betontechnischen Maßnahmen abstimmen und einen Betonierplan erstellen. Aus betontechnischer Sicht bedeutet dies,

dass die Vorgaben der WU-Planung hinsichtlich einer Unterlage für die WU-Bodenplatte (Sauberkeitsschicht, Dämmung, Gleitschicht etc.), der Expositionsklassen, der WU-Eigenschaften des Betons, der Betondruckfestigkeitsklasse, der vorgegebenen Festigkeitsentwicklung, der Hydratationswärmeentwicklung und des Schwindens in entsprechende Betoneigenschaften umzusetzen sind. Der Betonierplan umfasst im Wesentlichen Vorgaben zu Betonierabschnitten, zur Höhe der erforderlichen Anschlussmischung (Beton mit reduziertem Größtkorndurchmesser), zur Höhe der Schüttlagen, zur Fallhöhe (bzw. Länge der Fallrohre oder Einbauschläuche), zu Einfüll- und Rüttelöffnungen, zu Art und Anzahl der Verdichtungsgeräte (Rüttler), zur erforderlichen Rütteldauer, zum Zeitpunkt des Nachverdichtens und zur Art und Dauer der Nachbehandlung. Die logistischen Randbedingungen, die Bauteildicke und die während der Ausführung zu erwartenden Witterungseinflüsse sind in die Überlegungen mit einzubeziehen.

Besonders zu berücksichtigen ist das Entstehen und Abfließen von Hydratationswärme, insbesondere bei massigen Bauteilen (z. B. dicken Bodenplatten), vgl. hierzu DAfStb-Richtlinie »Massige Bauteile aus Beton« [14].

Fugenabdichtungssysteme (z. B. Fugenbleche, Fugenbänder, Injektionsschlauchsysteme), andere Abdichtungen (z. B. streifenförmige außenliegende Fugenabdichtungen) oder Frischbetonverbundsysteme gemäß WU-Planung sind fachgerecht lagerichtig und stabil einzubauen. Die für das wasserdichte Verbinden von Fugenabdichtungen geltenden Regelungen aus allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnissen, Normen und der WU-Richtlinie sind zu beachten.

Die Nachbehandlung ist Teil des Betonierplans. Insbesondere in der kalten Jahreszeit oder bei dicken Bauteilen kann zudem eine auf die Planung abgestimmte thermische Nachbehandlung, z. B. durch Auflegen von Wärmedämmmatten erforderlich werden. Die thermische Nachbehandlung (Zeitpunkt Auflegen und Entfernen der Wärmedämmmatten) muss sorgfältig in Abstimmung mit dem Planer geplant werden.

Insbesondere sind bei der Ausführung zu beachten:

Bewehrungsarbeiten

- Geeignete Abstandshalter für WU-Betonbauwerke verwenden. Diese müssen der Vorgabe des Planers entsprechen.
- Auf einen ausreichenden Abstand der

Bewehrung zu Fugenabdichtungssystemen ist zu achten (Vorgabe der Planung).

Schalung

Die Dichtigkeit der Schalung verhindert das Auslaufen von Zementleim. Insbesondere im Anschlussbereich Boden – Wand kann durch auslaufenden Zementleim die Dichtigkeit des WU-Betonbauteils (Einbindung Fugenabdichtung) beeinträchtigt werden.

Fugenabdichtungssysteme

- Alle Elemente des Fugenabdichtungssystems müssen gegen Verschieben und Umknicken sowie gegen Beschädigungen vor, während und nach der Betonage gesichert werden.
- Arbeitsfugen und Fugenabdichtungssysteme sind vor und nach dem Betonieren sorgfältig zu säubern und zu kontrollieren. Mörtelanreicherungen sind unmittelbar nach der Betonage zu entfernen.

Betoneinbau

- Der Beton muss so eingebaut und verdichtet werden, dass ein monolithisches und dichtes Betongefüge ohne Fehlstellen entsteht. Eine auf die Konsistenz abgestimmte Verdichtung (in der Regel durch Rütteln) gewährleistet, dass insbesondere in Fugenbereichen die Bewehrung und Fugenabdichtungssysteme dicht umschlossen werden. Die Vernadelung der einzelnen Betonierlagen (ca. 50 cm pro Lage) muss zu jedem Zeitpunkt gewährleistet sein, um unplanmäßige »kalte« Fugen auszuschließen, hierbei ist unter Umständen der Einsatz eines Betonverzögerers sinnvoll.
- Der Beton darf nicht übermäßig *Bluten*, damit »Wassersäcke« unter horizontaler Bewehrung oder Mörtelanreicherungen an Fugenabdichtungsstrukturen vermieden werden. Ein übermäßiges Bluten kann durch Begrenzung der Blutwassermenge, z. B. auf 6 kg/m³ (Bluteimerverfahren nach DBV-Merkblatt »Besondere Verfahren zur Prüfung von Frischbeton« [15]) vermieden werden. Dies muss vertraglich mit dem Betonlieferanten vereinbart werden. Eine Blutwassermenge kleiner als 6 kg/m³ wird üblicherweise bei einem Beton der Druckfestigkeitsklasse C30/37 mit einem maximalen Wassergehalt von 175 kg/m³ eingehalten.
- Die freie Fallhöhe des Betons sollte 100 cm möglichst nicht übersteigen (Verwendung von Einbaurohren oder -schläuchen, die erst

unmittelbar über der Verarbeitungsstelle enden, ansonsten ist nach WU-Richtlinie [1] eine Anschlussmischung zwingend gefordert).

Elementwände

- *Elementwände* müssen so transportiert, entladen, gelagert und montiert werden, dass sie nicht beschädigt werden. Elemente mit für die Dichtigkeit relevanten Beschädigungen sind entweder auszusortieren oder fachgerecht instand zu setzen.
- Die Innenoberflächen der Fertigteilplatten müssen vollflächig rau sein und eine *mittlere Rautiefe* von mindestens 1,5 mm aufweisen. Dies ist nach [1] bei Anlieferung auf der Baustelle visuell zu prüfen, im Zweifelsfall zu messen (z. B. Sandflächen-verfahren) und zu dokumentieren. Elemente mit nicht ausreichender Rauigkeit dürfen nicht verwendet werden.
- Die Innenflächen der Fertigteilplatten sind vor dem Betonieren ausreichend vorzunässen (matt feucht). Stehendes Wasser in der Arbeitsfuge Wand / Bodenplatte ist zu entfernen. Das Vornässen muss nach WU-Richtlinie [1] dokumentiert werden. Die Oberflächentemperatur der Fertigteilplatten muss beim Vornässen und während des Betonierens über 0 °C liegen.
- Zur Erzielung dichter Fugen ist auf ausreichende Verdichtung des Betons zu achten (siehe Hinweis *Betoneinbau*).

