

Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton werden auch als Weiße Wannen bezeichnet. Sie sind in der Lage, die tragende und die abdichtende Funktion als monolithisches Bauwerk in einem zu übernehmen. In dieser einfachen Konstruktion liegt ein entscheidender Vorteil gegenüber anderen Abdichtungen.

■ 1 Regelwerke

Neben den allgemeinen Regelwerken für den Betonbau [1], [2] legt die DAfStb-Richtlinie „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton“ (im Folgenden WU-Richtlinie) [3] detaillierte Anforderungen an Planung und Ausführung fest. Bauphysikalische und weitere nutzungsbedingte Anforderungen sind vom Planer gesondert zu berücksichtigen und nicht Gegenstand der WU-Richtlinie. Hinweise und Festlegungen hierzu können dem DBV-Merkblatt „Hochwertige Nutzung von Untergeschossen“ [5] entnommen werden. Die Regelungen der Richtlinie stellen eine Ergänzung zum Nachweis der Gebrauchstauglichkeit nach DIN EN 1992-1-1 [6] dar und markieren den aktuellen Stand der Technik. Sie sollten deshalb für Bauteile im Geltungsbereich der Richtlinie unbedingt vertraglich vereinbart werden.

Die Normengruppe „Abdichtung von Bauwerken“ (DIN 18195 und DIN 18531 bis DIN 18535) beinhaltet ausdrücklich keine wasserundurchlässigen Bauwerke aus Beton und sind daher *nicht* anzuwenden.

■ 2 Anwendungsbereich

Die WU-Richtlinie [3] gilt für teilweise oder vollständig ins Erdreich eingebettete WU-Betonbauwerke und -bauteile sowie Decken und Dächer des allgemeinen Hoch- und

Wirtschaftshochbaus. Im Geltungsbereich liegen somit WU-Untergeschosse (Weiße Wannen), WU-Decken und -dächer sowie die sinngemäße Umsetzung der Regelungen für Betonbauwerke und -bauteile mit der Funktion der Wasserundurchlässigkeit (z.B. Becken, Stützmauern, unterirdische Ingenieurbauwerke o.Ä.). Die WU-Richtlinie gilt nicht für Bauwerke nach ZTV-ING und ZTV-W sowie für Betonfertiggaragen.

■ 3 Begriffe

Anschlussmischung ist ein Beton mit hohem Wassereindringwiderstand mit einem Größtkorn der Gesteinskörnung von 8 mm. Dient als Fallpolster im unteren Anschlussbereich von Wänden und zum sicheren Einbetonieren von Fugensicherungen.

Beanspruchungsklasse: Die Beanspruchungsklasse wird vom Planenden festgelegt und berücksichtigt die Art der Beaufschlagung des Bauwerks oder Bauteils mit Wasser oder Feuchte. Zur Festlegung der Beanspruchungsklasse ist u.a. die Kenntnis des Bemessungswasserstands und der Baugrundverhältnisse erforderlich.

Bemessungswasserstand: Der höchste innerhalb der planmäßigen Nutzungsdauer zu erwartende Grundwasser-, Schichtenwasser- oder Hochwasserstand unter Berücksichtigung langjähriger Beobachtungen und zu erwartender zukünftiger Gegebenheiten: der höchste planmäßige Wasserstand.

Nutzungsklasse: Festlegungen der sich aus der geplanten Nutzung ergebenden Anforderungen an das Raumklima und den Feuchtezustand der Bauteiloberfläche.

Bedarfsplanung ist die methodische Ermittlung der Anforderungen und Bedürfnisse von Bauherrn und Nutzern (siehe auch DIN 18205).

Bewegungsfugen trennen benachbarte Bauteile bzw. Gebäudeteile. Bewegungsfugen lassen unterschiedliche horizontale und vertikale Bauteilbewegungen zu. Schnittkräfte werden in diesen Fugen nicht übertragen.

Arbeitsfugen: Arbeitsfugen ergeben sich meist aus dem baubetrieblichen Arbeitsablauf und bautechnischen Gegebenheiten. Sie begrenzen das Betonbauteil in seinen Abmessungen und wirken als schnittkräfteübertragende Fugen.

Sollrissfugen: Werden an großen Bauteilen oder Bauteilen mit ungünstiger Geometrie Risse erwartet, können diese Risse durch gezielte Bauteilschwächung an vorher festgelegten Stellen erzeugt bzw. auch gebündelt werden.

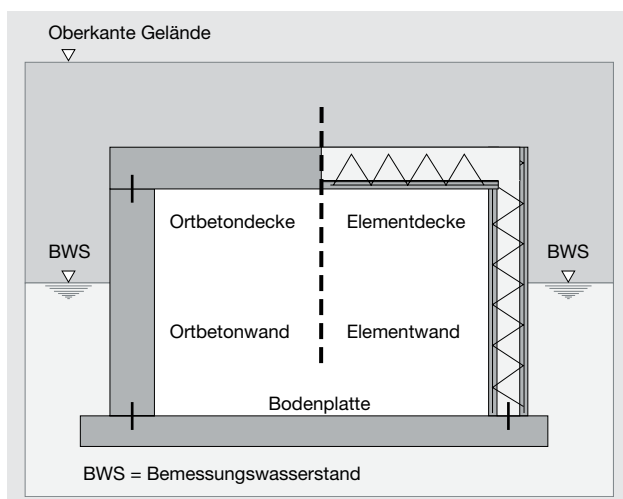


Bild 1: Wasserundurchlässige Bauwerke (Weiße Wannen) aus Beton ohne zusätzliche Abdichtung in verschiedenen Bauweisen

Normalkräfte werden an diesen Fugen nur teilweise übertragen, was zu der gewünschten Rissbildung führt.

Elementwand: Kombination aus zwei im Abstand durch Gitterträger verbundenen Fertigteilplatten mit einer Ortbetonergrünung

■ 4 Prinzip Wasser/Feuchtetransport

WU-Konstruktionen verhindern den Durchtritt von Wasser in flüssiger Form. Die Bandbreite der Beanspruchung reicht von Bodenfeuchte bis hin zu drückendem Wasser. Der Bemessungswasserstand muss bei der Planung bekannt sein. Die Art der Wasserbeanspruchung wird in eine Beanspruchungsklasse eingestuft. Neben dem hydrostatischen Wasserdruck muss ein eventueller chemischer Angriff durch Grundwasser oder Boden berücksichtigt werden. Ergibt die Wasseranalyse nach DIN 4030-2 einen Angriffsgrad XA2 aufgrund eines pH-Werts $< 5,5$ oder aufgrund kalklösender Kohlensäure, dürfen der Entwurfsgrundsatz **b)** (siehe Abschnitt 7 und Tafel 5) und die hierfür aufgeführten Rechenwerte für die Trennrissbreiten gemäß WU-Richtlinie nicht in Ansatz gebracht werden. Empfehlenswert ist hier eine Bauweise mit vermindertem Zwang ohne unkontrollierte Trennrissbildung (s. Abschnitt 7).

Feuchtetransport und Diffusion innerhalb eines ungestörten Bauteilquerschnitts aus Beton mit hohem Wassereindringwiderstand können nach [3] wie im Bild 2 dargestellt werden. Die kapillare Wasseraufnahme auf der dem Wasser zugewandten Seite erfolgt unabhängig vom hydrostatischen Wasserdruck maximal bis in eine Tiefe von etwa 70 mm. Auf der luftzugewandten Seite trocknet das Bauteil langsam aus. Hier bildet sich ein Austrocknungsbereich aus, in dem lediglich das Überschusswasser des Betons an die Innenluft abgegeben wird (Entweichen der Baufeuchte). Die Tiefe dieses Austrocknungsbereichs liegt maximal bei etwa 80 mm. Solange sich Kapillarbereich und Austrocknungsbereich nicht überschneiden (Bauteildicken > 200 mm), ist im Kernbereich kein Feuchtetransport – auch nicht in gasförmiger Form – nachweisbar. Das bedeutet, dass sich die raumseitige Feuchteabgabe bei ausreichender Bauteildicke praktisch unabhängig von den Randbedingungen und der Feuchtesituation auf der Außenseite

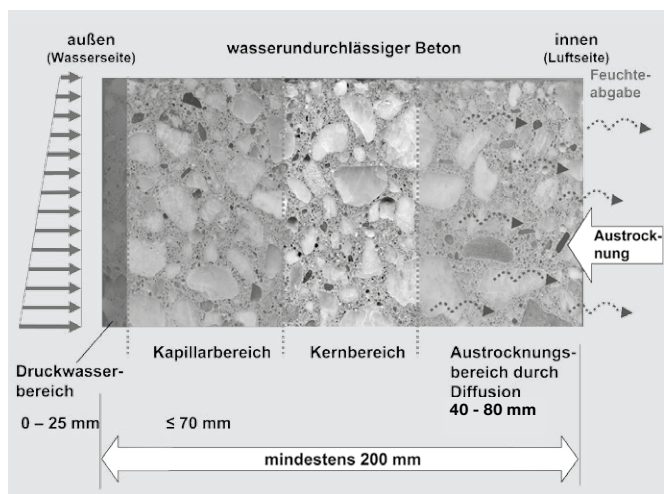


Bild 2: Arbeitsmodell für Feuchtebedingungen im Betonquerschnitt bei einseitiger Wasserbeaufschlagung für ungerissene Betone C30/37 und $w/z \leq 0,55$ in Anlehnung an Beddoe/Springenschmid [9]

te verhält. Bei WU-Bauwerken verlangsamt sich die Diffusion im Austrocknungsbereich im Laufe der Zeit und kommt nach Abgabe der Eigenfeuchte praktisch zum Erliegen [7]. Auch in [8] wurde bei ständig drückendem Wasser (schwimmende Häuser) in keinem Fall über erhöhte Luftfeuchten berichtet.

■ 5 Aufgaben der Planung

Eine Weiße Wanne erfordert mehr als nur Beton mit hohem Wassereindringwiderstand, um funktionsfähig zu sein. Für die Erstellung eines WU-Betonbauwerks ist es entscheidend, dass die Festlegungen und Maßnahmen aller am Planungs- und Bauprozess Beteiligten (Planung, Bemessung, konstruktive Durchbildung, Betonherstellung, Fugenabdichtung und Ausführung) wirksam ineinandergreifen. Hierzu ist eine enge und kontinuierliche Abstimmung und Rückkopplung über alle Schnittstellen hinweg erforderlich.

Die in der Planung zu berücksichtigenden einzelnen Elemente und Maßnahmen sind in Tafel 1 aufgelistet.

Grundsätzlich ist zu beachten, dass ggf. die Zugänglichkeit zu luftseitigen Oberflächen der WU-Konstruktion bereits in der Planung zu berücksichtigen ist. Als Orientierungshilfe zur Abstimmung der Zuständigkeiten bei der Planung und der Ausführung enthält Anhang A der WU-Richtlinie [3] eine Checkliste als Orientierungshilfe.

Tafel 1: Aufgaben und Maßnahmen der Planung von WU-Bauwerken nach [3]

| | |
|----|--|
| a) | Bedarfsplanung (dokumentierte Nutzungsanforderungen) |
| b) | Festlegung der Beanspruchungsklasse und erforderlichenfalls Berücksichtigung angreifender Wässer und Böden |
| c) | Festlegung einer oder mehrerer Nutzungsklassen und des Nutzungsbeginns |
| d) | Bauteilbezogene Wahl eines Entwurfsgrundsatzes: „Risse vermeiden“, „Rissbreiten für Selbstheilung begrenzen“, „Einzelrisse zulassen und planmäßig abdichten“ |
| e) | Festlegen der aus den Entwurfsgrundsätzen folgenden konstruktiven, betontechnischen und ausführungstechnischen Maßnahmen (z.B. Festlegung von Betoneigenschaften, die der Bemessung zugrunde liegen) |
| f) | Wahl von Bauteilabmessungen, Bewegungsfugen, Sollrissfugen |
| g) | Bemessung und Bewehrungskonstruktion |
| h) | Planung von Einbauteilen und Durchdringungen |
| i) | Planung von Bauablauf, Betonierabschnitten, Arbeitsfugen, einschließlich der erforderlichen Qualitätssicherungsmaßnahmen |
| j) | Planung des geschlossenen Fugenabdichtungssystems |
| k) | Planung und Ausschreibung der Abdichtung für alle planmäßigen und unplanmäßigen Trennrisse |
| l) | Dokumentation aller relevanten Festlegungen und Entscheidungen in der Planung und Weitergabe an alle Beteiligten (WU-Konzept) |
| m) | Beschreibung der für die Nutzung möglicherweise folgenden Einschränkungen (z.B. wasserführende Risse, Annahmen für den Zeitraum und die Bedingungen für die Selbstheilung) |

■ 6 Festlegungen

6.1 Beanspruchungsklassen mit Bemessungswasserstand

Die Wassereinwirkung wird gemäß WU-Richtlinie [3] in zwei Beanspruchungsklassen eingeteilt. Die Beanspruchungsklasse (Tafel 2) richtet sich nach der Art des auftretenden Wassers.

Die vorhandene Beanspruchungsklasse wirkt sich später aus auf die Umsetzung der Entwurfsgrundsätze, die Anforderungen an den Beton, die Mindestbauteildicken und die Qualitätssicherung durch die Überwachungsklassen.

Zusätzlich zur Beanspruchungsklasse ist der Bemessungswasserstand (BWS) unverzichtbare Grundlage jeder Planung (siehe Abschnitt 3 Begriffe).

Der Bemessungswasserstand kann auf der sicheren Seite liegend auf Höhe der Geländeoberkante (GOK) angesetzt werden, wenn keine langjährigen Beobachtungen vorliegen oder die zu erwartenden zukünftigen Gegebenheiten nicht abgeschätzt werden können. Dieses Vorgehen wird jedoch als Ausnahmefall gewertet. Die Entscheidung zwischen der Ermittlung des zu erwartenden BWS und dem vereinfachten Ansetzen auf Geländeoberkante sollte nicht ohne Einbeziehung des Bauherrn erfolgen, da diese Festlegung den eher ungünstigen Fall für die weiteren Planungen (Auftrieb, Baufeld) darstellt.