Nachbehandlung

Die Nachbehandlung erfolgt nach den Vorgaben des Betonierplans.

Eigenüberwachung durch das Bauunternehmen

Betone für WU-Betonbauwerke werden der Überwachungsklasse 2 nach DIN 1045-3 [16] zugeordnet. Erforderliche Prüfungen und Dokumentationspflichten können DIN 1045-3, Anhang NB [16] entnommen werden.

Bei WU-Bauteilen ist eine über die DIN 1045-3 [16] hinausgehende Eigenüberwachung durch das Bauunternehmen mit Unterstützung z. B. eines Betontechnologen zu empfehlen. Hierzu zählen, z. B.:

- Die Überprüfung der Konsistenz erfolgt durch die Ermittlung des Ausbreitmaßes bei jedem Fahrzeug mit Untersuchungen des Wassersaumes auf dem Ausbreittisch

- Die Überprüfung des Wassergehaltes erfolgt durch Darrversuche (z. B. Mikrowellendarren nach [15]).

Die Überprüfung der Wasserabsonderung (Bluten) erfolgt durch den »Bluteimertest« nach [15]. Weitere für die Wasserundurchlässigkeit relevante Punkte (z. B. Fugenabdichtungen) sind im Sinne einer Qualitätssicherung laufend zu kontrollieren und zu dokumentieren.

Überwachung der Bauausführung

Es hat sich bewährt, dass der Planer die Bauausführung aller für die Wasserundurchlässigkeit wesentlichen Arbeiten des WU-Betonbauwerkes nach dem qualitätssichernden Vier-Augen-Prinzip überwacht (Leistungsphase 8 nach HOAI).

Ausführung von Frischbetonverbundsystemen (FBV-Systeme) in Verbindung mit WU-Betonbauwerken

Die Baustelle (Rohbaugewerk) sowie ggfs. auch die Nachfolgewerke müssen über die Besonderheiten bei der Verwendung von FBV-Systemen informiert werden. Der Bauablauf muss auf die Verwendung von FBV-Systemen für die Funktionstüchtigkeit von FBV-Systemen in Verbindung mit WU-Betonbauwerken ist es entscheidend, dass die FBV-Systemkomponenten zu einem dichten System gefügt sind und durch Verbund einen vollflächigen Hinterlaufschutz zwischen FBV-System und WU-Betonbauwerk entsteht.

Eine Qualitätsüberwachung sollte in mehreren Arbeitsschritten durchgeführt werden, da es durch nachfolgende Gewerke zu Beschädigungen der eingebauten FBV-Systeme kommen kann, vgl. [8]:

1. Vor der Verlegung des FBV-Systems
2. Nach der Verlegung des Frischbetonverbundsystems,
3. Nach der Verlegung der Bewehrung vor der Betonage,
4. Wo möglich abschließende Kontrolle nach dem Ausschalen und vor der Verfüllung des Arbeitsraumes.

Insbesondere sind bei der Qualitätsüberwachung folgende Punkte zu beachten:

- Schutz des verlegten FBV-Systems vor Verschmutzung (insbesondere in der Arbeitsfuge und Boden-Wand-Fuge) und vor Beschädigungen,
- Kontrolle vor der Betonage auf Beschädigungen und ggf. Reparatur nach Herstellerangaben,

- Kontrolle auf Sauberkeit und Entfernen von eventuellen Verschmutzungen, ausgelaufener Zementschlämme und Wasseransammlungen,
- Einhaltung der Ausschulfristen, insbesondere bei Wänden und Festlegung eines baustellengerechten Anfüllschutzes.

6 Glossar

Beanspruchungsklasse: Art der Beaufschlagung des Bauwerks oder Bauteils mit Feuchte oder Wasser nach WU-Richtlinie [1].

- Beanspruchungsklasse 1: ständig oder zeitweise drückendes Wasser, auch zeitweise aufstauendes Sickerwasser;
- Beanspruchungsklasse 2: Bodenfeuchte (kapillar im Boden gebundenes Wasser) und an der Wand frei ablaufendes Wasser (nicht stauendes Sickerwasser).

Die Beanspruchungsklasse zusammen mit dem Bemessungswasserstand ist vom Sachverständigen für Geotechnik verantwortlich festzulegen, vgl. WU-Richtlinie [1], Anhang A, Tabelle A.1.

Bedarfsplanung: methodische Ermittlung der Wünsche und Bedürfnisse von Bauherren und Nutzern, zielgerichtete Aufbereitung als Bedarf und Umsetzung in bauliche Anforderungen. Hilfestellung gibt DIN 18205 »Bedarfsplanung im Bauwesen« [17].

Begrenzung des Wasserdurchtritts: siehe Nutzungsklasse B und Selbstheilung

Bemessungswasserstand (höchster planmäßiger Wasserstand): Der Bemessungswasserstand ist der höchste innerhalb der planmäßigen Nutzungsdauer zu erwartende Wasserstand (Grundwasser, Schichtenwasser, Hochwasser). Der Bemessungswasserstand ist unter Berücksichtigung langjähriger Beobachtungen und zu erwartender zukünftiger Gegebenheiten (z. B. ein zu erwartender Anstieg des Grundwasserstandes) zu ermitteln. Gemäß DAfStb-Heft 555 [2] sollte, wenn keine langjährigen Beobachtungen vorliegen oder die zu erwartenden künftigen Gegebenheiten (»Blick in die Zukunft«) nicht abgeschätzt werden können, der Bemessungswasserstand auf der sicheren Seite liegend auf Höhe der Geländeoberkante angesetzt werden.

Die Beanspruchungsklasse zusammen mit dem Bemessungswasserstand ist vom Sachverständigen für Geotechnik verantwortlich festzulegen, vgl. WU-

Richtlinie, Anhang A, Tabelle A.1.