6.2 Nutzungsklassen

Vom Planer ist in Abstimmung mit dem Bauherrn bzw. in Abhängigkeit von der Funktion und der angestrebten Nutzung die Nutzungsklasse festzulegen. Als höherwertige Anforderung dürfen in der Nutzungsklasse A keine Feuchtstellen auf der Bauteiloberfläche innen (luftseitig) als Folge eines Wasserdurchtritts auftreten. „Feuchtstellen“ im Sinne der Richtlinie sind feuchtebedingte Dunkelfärbungen oder die Bildung von Wasserperlen.

Die Nutzungsklasse A stellt die Variante für hochwertig genutzte Bauwerke dar. Bei Nutzungsklasse B sind Feuchtstellen auf der Bauteiloberfläche zulässig. Im Gegensatz zur Nutzungsklasse A wird somit eine nur begrenzte Wasserundurchlässigkeit gefordert. Feuchtstellen dürfen im Bereich von Trennrissen, Sollrissquerschnitten, Fugen und Arbeitsfugen auftreten.

- Nutzungsklasse A:
 - Standard für Wohnungsbau
 - Lagerräume mit hochwertiger Nutzung

- Nutzungsklasse B:
 - Einzelgaragen, Tiefgaragen
 - Installations- und Versorgungsschächte und -kanäle
 - Lagerräume mit geringen Anforderungen

Die Bauweise mit Rissbreitenbegrenzung (Entwurfsgrundsatz [b]) ist für die Nutzungsklasse A wegen des während der Selbstheilung möglichen temporären Wasserdurchtritts im Regelfall nicht anwendbar [4].

6.3 Bauphysikalische Anforderungen aus der Nutzung

Zur Vermeidung von Tauwasser auf den Innenflächen müssen nach [3] zusätzliche bauphysikalische und raumklimatische Maßnahmen (Lüftung, außen liegende Wärmedämmung, Heizung, Klimatisierung) getroffen werden. Bei Nutzungsklasse A muss der Planer den Bauherrn hierauf gesondert hinweisen. Diese Forderungen lassen sich nach [5] exakt festlegen. Dort wird eine Unterteilung der Nutzungsklasse A in die Klassen A*, A** und A*** vorgenommen, die einen differenzierten Bezug zwischen Anforderungen, Raumklima und technischen Maßnahmen herstellen.

Darüber hinaus sind meist auch raumklimatische Anforderungen aus der Energieeinsparverordnung zu beachten. Bei hochwertiger Nutzung, z.B. als Wohnraum, kann eine außen liegende Perimeterdämmung (Wärmedämmung erdberührter Bauteile) vorgesehen werden, die gleichzeitig einem möglichen Tauwasseranfall auf der Innenseite entgegengewirkt. Die Bildung von Tauwasser ist vom Raumklima und der Oberflächentemperatur des Bauteils abhängig. Sie hat nichts mit der Dichtigkeit des Baustoffs zu tun [10, 11].

Sofern Fußbodeninnenflächen z.B. durch Fußbodenaufbauten, PVC-Beläge oder dergleichen diffusionsdicht verschlossen werden und somit die Baufeuchte nicht austrocknen kann, muss unter diesen Flächen eine innen liegende Abdichtung angeordnet werden. Die vorhandene Baufeuchte kann sonst den Fußbodenaufbau schädigen.

6.4 Bauteildicken

Die WU-Richtlinie gibt Mindestbauteildicken vor (Tafel 3).

Die Wanddicken und die Bewehrungsanordnung müssen einerseits einen sachgerechten Betoneinbau und eine ungehinderte Verdichtung erlauben. Andererseits gibt es einen Zusammenhang zwischen der Bauteildicke und dem w/z-Wert. Je größer (also ungünstiger) ein w/z-Wert ist, desto größer muss auch die Wanddicke sein, um Wasserdurchtritt zu verhindern, da der w/z-Wert ursächlich für die Kapillarporosität des Betons ist.

In Abhängigkeit vom Größtkorn der Gesteinskörnung im Beton werden darüber hinaus bei im Betonquerschnitt liegenden Fugenabdichtungen und Beanspruchungsklasse 1 Mindestabstände $b_{w,i}$ als liches Maß zwischen den Bewehrungslagen bzw. zwischen den Innenflächen von Elementwänden gefordert, um einen einwandfreien Betoneinbau zu ermöglichen:

- 8 mm Größtkorn: $b_{w,i} \geq 120$ mm
- 16 mm Größtkorn: $b_{w,i} \geq 140$ mm
- 32 mm Größtkorn: $b_{w,i} \geq 180$ mm

Für Elementwände mit Zulagebewehrung, Beanspruchungsklasse 1 und innenliegender Fugenabdichtung führt das im

Tafel 2: Zuordnung der Beanspruchungsklassen

| Beanspruchungsklasse 1 | Beanspruchungsklasse 2 |
|--|---|
| <i>ständig oder zeitweise drückendes Wasser</i> ■ Grundwasser, Schichtenwasser, Hochwasser oder anderes Wasser, das einen hydrostatischen Druck ausübt (auch zeitlich begrenzt) | <i>Bodenfeuchte</i> ■ kapillar im Boden gebundenes Wasser |
| <i>WU-Dächer</i> | <i>an der Wand ablaufendes Wasser</i> ■ nicht stauendes Wasser bei stark durchlässigem Boden |

Tafel 3: Empfohlene Mindestbauteildicken in mm

| | Beanspruchungs-kategorie | d _{min} bei Ausführungsart in mm | | |
|--------------------------|--------------------------|---|---|--------------|
| | | Ortbeton | Element-wände | Fertig-teile |
| Wände | 1 | 240 | 240 (120 ²⁾) | 200 |
| | 2 | 200 | 240 ¹⁾ (120 ²⁾) | 100 |
| Bodenplatte | 1 | 250 | – | 200 |
| | 2 | 150 | – | 100 |
| Dächer ohne Wärmedämmung | 1 | 200 | 240 (180 ²⁾) | 180 |
| Dächer mit Wärmedämmung | 1 | 180 | 220 (160 ²⁾) | 160 |

¹⁾ Abminderung auf 200 mm möglich mit besonderen betontechnischen und ausführungstechnischen Maßnahmen (z.B. fließfähige Betone).

²⁾ In Klammern: Mindestwerte für die Ortbetoneergänzung; zusätzlich für Beanspruchungskategorie 1, Vorgaben für Ausnutzung der Mindestbauteildicke und des lichten Innenmaßes b_{w,i} beachten.

Allgemeinen zu größeren Wanddicken als nach der Tafel vorgesehen ist.

■ 7 Entwurfsgrundsätze

Die Wasserundurchlässigkeit eines Betonbauteils hängt auch von einer möglichen Bildung von Trennrissen ab. Dies wird über drei Entwurfsgrundsätze berücksichtigt.

Diese Entwurfsgrundsätze finden auch bei anderen Betonbauweisen wie z.B. beim Parkhaus- bzw. Tiefgaragenbau oder beim Bau von Industrieböden Anwendung.

7.1 Maßnahmen zur Umsetzung der Entwurfsgrundsätze

Entwurfsgrundsatz **[a]**: Vermeidung von Trennrissen

Bei diesem Entwurfsgrundsatz sollen keine bzw. nur wenige Trennrisse auftreten. Dies wird durch die Planung einer zwangarmen Konstruktion erreicht. Dazu müssen konstruktive, betontechnische und ausführungstechnische Maßnahmen festgelegt werden. Diese sind gemäß WU-Richtlinie:

Konstruktive Maßnahmen bei Bodenplatten und WU-Dächern:

- Verminderung der Reibung durch geglättete Sauberkeitsschicht
- Anordnung von Trennlagen oder Gleitschichten
- Vermeidung von Festhaltepunkten durch ebene Unterseiten
- Anordnung von Hydratationsgassen
- Vorspannung
- Vermeidung von einspringenden Ecken
- Anordnung von Fugen und Sollrissfugen (müssen ggf. in Wänden übernommen werden)

Konstruktive Maßnahmen bei Wänden:

- Anordnung von Sollrissfugen
- Entkopplung der Wand vom Baugrubenverbau
- Anordnung von Hydratationsgassen
- Vorspannung

Betontechnische Maßnahmen

- Festlegung von Betonrezepturen mit niedriger Hydrationswärmeentwicklung (ggf. ergänzt durch wärmehaltende Nachbehandlung)
- Kühlung des Frischbetons
- Betonage mit möglichst niedrigen Frischbetontemperaturen

Ausführungstechnische Maßnahmen zur Reduzierung von Verformungen

- frühzeitig einsetzende Nachbehandlung
- Schutz vor direkter Sonneneinstrahlung
- Wahl des richtigen Betonierzeitpunkts
- Wärmehaltende Nachbehandlung nach Überschreiten des Temperaturmaximums

Entwurfsgrundsatz **[b]**: Festlegung von Trennrissbreiten

Bei diesem Entwurfsgrundsatz wird in Abhängigkeit vom außen anstehenden Wasserdruck eine maximal zulässige Rissbreite angenommen, die über zusätzliche fein verteilte Bewehrung erreicht wird. Zu diesem Entwurfsgrundsatz gehört, dass Wasser dann durch die Risse strömt und diese Risse sich über Selbstheilung schließen.

Tafel 4: Zulässige Trennrissbreiten nach [3]

| Zulässige Trennrissbreiten, wenn der Wasserdurchtritt durch Selbstheilung begrenzt werden soll; gilt nur bei Nutzungskategorie B und Entwurfsgrundsatz [b] | | |
|--|--|--|
| Druckgefälle h _w /h _b ¹⁾ | Maximale Druckhöhe h _w ¹⁾ | Zulässige Rissbreite w _w ²⁾ |
| ≤ 10 | 3,0 m | 0,20 mm |
| > 10 ... ≤ 15 | 6,0 m | 0,15 mm |
| > 15 ... ≤ 25 | 10,0 m | 0,10 mm |

¹⁾ h_w: Druckhöhe des Wassers in m; h_b: Bauteildicke in m

²⁾ Für angreifende Wässer mit > 40 mg/l CO₂ (kalklösende Kohlensäure) oder mit pH-Wert < 5,5 darf die Selbstheilung der Risse nicht in Ansatz gebracht werden.

Diese Bauweise setzt voraus, dass während der Rohbauphase außen Wasser ansteht und die Risse sich noch während der Rohbauphase schließen. Risse, die sich nicht vollständig schließen, müssen durch Injektionen abgedichtet werden.

Diese Bauweise funktioniert nicht, wenn der Höchststand des Wassers später in der Nutzungsphase eintritt, weil sich dann erst mit einer Verzögerung von möglicherweise Jahren Nässe im Keller zeigt und manche Risse sich eben nicht zusetzen.

Für diesen Entwurfsgrundsatz ist die Anwendung daher nur für die Nutzungskategorie B und ggf. während der Bauphase möglich.

Entwurfsgrundsatz **[c]**: Festlegung von Trennrissbreiten mit planmäßigen Dichtmaßnahmen

Ziel dieses Entwurfsgrundsatzes ist es, wenige Risse mit durchaus größeren Rissbreiten als bei **[b]** zuzulassen und diese Risse dann planmäßig abzudichten. Die Abdichtung dieser Risse kann durch verschiedene Vorgehensweisen erreicht werden. Es können Sollrissfugen angeordnet werden die ein Abdichtelement wie z.B. ein Fugenband oder ein Injektionssystem enthalten. Andererseits können die entstandenen Risse auch injiziert werden.

Tafel 5: Entwurfsgrundsätze

| Entwurfsgrundsätze nach WU-Richtlinie [3] | |
|---|--|
| a | Vermeidung von Trennrissen durch die Festlegung von konstruktiven, betontechnischen und ausführungstechnischen Maßnahmen |
| b | Festlegung von Trennrissbreiten, die so gewählt werden, dass bei Beanspruchungsklasse 1 der Wasserdurchtritt durch Selbstheilung begrenzt wird |
| c | Festlegung von Trennrissbreiten, die in Kombination mit im Entwurf vorgesehenen planmäßigen Dichtmaßnahmen die Anforderungen erfüllen. Hierbei sind in der Regel die Mindestanforderungen an die rechnerische Trennrissbreite nach DIN EN 1992-1-1, 7.3.1 auf der feuchtebeanspruchten Bauteilseite einzuhalten. Ziel dieses Entwurfsgrundsatzes ist es, die Anzahl der Risse zu minimieren und diese Risse bei Beanspruchungsklasse 1 zielsicher abzudichten. |

Auch bei diesem Entwurfsgrundsatz sind Zwang mindernde Maßnahmen wie oben aufgeführt zu planen.

Die abzudichtenden Risse müssen natürlich zugänglich sein.

Für alle drei Entwurfsgrundsätze gilt, dass geklärt sein muss, ob sich die Rissbreite später infolge von dynamischer Belastung (wechselnde Belastung und Entlastung) oder durch Temperaturänderungen wieder vergrößern kann. Risse mit einer Selbstheilung nach Entwurfsgrundsatz b) oder abgedichtete (injizierte) Risse können sich dann wieder öffnen und erneut Wasser führend sein.

7.2 Zwangarme Konstruktionen

Risse können im Festbeton entstehen, wenn die Zugspannungen im Bauteil die Zugfestigkeit des Betons erreichen. Dies kann durch äußere Lasten wie Eigengewicht sowie Verkehrslasten (direkte Einwirkungen) oder durch lastunabhängige Formänderungen (indirekte Einwirkungen) geschehen. Behinderte, lastunabhängige Verformungen können sowohl zu Eigenspannungen als auch zu Zwangsspannungen führen. Folgende Arten der Verformungen sind zu betrachten:

- thermisch
 - Abfließen der Hydratationswärme des erhärtenden Betons
 - Temperaturänderungen (Bauzustand und Nutzung)
 - Betonkernaktivierung
- hygrisch (Feuchte)
 - Schwinden (hauptsächlich Trocknungsschwinden)
 - Quellen
- ungleiche Setzungen oder Hebungen des Baugrunds

Die maßgebende indirekte Einwirkung des erhärtenden Betons ist das Abfließen der Hydratationswärme. Diese wird bestimmt von der Frischbetontemperatur, der Zementart, der Massigkeit des Bauteils und der Umgebungstemperatur. Ungünstig sind Betonagen im Hochsommer.