Betone mit hohem Wassereindringwiderstand: Nach DIN 1045-2 [18], Abschnitt 5.5.3 sind die Anforderungen an Betone mit einem hohen Wasser-eindringwiderstand bei Bauteildicken bis 40 cm wie folgt definiert: $(w/z)_{eq} < 0,60$, Mindestzementgehalt 280 kg/m^3 , bei Anrechnung von Zusatzstoffen 270 kg/m^3 , Mindestdruckfestigkeitsklasse C25/30, siehe [18]. Beim Ausnutzen der Mindestdicken (Mindestdicken + maximal 15 %) und Beanspruchungsklasse 1 nach WU-Richtlinie [1]: $(w/z)_{eq} < 0,55$. Bei Bauteildicken über 40 cm können nach [18] auch höhere $(w/z)_{eq}$ - Werte in Betracht kommen.

Bluten von Betonen: Wasserabsonderung an der Betonoberfläche infolge Sedimentation von Feststoffen. Folgen: lokale Änderung des Wasserzementwerts, Anreichern einer wasserhaltigen Schlämme an der Bauteiloberfläche, Setzen des Frischbetons und damit einhergehend evtl. Bildung von »Wassersäcken« unter der oberen Bewehrung sowie Verbundstörungen. Weitere Hinweise zum Bluten von Betonen können [15] entnommen werden.

Chemische Zusammensetzung des anstehenden Wassers: Aus der chemischen Zusammensetzungen gemäß Bodengutachten ist sofern zutreffend die Einstufung hinsichtlich chemischem Betonangriff, Expositionsclassen XA1 bis XA3 gemäß DIN EN 206-1 / DIN 1045-2 [18], Tabelle 2, anzugeben. Falls der Sulfatgehalt des Grundwassers $> 600 \text{ mg/l}$ beträgt, ist dieser zusätzlich zur XA Klasse anzugeben. Bei XA3 sind i.d.R. zusätzliche Schutzmaßnahmen für den Beton erforderlich. Ist eine Einstufung in eine XA Klasse erforderlich, ist im Einzelfall zu prüfen, ob eine Selbstheilung möglich ist. Für angreifende Wässer mit $> 40 \text{ mg/l CO}_2$ (kalklösende Kohlensäure) oder mit pH-Wert $< 5,5$ darf nach [1] die Selbstheilung der Risse ebenfalls nicht in Ansatz gebracht werden.

Drückendes Wasser: siehe unter »Beanspruchungsklasse«

Elementwände (auch: Dreifachwände, Hohlwände, Doppelwände): Hierbei handelt es sich um zwei Betonfertigteileplatten, die über Gitterträger miteinander verbunden sind. In den Zwischenraum wird nach dem Einbau der Elementwände auf der Baustelle Ortbeton eingebracht und verdichtet, sodass sich nach dem Erhärten ein monolithisches Bauteil ergibt. Voraussetzung für den flächigen

Verbund der Ortbetonergänzung mit den beiden Fertigteilplatten ist eine ausreichende Rauigkeit der vorgehängten Innenflächen der Fertigteilplatten sowie die fachgerechte Betonage. Die Rauigkeit wird u. a. auch mit dem Begriff der »mittleren Rautiefe« beschrieben. Bei fehlendem Verbund zwischen Ortbetonergänzung und Fertigteilplatte kann sich z. B. durch Risse eindringendes Wasser in der Verbundfuge ausbreiten. Die Undichtigkeit ist in einem solchen Fall nur schwierig und mit viel Aufwand zu lokalisieren. Eine Instandsetzung ist entsprechend teuer. Die Mindestdicken von Elementwänden sowie die lichten Abstände $b_{w,i}$ zwischen den beiden Fertigteilplatten bzw. zwischen den Bewehrungslagen in der Ortbetonergänzung sind gemäß [1] einzuhalten. Weitere Hinweise zu Elementwänden können [1] und [9] entnommen werden.

Entwurfsgrundsätze hinsichtlich Trennrissen: siehe Risse in WU-Betonbauwerken

Frischbetonverbundsysteme (FBV-Systeme): FBV-Systeme sind vorzuinstallierende Systeme für Betonbauwerke. FBV-Systeme bestehen aus einer dehnfähigen Dichtungsschicht mit einer darauf applizierten Verbundschicht. Sie werden auf einer ebenen Unterlage (z. B. eine glatt abgezogene Sauberkeitsschicht ohne hervorstehende Grate etc.) in Bahnen verlegt und gemäß abP zu einer dauerhaft dichten Hülle zusammengefügt. Nach Verlegen der Bewehrung erfolgt die Betonage des WU-Betonbauteils. Der Beton verbindet sich während seiner Erhärtung mit dem FBV-System. Dadurch entsteht eine hinterlaufsichere Hülle. Während aller Arbeitsschritte ist zur Sicherstellung der Hinterlaufsicherheit insbesondere auf die Sauberkeit des Frischbetonverbundsystems zu achten. Der Einsatz von FBV-Systemen in Verbindung mit WU-Betonbauwerken kann dann von Vorteil sein, wenn:

- Trennrisse im Beton konzeptionell nicht ausgeschlossen werden können und eine nachträgliche Injektion von Rissen nicht gewollt oder möglich sind, weil zum Beispiel die Zugänglichkeit zur Bauteilinnenfläche nicht gegeben ist,
- Trennrisse im Beton konzeptionell nicht ausgeschlossen werden können, weil evtl. wasser-führende Trennrisse nicht zielsicher ein Schutz der Betonkonstruktion z. B. bei betonangreifenden Grundwasser erforderlich ist,
- ein besonderer Schutz vor Radon oder Methangas gewünscht wird,

- ein WU-Betonbauwerk als direkt befahrene Parkfläche ausgeführt wird, z. B. mit einer luftseitig aufgetragenen rissüberbrückenden Beschichtung zum Schutz der Konstruktion vor chloridhaltigen Wässern aus dem Parkbetrieb.

Die Planung von WU-Betonbauwerken in Verbindung mit FBV-Systemen erfolgt meist nach Entwurfsgrundsatz [a] oder [c] favorisiert wird aktuell der Entwurfsgrundsatz [c]. Das FBV-System stellt in diesem Fall eine »vorweggenommene planmäßige« Abdichtung der Risse dar und kann aus technischer Sicht die sonst übliche *Injektion von Rissen* ersetzen.