Temperaturänderungen können auch noch nach vielen Jahren zum Entstehen bzw. Aufweiten von Rissen führen. Beispielhaft ist eine Tiefgarage, in die im Winter zwar frische aber auch kalte Luft eingeblasen wird.

Das Schwinden ist wegen des Kontakts einer Seite jeden Bauteils mit feuchtem Baugrund nicht wesentlich.

Das Ziel jeder WU-Planung ist eine geometrisch einfache, möglichst zwangarme Bauwerkskonstruktion in Verbindung mit einer risikoarmen, kontrollierbaren Ausführung. Neben der Optimierung der Betonzusammensetzung (s. Abschnitt 8) und einer fachgerechten Ausführung kann bereits das Bauwerk selbst zwangarm konstruiert werden. Vorteilhaft ist eine ebene, reibungsarm gelagerte Sohlplatte mit gleichmäßiger Dicke. Querschnittsänderungen, Versprünge oder Vouten begünstigen eine Rissbildung. Durch die Anordnung von Trenn- oder Gleitschichten können die rechnerischen Reibungsbeiwerte zwischen Sohle und Baugrund verringert werden.

Weitere konstruktive Maßnahmen zur Verringerung der Rissgefahr in WU-Bauteilen sind die Begrenzung der Bauteilabmessungen, Anordnung von Betonierabschnitten und die Bauteilgeometrie. Gerade die Länge der Wandabschnitte ist wichtig, da die Wände im unteren Bereich durch die Anschlussbewehrung, die aus der Sohle herausragt, an vielen Stellen fest mit der Sohle verbunden sind. Die Wandhöhe hat einen Einfluss auf die Zwangsbeanspruchung und damit auf die Abstände der Fugen. Bei niedrigen Wänden müssen die Fugenabstände unter sonst gleichen Verhältnissen geringer sein. Nach Empfehlungen aus [10] sollten hierbei die Abstände von Schein- bzw. Betonierfugen in Wänden höchstens die zweifache Wandhöhe betragen und zusätzliche geeignete betontechnologische und bautechnische Maßnahmen ergriffen werden.

In Abhängigkeit der Randbedingungen, wie die Möglichkeit einer ebenen Sohlenunterseite, die Größe des Objekts und die Witterungsbedingungen, werden einzelne oder mehrere der oben aufgeführten Maßnahmen umgesetzt.

■ 8 Anforderungen an den Beton

Zur Herstellung von WU-Bauwerken ist nach DIN 1045-2 [1] und DIN EN 206-1 [2] ein Beton mit hohem Wassereindringwiderstand zu verwenden. Die erforderliche Dichtigkeit wird bei Bauteildicken bis zu 400 mm über einen maximalen äquivalenten Wasserzementwert $(w/z)_{eq} \leq 0,60$ sichergestellt. Die Mindestdruckfestigkeitsklasse beträgt C25/30, der Mindestzementgehalt 280 kg/m^3 . Für Dicken über 400 mm ist $(w/z)_{eq} \leq 0,70$ möglich. Aus statischen Gründen kann eine höhere Festigkeitsklasse notwendig werden. Die Dauerhaftigkeit des Betons wird über die vom Planer festzulegenden Expositionsklassen sichergestellt. Gegebenenfalls werden bei besonderen Expositionsklassen, wie z.B. XA2 (mäßiger chemischer Angriff) oder XF3 (hohe Wassersättigung ohne Taumittel), höhere Anforderungen an die Betonzusammensetzung erforderlich. Ein Beispiel für die Festlegung der Anforderungen an den Beton zeigt Tafel 6. In Abhängigkeit von den Expositionsklassen wird auch die Betondeckung festgesetzt. Die Einbaukonsistenz des Betons sollte der Konsistenzklasse F3 oder weicher entsprechen. Bei Ausnutzung der Mindestwanddicken nach der WU-Richtlinie und bei Beanspruchungsklasse 1 ist ein Beton mit einem $(w/z)_{eq} \leq 0,55$ zu verwenden. Für Wände ist in diesem Fall ein Beton mit einem maximalen Größtkorn von 16 mm vorzusehen.

Um Zwangsspannungen innerhalb des Bauwerks und somit die Rissgefahr möglichst gering zu halten, sind ggf. weitere Vorgaben an die Betonzusammensetzung sinnvoll. Einfluss auf diese Zwangsspannungen haben das Abfließen der Hydrationswärme, Temperaturänderungen (auch später wie z.B. bei belüfteten Tiefgaragen) und eventuell Schwinden. Besonders die Begrenzung der Hydrationswärme beim Abbindeprozess des Betons muss beachtet werden und kann durch folgende Maßnahmen verringert werden:

- Verwendung von Beton mit eher mittlerer Festigkeitsentwicklung im Winter bzw. eher langsamer Festigkeitsentwicklung im Sommer
- Verwendung von Zementen mit niedriger Hydrationswärmeentwicklung (LH-Zemente) oder von Zementen mit normaler Anfangsfestigkeit
- Verwendung von Flugasche als Zusatzstoff
- niedrige Frischbetontemperaturen

Eine Zusammenstellung aller Anforderungen zeigt Tafel 6.

■ 9 Fugen und Fugenabdichtung

Das Thema „Fugen und ihre Abdichtung in WU-Bauwerken aus Beton“ wird in dem separaten Zement-Merkblatt H 11 [12] ausführlich behandelt.

■ 10 Anforderungen an WU-Konstruktionen mit Elementwänden und Elementdecken

10.1 Elementwände

Elementwände können gemäß WU-Richtlinie auch als WU-Konstruktionen eingesetzt werden. Gegenüber Ortbetonwänden haben Elementwände einige Vorteile, aber auch einige Besonderheiten. Beim Einsatz von Elementwänden entfällt ein Großteil der Schalarbeiten. Lediglich Fugen müssen ggf. abgeschalt werden und die Elementwände müssen für die Betonage abgestützt werden. Durch das Einbringen des Ortbetons in den Kern entfallen in der Fläche Nachbehandlungsanforderungen. Der offene Wandkronenbereich und die mit Ortbeton gefüllten Fugen sind bei der Nachbehandlung zu berücksichtigen.