Die Verwendung von FBV-Systemen ist derzeit jedoch weder in den DIN 18533 [20] noch in der WU-Richtlinie [1] geregelt. Somit entspricht die Verwendung von FBV-Systemen derzeit nicht den anerkannten Regeln der Technik. Planung, Ausschreibung und Ausführung erfolgt derzeit auf der Grundlage bauaufsichtlicher Prüfzeugnisse. Der Einsatz von FBV-Systemen muss nach Aufklärung durch den Planer mit dem Bauherrn und ggfs. sonstigen Beteiligten abgestimmt werden. Die Aufklärung, die Abstimmung und die Zustimmung des Bauherrn zur Verwendung von FBV-Systemen sollte unbedingt dokumentiert werden.

Betonkonstruktion und FBV-Systeme müssen »ganzheitlich« geplant werden. Dazu gehört der Nachweis der Verwendungseignung und der Verträglichkeit aller eingesetzten Komponenten im Verbund. FBV-Systeme sollten nur von zertifizierten Fachunternehmen verarbeitet werden. Weitere Hinweise zu FBV-Systemen können den Abschnitten »Planung« und »Bauausführung« entnommen werden. Praktische Erfahrungen bei Verwendung von FBV-Systemen können unter anderem [5, 6, 7, 8] entnommen werden.

Fugenabdichtungssysteme: Fugen und Fugenabdichtungssysteme sind zu planen. Nach WU-Richtlinie [1] sind Fugen und Durchdringungen dauerhaft planmäßig wasserdicht auszubilden, d. h., in der Regel mit einem Fugenabdichtungssystem zu versehen. Ein Wasserdurchtritt ist nicht zulässig.

Als Abdichtung können innenliegende Fugenabdichtungssysteme (in Abhängigkeit der Fugenart, z. B. Fugenbleche oder Fugenband, u.a.) oder außenliegende Fugenabdichtungssysteme (Fugenband, Adhäsionsdichtung) zur Anwendung kommen. Die Fugenabdichtung muss als geschlossenes, lückenloses Abdichtungssystem ausgebildet werden. Adhäsionsdichtungen können nur dann zur Ausführung kommen, wenn die Zugänglichkeit des Bauwerks an der Außenseite (ausreichend breiter Arbeitsraum!) umlaufend gegeben ist.

Die Verwendungseignung von Fugenabdichtung muss nachgewiesen werden. Fugenbänder nach DIN 7865 [11] und DIN 18541 [12] dürfen nur nach den Verwendungsregeln von DIN 18197 [13] eingesetzt werden, die Verwendung von unbeschichteten Fugenblechen ist in der WU-Richtlinie [1] geregelt. Für alle andern Fugenabdichtungssysteme ist nach [1] ein allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis (abP) als Verwendungsnachweis vorzulegen. Gültige bauaufsichtliche Prüfzeugnisse sind unter www.abp-fugenabdichtungen.de aufgelistet.

Zwischen innenliegenden Fugenabdichtungssystemen (z. B. Fugenbänder, Fugenbleche) und der Bewehrung muss ein lichter Abstand von mindestens 20 mm eingehalten werden. Dies gilt insbesondere auch für außenliegende Fugenbänder. Der Abstand zwischen der Anschlussbewehrung und einem innenliegenden Fugenband sollte nach [13] mindestens 50 mm betragen. Weitere Hinweise zu Fugenabdichtungssystemen können z. B. [10] entnommen werden.

Hochwertige Nutzung: siehe »Nutzungsklassen«

Hoher Wassereindringwiderstand: siehe Beton mit hohem Wassereindringwiderstand

Injektion (Verpressen): Das Abdichten von wasserführenden Trennrissen (vgl. Risse) oder sonstigen Undichtigkeiten nach [1] durch Injektion mit Materialien gemäß DAfStb Richtlinie »Schutz und - von Betonbauteilen« (Instandsetzungsrichtlinie) [21]. Injektionen werden in der Regel von innen durchgeführt, dazu muss die Zugänglichkeit der Bauteiloberfläche gegeben sein.

Bei der Injektion von wasserführenden Rissen kann es sich um eine zum Entwurf gehörende planmäßige Maßnahme handeln (EGS \boxed{C}). Es kann sich auch um eine Maßnahme zum Abdichten von außerplanmäßigen Rissen oder sonstigen Undichtigkeiten handeln. In jedem Fall sind Injektionsmaßnahmen von einem sachkundigen Planer nach DAfStb-Instandsetzungsrichtlinie [21] zu planen (Injektionsmaterialien, Verfahren, Anordnung von Bohrkanälen, etc.). Hinweis: Die DAfStb-Instandsetzungsrichtlinie gilt nur bis zur Einführung der DAfStb-Instandhaltungsrichtlinie.

Innenmaße $b_{w,i}$: Für Ortbeton- oder Elementwände bei Beanspruchungsklasse 1 gelten über die empfohlenen Mindestdicken nach WU-Richtlinie [1] hinaus besondere Anforderungen an die lichten Innenmaße $b_{w,i}$ zwischen den Bewehrungslagen und bei Elementwänden ohne Bewehrung in der Ortbetonergänzung zwischen den Innenflächen der

Fertigteilplatten zur Sicherstellung der Betonierbarkeit und eines fachgerechten Einbaus von innenliegenden Fugenabdichtungen. (Hinweis: D_{max} – Durchmesser des Größtkorns der Gesteinskörnung)

bei $D_{max} = 8 \text{ mm}$: $b_{w,i} \geq 120 \text{ mm}$;

bei $D_{max} = 16 \text{ mm}$: $b_{w,i} \geq 140 \text{ mm}$;

bei $D_{max} = 32 \text{ mm}$: $b_{w,i} \geq 180 \text{ mm}$.

In vielen Fällen führen die genannten Mindestabstände aufgrund der Anforderung zur Betonierbarkeit zu dickeren Bauteilen als die Mindestdicken nach WU-Richtlinie [1].

Mittlere Rautiefe: Maß für die Rauigkeit einer Oberfläche, hier speziell für die Innenflächen der beiden Fertigteilplatten bei Elementwänden. Die Rautiefe kann mit dem Sandflächenverfahren nach Kaufmann bestimmt bzw. überprüft werden. Allerdings ist das Verfahren nur bei horizontalen Flächen anwendbar. Nach der WU-Richtlinie 2017 [1] muss die Rauigkeit der Elementwände im Lieferwerk regelmäßig kontrolliert werden. Auf der Baustelle ist eine stichproben-artige Sichtprüfung der mittleren Rautiefe vorzunehmen und die Messung im Zweifelsfall. Für weitere Hinweise siehe auch [9].

Nutzungsklassen: In der WU-Richtlinie [1] sind unterschiedliche Nutzungsklassen für WU-Betonbauwerke definiert:

- Nutzungsklasse A: Feuchtstellen auf der luftseitigen Bauteiloberfläche als Folge von Wasserdurchtritt sind nicht zulässig (kein Wasserdurchtritt);
- Nutzungsklasse B: Feuchtstellen auf der luftseitigen Bauteiloberfläche (im Sinne von feuchte-bedingten Dunkel Wasserperlen an diesen Stellen) als Folge von Wasserdurchtritt sind zulässig (begrenzter Wasserdurchtritt). Nicht zulässig ist nach [1] ein Wasserdurchtritt, der zum Abfließen oder Abtropfen von Wassertropfen oder zu Pfützenbildung führt.

Die Nutzungsklasse ist durch den Planer unter Mitwirkung des Bauherrn (vgl. WU-Richtlinie [1], Anhang A, Tabelle A.1) festzulegen und ist die Grundlage für den Entwurf, die Konstruktion und die weitere Planung von WU-Betonbauwerken. Der Bauherr muss die von ihm vorgesehene Nutzung benennen.

Die Nutzungsklasse B ist z. B. für Parkhäuser, in die ohnehin durch den PKW-Verkehr Wasser eingetragen wird, oder sonstige »Feuchträume«, wie Schächte

ö. ä. gedacht. WU-Betonbauwerke der Nutzungsklasse B sind weniger aufwendig und daher i. d. R. kostengünstiger als WU-Betonbauwerke der Nutzungsklasse A.

Nach DAfStb-Heft 555 [2] ist standardmäßig im Wohnungsbau von Nutzungsklasse A auszugehen, dies gilt auch für übliche Keller. Zu beachten ist, dass bei Nutzungsklasse A gemäß WU-Richtlinie [1] lediglich der Wasserdurchtritt durch die Konstruktion unzulässig ist. Bestehen zusätzliche Anforderungen aus Nutzung an das Raumklima (Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit), ist eine der Nutzungsklassen A* bis A*** nach dem DBV Merkblatt »Hochwertige Nutzung von Untergeschossen« [3] festzulegen. In [3] sind Nutzungsklassen gemäß Tab. 2 definiert.

Für Kellerräume mit üblicher Nutzung (z. B. Abstellräume, Mieterkeller) im allgemeinen Hochbau sollte als »Normalfall« die Nutzungsklasse A** angesetzt werden um insbesondere Kondensfeuchte auf den Innenwänden zu vermeiden. Dazu ist beispielsweise eine Dämmung der Außenwände, eine Heizung und / oder Lüftung bzw. ggfs. eine Entfeuchtung erforderlich, vgl. [3].

1	2	3	4	5	
Unterklasse	Raum-Nutzung	Raumklima (i.d.R.)	Beispiele (informativ)	Maßnahmen (informativ)	
1	A***	anspruchsvoll	warm, sehr geringe Luftfeuchte, geringe Schwankungsbreite der Klimawerte	Archive, Bibliotheken, Technikräume mit feuchteempfindlichen Geräten (Labor, EDV usw.), Lager für stark feuchte- oder temperatur-empfindliche Güter	Wärmedämmung nach EnEV ²⁾ , Heizung, Zwangslüftung, Klimaanlage (Luftfeuchteung)
2	A**	normal	warm, geringe Luftfeuchte, mäßige Schwankungsbreite der Klimawerte	Räume für dauerhaften Aufenthalt von Menschen wie Versammlungs-, Büro-, Wohn-, Aufenthalts- oder Umkleieräume, Verkaufsstätten, Lager für feuchteempfindliche Güter, Technikzentralen	Wärmedämmung nach EnEV ²⁾ , Heizung, Zwangslüftung, ggf. Klimaanlage
3	A*	einfach	warm bis kühl, natürliche Luftfeuchte, große Schwankungsbreite der Klimawerte	Räume für zeitweiligen Aufenthalt von wenigen Menschen, ausgebauter Kellerräume, wie Hobbyräume, Werkstätten, Waschküche im Einfamilienhaus, Wäschetrocknenraum, Abstellräume	Wärmedämmung nach EnEV ²⁾ , ggf. ohne Heizung, natürliche Lüftung (Fenster, Lichtschächte, ggf. nutzerunabhängig)
4	A ²⁾	untergeordnet	keine Anforderungen	einfache Technikräume (z. B. Hausanschlussraum)	-

¹⁾ entspricht der WU-Richtlinie [1], 5.3 (2). u.U. ist eine Einordnung in Nutzungsklasse B möglich
²⁾ Baukonstruktive Anforderungen an die Zugänglichkeit der umschließenden Bauteile sind immer zu beachten.
³⁾ EnEV: Energieeinsparverordnung

Reduzierung von Verformungen: Betonbauteile erwärmen sich während der Hydratation (Erhärtungsphase) und dehnen sich dabei aus. Ist der Hydratationsprozess abgeschlossen, fließt die Hydratationswärme ab und die Betonbauteile verkürzen (= verformen) sich. Weitere Verformungen können durch jahreszeitliches Erwärmen und Abkühlen entstehen. Auch durch Austrocknungsprozesse (Schwinden) verkürzen (= verformen) sich Betonbauteile. Verformungen können reduziert werden, indem eine

Betonzusammensetzung gewählt wird, die während der Hydratation möglichst wenig Wärme entwickelt und im maximalen Wassergehalt begrenzt ist. Das Schwinden kann durch eine geeignete Betonzusammensetzung reduziert, jedoch nicht vermieden werden. Ist ein Betonbauteil der Witterung oder jahreszeitlich bedingten Temperaturdifferenzen ausgesetzt, werden auch jahreszeitlich bedingte Verformungen auftreten.