Tafel 6: Anforderungen an den Beton und die Konstruktion nach der WU-Richtlinie

| Bauteil | Wände (Ortbeton) | | | Elementwände (Fertigteil mit Ortbetonergänzung) | | | | Bodenplatten (Ortbeton) | | Dächer ohne Wärmedämmung ³⁾ | | | | | | |
|---|---|-------|-------------------------------------|--|--------|-------------------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------------------|--|-------------------|-------------------|--------|---------------------|-------------------|-------------------|
| | Ortbeton | | Elementdecken mit Ortbetonergänzung | Ortbeton | | Elementdecken mit Ortbetonergänzung | | Ortbeton | Elementdecken mit Ortbetonergänzung | | | | | | | |
| Mindestdruckfestigkeitsklasse | C25/30 | | | | | | | | | | | | | | | |
| besondere Betoneigenschaft | hoher Wassereindringwiderstand | | | | | | | | | | | | | | | |
| Beanspruchungsklasse | 1 | | | 2 | | 1 | | 2 | | 1 | | | | | | |
| Mindestbauteildicke d_{min} in mm | 240 | | 200 | | 240 | | 240 (200 ¹⁾) | | 250 | | 150 | | 200 | | 240 ³⁾ | |
| Wasserzementwert äquivalent w/z_{eq} | ≤ 0,55 | | ≤ 0,60 | | ≤ 0,55 | | ≤ 0,60 | | ≤ 0,55 | | ≤ 0,60 | | ≤ 0,55 | | | |
| ab Überschreiten der Mindestbauteildicke um mind. 15 % ($d_{min} \cdot 1,15$) | ≤ 0,60 | | | ≤ 0,60 | | | | ≤ 0,60 | | ≤ 0,60 | | ≤ 0,60 | | | | |
| bei innenliegenden Fugenabdichtungen gilt | lichtes Maß zwischen den Bewehrungslagen | | | lichtes Maß zwischen den Innenflächen der Fertigteilplatten; bei Bewehrung in der Ortbetonergänzung zwischen den Bewehrungslagen | | | | | | | | | | | | |
| b_{wi} in mm bzw. Ortbetonergänzung | ≥ 120 | ≥ 140 | ≥ 180 | keine Anforderung | | | | ≥ 120 | ≥ 140 | ≥ 180 | ≥ 120 | keine Anforderung | | ≥ 180 ³⁾ | | |
| Größtkorn in mm | 8 | 16 | 32 | | | | | 8 | 16 ²⁾ | 32 | keine Anforderung | | | keine Anforderung | | keine Anforderung |
| Zusätzliche Parameter beachten | – Frischbetontemperatur – Hydrationswärme- und Festigkeitsentwicklung des Betons – besondere Nachbehandlungsmaßnahmen (kontrollierter Wärmeabfluss) | | | | | | | | | | | | | | | |
| Anschlussmischung | bei freien Fallhöhen > 1 m; Höhe = Bauteildicke, jedoch mind. 300 mm | | | | | | | | | | | | | | | |
| Konsistenzklasse | F3 oder weicher, abhängig vom Einbauverfahren; zulässige Betoniergeschwindigkeit beachten (insbesondere bei F5, F6 und SVB) | | | | | | | | | | | | | | | |

¹⁾ Unter Beachtung besonderer betontechnischer und ausführungstechnischer Maßnahmen.

²⁾ Anschlussmischung erforderlich.

³⁾ Bei Dächern mit Wärmedämmung können Werte um 20 mm reduziert werden.

Um das grundsätzliche Prinzip einer WU-Konstruktion der monolithischen Wirkungsweise zu erfüllen, muss der Verbund zwischen Fertigteilplatten und Kernbeton hohlraumfrei sein. Dazu müssen die Fertigteilplatten innen eine vollflächige korbraue Verbundfläche aufweisen. Deshalb muss die mittlere Rautiefe mindestens 1,5 mm betragen. Dieser Wert ist durch eine Erstprüfung im Werk nachzuweisen. Sowohl bei der Produktion als auch auf der Baustelle ist die Rauigkeit durch Sichtprüfung zu kontrollieren und im Zweifelsfall zu messen.

Damit der Festbeton der Fertigteilplatten dem frischen Ortbeton des Kerns kein zur Hydratation notwendiges Wasser entzieht, müssen die Fertigteilplatten vor der Betonage ausreichend gewässert werden. Zum Zeitpunkt des Einbringens des Kernbetons müssen sowohl die Innenflächen der Elementwände als auch die Arbeitsfuge auf der Bodenplatte mattfeucht sein.

Da Elementwände nicht ausgeschalt werden, kann man auch nicht kontrollieren, ob in der Fläche durch Betonierfehler ein Kiesnest entstanden ist. Daher sind sowohl der Vorbereitung der Betonage (Vornässen) als auch dem Einbau des Betons besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

Elementwände müssen mindestens 30 mm aufgeständert werden. Dadurch kann der Beton die Fertigteilplatten unterlaufen und die Arbeitsfuge kann in der gesamten Dicke der Wand genutzt werden. Dieser Spalt kann aber auch sehr gut genutzt werden, um den Betoneinbau zu überprüfen. Um hier ein Auslaufen des Betons zu verhindern, muss dieser Bereich abgeschalt werden. Allerdings kann man kleinere Kontrollöffnungen lassen, um zu sehen, ob der Beton unten angekommen ist und ob er verdichtet worden ist. Diese Kontrollöffnungen müssen dann natürlich auch mit vorbereiteten Passtücken geschlossen werden.

10.2 Elementdecken

Elementdecken zu betonieren und damit einen guten Verbund zwischen Elementdecke und Aufbeton herzustellen, ist einfacher als bei Elementwänden, da der Arbeitsbereich sehr viel besser einzusehen ist. Auch hier müssen die mittlere Rautiefe mit mindestens 1,5 mm eingehalten und die Elementdecke so vorgegässelt werden, dass die Elementdecke bei der Betonage mattfeucht ist.

■ 11 Einbauteile und Durchdringungen

Alle Durchdringungen durch wasserundurchlässige Bauwerke müssen sorgfältig geplant werden. Dies betrifft Abstandhalter, Schalungsanker, Rohrdurchführungen und Bodenabläufe. Die richtige Auswahl von geeigneten Durchdringungen gehört zur Planungsleistung.

11.1 Abstandhalter

Abstandhalter definieren die Betonüberdeckung und sind damit für den Korrosionsschutz der Bewehrung wichtig. Damit kein Wasser an dieser Stelle leichter eindringen kann, ist der Verbund zwischen Abstandhalter und Beton wichtig. Deshalb sollten hier Abstandhalter aus Beton oder Faserbeton eingesetzt werden.

Bei horizontalen Bauteilen sollten die Unterstützungen für die obere Bewehrung auf die untere Bewehrung gestellt werden.

11.2 Schalungsanker

Zur Ausführung von druckwasserdichten Schalungsankern gibt es zwei Varianten.

Bei Variante 1 wird der eigentliche Schalungsanker – ein Gewindestab – in einem Hüllrohr geführt und wiederverwendet. Das Hüllrohr wird einbetoniert. Diese Hüllrohre sind an der Außenseite mit mehreren Sperrankern ausgestattet, um das Eindringen von Wasser an dieser Stelle nach dem Prinzip der Wegverlängerung auszuschließen. Innen werden diese Hüllrohre meist mit Dichtstopfen verklebt.

Bei Variante 2 wird ein Teil des Schalungsankers einbetoniert. Dieser Teil hat dann einen aufgeschweißten Sperranker oder die Gewindestäbe werden auf beiden Seiten herausgeschraubt, ein separater Sperranker verbleibt im Bauteil.