Risse im Stahlbetonbau: Risse sind typisch für die Bauart Stahlbeton. Die Dauerhaftigkeit (und damit die Tragfähigkeit) und die Gebrauchstauglichkeit sind in der Regel dann nicht eingeschränkt, wenn entweder Risse in ihrer Breite begrenzt werden oder breite Risse mit planmäßigen Maßnahmen geschlossen werden. Bei WU-Bauwerken kann eine darüber hinausgehende Reduzierung der *Rissbreite* erforderlich werden (*Risse in WU-Betonbauwerken*). Grundsätzlich muss zwischen der rechnerischen Rissbreite gemäß [22] und den Ist-Rissbreiten am Bauwerk unterschieden werden. Rechenwerte der Rissbreite sind grundsätzlich nur als Anhaltswerte zu verstehen, deren gelegentliche geringfügige Überschreitung im Bauwerk nicht ausgeschlossen werden kann. Aus Abb. 1 kann entnommen werden, dass beispielsweise bei einer rechnerischen Rissbreite von $w_k = 0,20$ mm ca. 20 % aller am Bauwerk möglichen Risse im abgeschlossenen Rissbild Breiten größer als 0,20 mm aufweisen können. Die rechnerische Rissbreite ist definiert als mittlere Breite im Wirkungsbereich der Bewehrung und weicht in der Regel von der an der Bauteiloberfläche messbaren Breite ab. Weitere Informationen zu Rissen enthält DAfStb-Heft 600 – Erläuterungen zu DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-1-1/NA (Eurocode 2) [23] und das DBV-Merkblatt »Begrenzung der Rissbildung im Stahlbeton- und Spannbetonbau« [24].

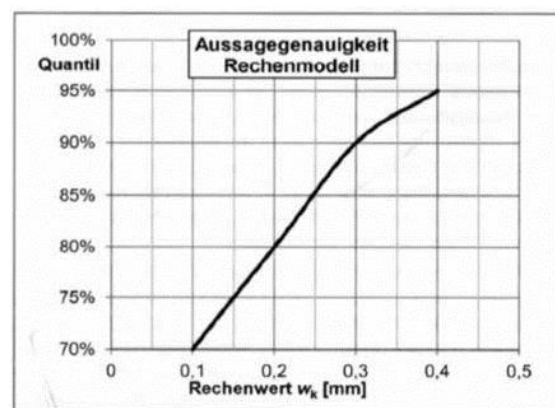


Abb. 1: Vorhersagegenauigkeit des Modells für die Rissbreitenbegrenzung nach DIN EN 1992-1-1/NA [24]

Risse in WU-Betonbauwerken: Siehe »Risse im Stahlbetonbau« mit folgenden Ergänzungen: Bei WU-Betonbauwerken kann Wasser durch Trennrisse (Risse, die die WU-Betonbauwerke auf der gesamten Dicke durchtrennen) eindringen. Deshalb muss bereits bei der Planung ein Entwurfsgrundsatz (EGS) hinsichtlich Trennrisse festgelegt werden. Bei WU-Betonbauwerken müssen Trennrisse entweder vermieden werden (EGS [a](#)), in ihrer Breite so begrenzt werden, dass bei Beanspruchungsklasse 1 der Wasserdurchtritt infolge Selbstheilung (siehe »Selbstheilung«) begrenzt wird (EGS [b](#)) oder durch planmäßige Maßnahmen abgedichtet werden (EGS [c](#)), vgl. auch unter [WU-Betonbauwerk](#).

Um Trennrisse zu vermeiden (EGS [a](#)), sind konstruktive, betontechnische und ausführungstechnische Maßnahmen zur Reduzierung der Zwangsbeanspruchungen erforderlich. Das Ziel Trennrisse zu vermeiden ist wegen der Eigenschaften des Werkstoffs Stahlbeton (Schwinden, Hydratation) besonders anspruchsvoll. Der Entwurfsgrundsatz sichert keinesfalls die Rissfreiheit zu.

Entwurfsgrundsatz [b](#) mit dem Ziel der Selbstheilung der Risse ist nur für Nutzungsklasse B und u. U. während der Bauzeit anwendbar. Wasserführende Trennrisse, die sich nicht selbst heilen, oder sonstige Risse können nachträglich abgedichtet werden (i. d. R. durch Injektion), wenn die Zugänglichkeit zur WU-Konstruktion von innen gegeben ist. Die Abdichtungsmaßnahmen sind zu planen.

Bei EGS [c](#) werden planmäßig breitere Risse zugelassen als bei EGS [b](#). Ziel dieses EGS ist es, die Anzahl der Risse zu minimieren. Die Risse werden mit planmäßigen, zum Entwurf gehörenden Maßnahmen vor Ausbau- bzw. Nutzungsbeginn abgedichtet, i. d. R. durch (nachträgliche) *Injektion* oder alternativ durch ein vorab eingebrachtes *Frischbetonverbundsystem*.

Das Auffinden von Trennrissen ist dann einfach möglich, wenn diese wasserführend sind. Somit ist es von Vorteil, wenn eine evtl. Wasserhaltung so früh wie möglich abgestellt wird (Auftriebssicherheit beachten!). Eine Lokalisierung von während der Bauzeit trockenen aber nach Nutzungsbeginn potenziell wasserführenden Trennrissen ist im Regelfall nicht zielsicher möglich.

Für alle Entwurfsgrundsätze sind nach [1] planmäßig (bei der Ausschreibung und bei der Ausführungsplanung) Dichtmaßnahmen nach [1], Abschnitt 12 für unerwartet entstandene Trennrisse bzw. für Trennrisse, deren Breite über dem entwurfsmäßig festgelegten Wert liegt, vorzusehen.

Selbstheilung von Rissen: Verringerung des Wasserdurchtritts durch Trennrisse in Abhängigkeit von der Rissbreite und der Wasserdruckhöhe mit der Zeit, siehe auch unter »Risse in WU-Betonbauwerken«. Um Selbstheilung zu ermöglichen, müssen die Trennrissbreiten in Abhängigkeit des anstehenden Wasserdrucks begrenzt werden und die Risse langsam und fortwährend von Wasser durchströmt werden. Zudem muss die chemische Zusammensetzung des anstehenden Wassers (Grundwasseranalyse erforderlich) eine Selbstheilung ermöglichen. Bei zu breiten Rissen ist nicht mit einer Selbstheilung zu rechnen (*Risse im Stahlbetonbau*). Zu beachten ist, dass durch Selbstheilung der Durchtritt von Wasser durch einen Trennrisse begrenzt (*Begrenzter Wasserdurchtritt*) wird. Feuchte Rissufer und einzelne Wasserperlen im (geheilten) Riss sind also auch nach abgeschlossener Selbstheilung über die gesamte Nutzungsdauer möglich. In der WU-Richtlinie [1] wird deshalb bewusst von »Begrenzung des Wasserdurchtritts durch Selbstheilung« und nicht von »Abdichtung der Risse durch Selbstheilung« gesprochen. Selbstheilung benötigt Zeit.