11.3 Rohrdurchführungen

Grundsätzlich sollten alle Rohrdurchführungen die Wände rechtwinklig auf möglichst kurzem Weg durchdringen. Für Rohrdurchführungen werden speziell abgedichtete Einbauteile angeboten. Ausgeführt werden:

- Mehrspartenhauseinführung (meist in Zusammenarbeit mit dem Versorgungsunternehmen)
- Mantelrohre mit Dichtelementen
- Kernbohrung mit Dichtelementen
- Doppelmuffen
- Flanschrohre
- Dichtkragen

Nicht geeignet sind gestemte Öffnungen oder Aussparungen. Auch für nachträglichen Einbau mittels Kernbohrung gibt es sichere Lösungen.

11.4 Bodenabläufe

Grundsätzlich sollten alle Bodendurchführungen die Sohlplatte rechtwinklig auf möglichst kurzem Weg durchstoßen (s. Abschnitt 11.3).

Ausgeführt werden meist Gummimanschetten (Dichtkragen), die auf die senkrecht durch die Sohle führenden Rohre gezogen werden. Ebenso üblich sind Lösungen mit Injektionsabdichtungen wie sie auch in der Abdichtung von Arbeitsfugen eingesetzt werden. Zwischen den Bewehrungslagen eingebaute, parallel verlaufende Rohrleitungen wirken durch die Querschnittsverminderung wie eine nicht abgedichtete Sollrissfuge und können bei Zwangsbeanspruchung zu Rissbildung führen.

■ 12 Bauausführung

Die Ausführung der Bewehrungs- und Betonarbeiten sowie die Bauüberwachung richten sich nach DIN EN 13670 [13] in Verbindung mit DIN 1045-3 [14] mit folgenden zusätzlichen Maßnahmen:

Die freie Fallhöhe des Betons darf 1 m nicht überschreiten, um Entmischungen am Wandfuß vorzubeugen. Bei Überschreitung der Fallhöhe ist eine Anschlussmischung mindestens 300 mm hoch (bzw. Höhe = Bauteildicke) vorzusehen. Wird bei Elementwänden die Mindestwanddicke ausgenutzt, muss immer mit einer Anschlussmischung gearbeitet werden.

Die einzelnen Schüttilagen sind auf maximal 500 mm zu begrenzen und mit dem Innenrüttler zu vernadeln. Wände sind nachzuverdichten, wenn der Beton zum Nachsacken neigt. Fugenflächen, wie z.B. in der Arbeitsfuge Sohle/Wand, sollten nicht glatt abgezogen, sondern aufgeraut werden.

Beschädigungen und Risse von Fertigteilen und Halbfertigteilen (Elementwänden) beim Umsetzen und bei der Montage sind zu vermeiden. Entstandene Risse und Fehlstellen sind abzudichten. Bei der Montage von Elementwänden muss die Anschlussfuge Sohle/Wand frei von Verunreinigungen sein. Die Oberflächentemperatur der Fertigteile muss über 0 °C liegen.

Unmittelbar nach Fertigstellung der Betonoberflächen (Sohlplatten) bzw. nach dem Ausschalen der Wände muss die Betonoberfläche durch geeignete Nachbehandlungsmaßnahmen vor Austrocknung geschützt werden. Die Nachbehandlung ist unabhängig von den Witterungsbedingungen stets vorzunehmen (Nachbehandlungsdauer nach [13]). Nachbehandlungsmaßnahmen sind so zu wählen, dass Eigen- und Zwangsspannungen infolge abfließender Hydratationswärme möglichst gering bleiben. Vor allem bei dickeren Bauteilen ist deshalb darauf zu achten, dass die Temperaturdifferenz zwischen Kern und Randzone zum Zeitpunkt des Ausschalens (in der Regel nach Überschreitung des Temperaturmaximums im Kern) nicht zu groß wird. Eine Schalhaut aus Holz dämpft den Wärmeabfluss in der Randzone, so dass eine Verlängerung der Einschaldauer bis zu einem annähernden Temperatúrausgleich im Bauteilinnern eine günstige Nachbehandlungsmaßnahme darstellt. Im Zweifel empfiehlt sich eine Prüfung der Temperaturunterschiede zwischen Kern und Rand, um ggf. mit einer wärmedämmenden Auflage (z.B. einer Dämmfolie) reagieren zu können. Der Temperaturunterschied zwischen Kern und Rand sollte aufgrund der Rissgefahr durch Eigenspannungen 15 K bis 18 K nicht überschreiten. Weitere Empfehlungen zur wärmehaltenden Nachbehandlung von Sohlplatten enthält [14].

Eine Wärmedämmung ab dem Zeitpunkt des Temperaturmaximums im Beton kann – auch im Sommer – dafür sorgen, dass der Abfluss der Hydratationswärme langsamer erfolgt. In dieser Zeit können die Festigkeit und damit auch die Zugfestigkeit des Betons höhere Werte erreichen und die Gefahr von Rissbildung vermindern.

■ 13 Überwachung und Dokumentation

13.1 Überwachung

Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton mit ständiger oder zeitweiliger Druckwasserbeanspruchung (Beanspruchungsklasse 1) sind nach [13] grundsätzlich in die Überwachungsklasse 2 einzuordnen (Tafel 7). Eine Ausnahme besteht, wenn der Baukörper maximal *Bodenfeuchtigkeit* und *an der Wand ablaufendem Wasser* (Beanspruchungsklasse 2) ausgesetzt ist und wenn in der Projektbeschreibung nichts anderes gefordert ist. In diesem Fall darf die Überwachungsklasse 1 angewendet werden. Findet bei den Expositionsklassen eine Einstufung in XA (chemischer Angriff) oder XS (Meerwasser) statt oder ist aus statischen Gründen eine Betonfestigkeitsklasse > C25/30 erforderlich, muss in jedem Fall eine Fremdüberwachung (ÜK 2) durchgeführt werden.

Tafel 7: Überwachungsklassen (ÜK) für WU-Bauwerke

| | | |
|------------------------|------|--|
| Beanspruchungsklasse 1 | ÜK 2 | zeitweise oder ständig drückendes Wasser |
| | ÜK 2 | WU-Dächer |
| Beanspruchungsklasse 2 | ÜK 1 | Bodenfeuchte |
| | ÜK 1 | an der Wand ablaufendes Wasser |

Die Prüfung der Wassereindringtiefe wird in [3] nicht gefordert. Falls eine solche Prüfung dennoch gewünscht wird, müssen Prüfverfahren, -häufigkeiten und Konformitätskriterien zwischen den Vertragspartnern vereinbart bzw. als besondere Leistung ausgeschrieben werden. Der Prüfablauf der Wassereindringtiefe ist in DIN EN 12390-8 geregelt. Konformitätskriterien zur Beurteilung der Ergebnisse sind dort nicht enthalten, sondern müssen festgelegt werden (z.B. maximal 50 mm Wassereindringtiefe als Mittelwert aus 3 Probekörpern je vorgegebenem Bauabschnitt).

13.2 Dokumentation

Der Dokumentationsaufwand ist von der Überwachungsklasse abhängig. Gemäß [13] sind verschiedene Informationen z.B. im Bautagebuch zu dokumentieren. Dies gilt für alle Betonagen und damit erst recht für den WU-Beton.