Entwurfsgrundsatz [b](#) mit dem Ziel der Selbstheilung der Risse bei Beanspruchungsklasse 1 ist nur für Nutzungsklasse B und u. U. während der Bauzeit anwendbar

Schwarze Wanne: Bei »schwarzen Wannen« wird die Wasserdichtigkeit durch eine außen (= wasserseitig) angeordnete flächige Bauwerksabdichtung, z. B. eine Abdichtung aus Bitumenschweißbahnen, erreicht. Auch bei »schwarzen Wannen« ist eine auf die gewählte Abdichtungsbauart abgestimmte detaillierte Fachplanung und eine sorgfältige Ausführung entscheidend für den Erfolg. Die Fachplanung und Ausführung der Abdichtung von erdberührten Bauteilen erfolgt nach den Normen DIN 18195 [19] und DIN 18533 [20].

Bei evtl. Undichtigkeiten während der Nutzung muss bei Außenwänden zunächst eine Zugänglichkeit von außen hergestellt werden (Aufgraben). Soll bei einer Schwarzen Wanne die Bodenplatte außenseitig abgedichtet werden, dann muss die Dichtungsschicht unterhalb der Bodenplatte angeordnet, d. h., vor dem Bau des eigentlichen Tragwerkes eingebaut werden. Dichtungsschichten unterhalb von Bodenplatten sind später nicht mehr zugänglich, sodass eine Instandsetzung bei Undichtigkeiten kaum möglich bzw. sehr aufwendig und kostenintensiv werden kann.

In der Praxis werden auch »Mischkonstruktionen« geplant und ausgeführt, z.B. die Bodenplatte als WU-Betonbauwerk nach [1] und die Außenwände mit einer außenseitig angeordneten Abdichtung nach DIN 18915 [19] bzw. DIN 18533 [20]. Bei diesen »Mischkonstruktionen« muss insbesondere der Übergang der Außenabdichtung auf das WU-Betonbauwerk genau geplant werden und ein für die Verwendung geeignetes Bauprodukt eingesetzt werden.

Verformungsbehinderungen: Versprünge auf der Unterseite einer Bodenplatte, insbesondere Fundamentverstärkungen und Aufzugsunterfahrten, führen zu einer »Verkrallung« mit dem Untergrund und stellen somit Verformungsbehinderungen dar. Dazu zählen ebenfalls die Reibungsbehinderung an unebenen, rauen Sauberkeitsschichten aber auch Pfahlgründungen. Auch Wände, die z. B. direkt an einen unebenen Verbau anschließen (einhäutig geschaltete Wände z. B. an Schlitz- und Bohrpfahlwänden), sind in ihrer Verformung behindert.

Wenn Verformungen und Dehnungen, die infolge indirekter Einwirkungen entstehen (insbesondere abfließende Hydratationswärme und Schwinden bzw. Temperatureinwirkungen), behindert werden, entstehen Zwangsspannungen. Bei Zugspannungen infolge Zwang können Risse entstehen. Die auftretenden Zwangszugspannungen werden umso größer, je größer das Schwindmaß bzw. die Temperatureinwirkung und je stärker die Verformungsbehinderung ist.

Für den EGS c und vor allem bei Anstreben einer Rissvermeidung für den EGS a sind daher die Verformungsbehinderungen so weit wie möglich auf ein baupraktisch realistisches Maß zu reduzieren.

Dies erfordert ebene Bodenplattenunterseiten (z. B. flügelgeglättete Sauberkeitsschichten) in Verbindung mit reibungsmindernden Gleitschichten unterhalb der Bodenplatte (z. B. zwei Lagen PE-Folie), vgl. dazu auch [25] oder wirksame zusammendrückbare »Weichlagen« an Versprüngen der Bodenplattenunterseiten. Bei Wänden können die Verformungsbehinderungen durch die Herrichtung ebener Verbauf Flächen in Verbindung mit reibungsmindernden Trennlagen reduziert werden.

Durch Fugen können Bauteile unterteilt werden, sodass Zwangsbeanspruchungen »abgebaut« werden.

WU-Betonbauwerk, WU-Wanne (auch Weiße Wanne): Bei wasserundurchlässigen Konstruktionen aus Beton (WU-Betonbauwerk) übernimmt der Beton neben der tragenden Funktion auch die Abdichtungsfunktion in der Fläche. Dafür ist eine Mindestdicke der wasserberührten Betonbauteile einzuhalten und es muss ein Beton mit hohem Wassereindringwiderstand nach [18] bzw. [1] verwendet werden. Bei einem WU-Betonbauwerk müssen alle Fugen und Durchdringungen planmäßig wasserdicht ausgeführt werden.

Trennrisse müssen entweder vermieden werden, in ihrer Breite so begrenzt werden, dass der Wasserdurchtritt infolge Selbstheilung begrenzt werden oder durch planmäßige Maßnahmen abgedichtet werden kann. Da keine äußere Abdichtungsschicht erforderlich ist, kann diese auch nicht beschädigt oder durch Wasser hinterlaufen werden. Undichtigkeiten in Trennrissen und Arbeitsfugen sind bei Zugänglichkeit zur Betonkonstruktion von innen gut lokalisierbar und können i. d. R. durch Injektion von innen mit geringem Aufwand abgedichtet werden.

WU-Betonbauwerke sind nach [1] im Detail zu planen, dazu gehört auch das Abdichten von planmäßigen und unerwartet entstandenen Trennrissen und sonstigen Undichtigkeiten.

WU-Richtlinie: Richtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAFStb) »Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton« [1]. Sie beinhaltet alle wesentlichen Punkte, die bei Planung, Konstruktion, Bemessung und Ausführung zu beachten sind. Die WU-Richtlinie der Ausgabe 2017 ersetzt die bis dahin gültige WU-Richtlinie 2003 inkl. der Berichtigung von 2006.

Das Heft 555 des DAFStb [2] enthält wichtige Erläuterungen zur WU-Richtlinie. Es ist erstmals 2006 erschienen und bezieht sich demnach auf die WU-Richtlinie von 2003 mit der Berichtigung 2006. Derzeit (Dezember 2017) wird das Heft 555 überarbeitet und soll in 2018 mit Bezug auf die neue WU-Richtlinie 2017 [1] herausgegeben werden.

Zwangsbeanspruchungen: Entstehen dann, wenn Verformungen des Betonbauteils durch Verformungsbehinderungen behindert werden. Übersteigen die Zwangsbeanspruchungen die Zugfestigkeit (elastische Grenzdehnung) des Betons, entstehen Trennrisse. Zwangsbeanspruchungen können minimiert werden, wenn Verformungen und Verformungsbehinderungen reduziert werden.

7 Literatur

Nachfolgend sind nur die aus Sicht der Verfasser wesentlichen Literaturstellen aufgelistet. Die Beachtung der umfangreichen Sekundärliteratur wird empfohlen.

- [1] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e. V.: DAfStb-Richtlinie »Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton« (WU-Richtlinie), 12/2017
- [2] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: Erläuterungen zur DAfStb-Richtlinie »Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton«, Heft 555, Beuth Verlag, 2006. Hinweis: Überarbeitete Neuauflage voraussichtlich Ende 2018
- [3] Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e.V.: DBV Merkblatt »Hochwertige Nutzung von Untergeschossen – Bauphysik und Raumklima«. Fassung 01/2009
- [4] Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e.V.: DBV Merkblatt »WU-Dächer«. Fassung 07/2013
- [5] Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e.V.: DBV-Heft 37 »Frischbetonverbundfolie«. 08/2016
- [6] Freimann, T., Heinlein, U.: Planung und Anwendung der Frischbetonverbundsysteme bei wasserundurchlässigen Baukonstruktionen aus Beton, Beton-Kalender 2018, Ernst W. + Sohn Verlag, Berlin, 2017
- [7] Haack, A., Kessler, D.: Abdichtung bei unterirdischen Bauwerken. Beton-Kalender 2014, Ernst W. + Sohn Verlag, Berlin, 2013, S. 525 - 583
- [8] Bloch, M. Zitzelsberger, T.: WU-Konstruktionen mit Frischbetonverbundsystemen. Bauphysik-Kalender, Ernst W. + Sohn Verlag, Berlin, 2018
- [9] Hohmann, R.: Elementwände im drückendem Wasser. Stuttgart, Fraunhofer IRB Verlag, 2016
- [10] Hohmann, R.: Abdichtung bei wasserundurchlässigen Bauwerken aus Beton. 2. überarbeitete und erweiterte Auflage, Stuttgart, Fraunhofer IRB Verlag, 2009
- [11] DIN 7865: Elastomer-Fugenbänder zur Abdichtung von Fugen in Beton – Teil 1: 2015-02 Formen und Maße, Teil 2: 2015-02 Werkstoff-Anforderungen und Prüfung, Teil 3: 2012-05 Verwendungsbereich
- [12] DIN 18541: Fugenbänder aus thermoplastischen Kunststoffen zur Abdichtung von Fugen in Beton – Teil 1: 2014-11: Begriffe, Formen, Maße Kennzeichnung, Teil 2: 2014-11: Anforderungen an die Werkstoffe, Prüfung und Überwachung
- [13] DIN 18197: 2018-01 »Abdichten von Fugen in Beton mit Fugenbändern
- [14] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V.: DAfStb-Richtlinie »Massige Bauteile aus Beton«: 2010-04, Teil 1: Ergänzungen zu DIN 1045-1, Teil 2: Änderungen und Ergänzungen zu DIN EN 206-1 und DIN 1045-2, Teil 3: Änderungen und Ergänzungen zu DIN 1045-3
- [15] Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e.V.: DBV Merkblatt »Besondere Verfahren zur Prüfung von Frischbeton«. Fassung 01/2014
- [16] DIN EN 13670: 2011-03: Ausführung von Tragwerken aus Beton mit DIN 1045-3: 2012-03: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton - Teil 3: Bauausführung – Anwendungsregeln zu DIN EN 13670 mit DIN 1045-3:2012-03: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton - Teil 3: Bauausführung – Anwendungsregeln zu DIN EN 13670
- [17] DIN 18205: 2016-11: Bedarfsplanung im Bauwesen
- [17] DIN EN 206-1: 2001-07: Beton – Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität mit DIN EN 206-1/A1-Änderung: 2004-10 und DIN EN 206-1/A2-Änderung: 2005-09 mit DIN 10452:2008-08, Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 2: Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität – Anwendungsregeln zu DIN EN 206-12
- [18] DIN 18195: 2017-07: Abdichtung von Bauwerken – Begriffe
- [19] DIN 18533:2017-07: Abdichtung von erdbehüteten Bauteilen – Teil 1: Anforderungen, Planungs- und Ausführungsgrundsätze. Teil 2: Abdichtung mit bahnenförmigen Abdichtungsmitteln. Teil 3: Abdichtung mit flüssig zu verarbeitenden Abdichtungsmitteln
- [20] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e. V.: DAfStb-Richtlinie »Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen«. Teile 1 bis 4. – Ausgabe Oktober 2001
- [21] DIN EN 1992-1-1: 2011-01: Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau inkl. A1-Änderung 2015-03 (DIN EN 1992-1-1/A1: 2015-03) mit DIN EN 1992-1-1/NA: 2013-04 Nationaler Anhang EN 1992-1-1 inkl. A1-Änderung 2015-12 (DIN EN 1992-1-1/NA/A1: 2015-12)
- [22] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e. V.: Erläuterungen zu Eurocode 2 (DIN EN 1992-1-1) – Heft 600 der Schriftenreihe des DAfStb, 2012
- [23] Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e.V.: DBV Merkblatt »Begrenzung der Rissbildung im Stahlbeton- und Spannbetonbau«. Fassung 05/2016
- [24] Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e.V.: DBV Merkblatt »Industrieböden aus Beton«. Fassung 02/2017