Überwachungsklasse 1

Hier sind die maßgebenden Frisch- und Festbetoneigenschaften zu dokumentieren. Da bei ÜK 1 die meisten Frischbetoneigenschaften nur in Zweifelsfällen bzw. stichprobenartig zu überprüfen sind, müssen diese nicht dokumentiert werden. Zu den Festbetoneigenschaften zählen die Planungsgrundlagen wie Betondruckfestigkeitsklasse, Expositionsklassen, Feuchtigkeitsklasse und ggf. weitere Eigenschaften. Bei WU-Beton-Bauteilen ist das eben genau die Eigenschaft „Beton mit hohem Wassereindringwiderstand“.

Zusätzlich müssen die Lufttemperatur und die Witterungsbedingungen (Sonnenschein, Nebel, Regen, Schnee etc.) bei der Betonage sowie die Lage des Bauteils und die Art und Dauer der Nachbehandlung festgehalten werden.

Beim Einsatz von Elementwänden sind zusätzlich der Anfangs- und Endzeitpunkt

- des Vornässens,
- der Entladung der Fahrmischer sowie
- der Betonagen

zu dokumentieren.

Überwachungsklasse 2

Bei ÜK 2 müssen über den Dokumentationsaufwand für ÜK 1 hinaus weitere Informationen dokumentiert werden. So müssen die Lufttemperatur und die Witterungsbedingungen nicht nur bei der Betonage, sondern bis zum Ausschalen bzw. Ausrüsten notiert werden.

Zusätzlich ist bei Lufttemperaturen unter + 5 °C und über + 30 °C die Frischbetontemperatur zu messen und aufzuzeichnen.

Weiterhin sind die Namen der Lieferwerke und Nummern der Lieferscheine, das Betonsortenverzeichnis mit Angaben entsprechend einschlägiger Normen und Regelwerke sowie des zugehörigen Bauabschnitts oder Bauteils festzuhalten.

Die diversen Frisch- bzw. Festbetonprüfungen für Betone der ÜK 2 sind durchzuführen, zu dokumentieren und aufzubewahren.

■ 14 Nachträglich eingebaute Innenwannen aus Beton

Der nachträgliche Einbau einer Innenwanne aus Beton ist aufgrund ihrer Kosten und ihrer Komplexität im Allgemeinen die letzte Möglichkeit, einen nassen Keller wieder trocken zu legen. Diese Bauweise findet erst Anwendung, wenn Injektionen nicht zum gewünschten Erfolg führen oder wenn wegen gestiegener Grundwasserstände eine Verstärkung der Tragkonstruktion erforderlich wird. Ausgeführt wurde diese Bauweise bisher überwiegend bei Einfamilienhäusern. Es gelten ein paar Randbedingungen. Die Baustelleneinrichtung findet üblicherweise im Vorgarten statt. Die Belieferung der Baustelle im Keller erfolgt meist über ein Kellerfenster, da die Bewohner weiterhin im Haus wohnen. Große Schalelemente oder Bewehrungsmatten lassen sich so also nicht in den Keller bringen. Muss die Sohle verstärkt werden, sollten die Durchgangshöhe von Türen, die lichte Raumhöhe und die Antrittshöhe einer Kellerinnentreppe beachtet werden. Alle nichttragenden Innenwände und der Fußbodenaufbau müssen entfernt werden. Tragende Innenwände müssen aufgeständert werden oder abschnittsweise unterfangen werden. Einbauten wie z.B. Heizungen oder Heizöltanks müssen ausgebaut oder von der Decke abgehängt werden.

Der nachträgliche Einbau Weißer Innenwannen bietet eine Möglichkeit, die Bausubstanz zu retten und für trockene Keller zu sorgen [15]. Die gültigen Regelwerke können hier sinngemäß angewendet werden.

■ 15 Häufig gestellte Fragen (FAQ)

Darf man in eine WU-Konstruktion hinein bohren bzw. Dübel setzen?

Es kommt drauf an. Kleinere Bohrungen mit 6 mm oder 8 mm, um ein Regal zu befestigen, sind eher unproblematisch. Größere und tiefere Bohrungen stellen eine Störung des Betongefüges dar. In der Richtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb) „Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen“ sind solche Bohrungen unter Randbedingungen zulässig. Danach muss bei der Bohrtiefe noch 50 mm Beton übrig bleiben, und es müssen Verbunddübel eingesetzt werden, also keine Spreizdübel. Generell sind Bohrungen eine Schwächung des Querschnitts und sollten eher vermieden werden.

Dürfen WU-Konstruktionen linienförmige Aussparungen haben?

Es kommt drauf an. Größere Aussparungen wie eine 100 mm x 100 mm große Aussparung für ein Fallrohr stellen starke Querschnittsänderungen dar und werden zu Spannungsänderungen im Betongefüge führen. Ein Riss ist an dieser Stelle wahrscheinlich.

Kleinere Aussparungen oder linienförmige Einbauten wie eine Ankerschiene für einen Mauerwerksanschluss haben geringere Maße. Die Erfahrung zeigt, dass hier sehr selten Probleme auftauchen.

Darf man in WU-Wänden und auch in Elementwänden mit Leerrohren arbeiten?

Auch dies ist eine linienförmige Schwächung des Betongefüges. Bei Ortbetonwänden wird sich hier ggf. ein Riss zeigen. Wird dieser Riss einmal wasserführend, kann er mittels Kunstharzinjektion abgedichtet werden. Dabei besteht aber die Gefahr, dass die Leerrohre mit angebohrt und verfüllt werden.

Bei Elementwänden kann sich auch ein Riss bilden, allerdings im Kernbeton, der dann nicht sichtbar ist. Man hat also ein unerkanntes Problem. Sollte an dieser Stelle eine Undichtigkeit auftreten, kann man die undichte Stelle so mittels Injektion nicht zielsicher schließen.

Die Antwort auf die Frage ist also tendenziell nein.

Muss eine WU-Konstruktion bei hochwertiger Nutzung eine äußere Dampfsperre aufweisen?

Nein! In den Erläuterungen zur WU-Richtlinie [4] sind die hier herrschenden bauphysikalischen Bedingungen beschrieben. Zusammengefasst wird das in dem Satz: „WU-Konstruktionen aus Beton sind bezüglich des Wasserdurchtritts flächigen Außenabdichtungen gleichwertig. Bei beiden Abdichtungsvarianten ist in den ersten Nutzungsjahren luftseitig mit austretender Baufeuchte aus mineralischen Baustoffen zu rechnen, wobei diese Wasserdampfdiffusion über die Zeit abklingt.“

Muss man auf der Sohle einer WU-Konstruktion eine Abdichtung / Abklebung ausführen?

Es kommt drauf an. Grundsätzlich gilt auch bei der WU-Sohle das gleiche wie in der vorangegangenen Frage. Eine Anforderung resultierend aus der WU-Richtlinie besteht hier nicht. Es ist jedoch zu prüfen, ob die Restfeuchte im Beton (Baufeuchte) zu Problemen beim weiteren Fußbodenaufbau führen kann. Eine Abklebung ist dann notwendig, wenn ein feuchtigkeitsempfindlicher Fußbodenaufbau vor der austrocknenden Baufeuchte geschützt werden soll oder wenn sie zum System des späteren Fußbodenaufbaus gehört.

Ist z.B. im weiteren Fußbodenaufbau eine Dampfsperre enthalten wie z.B. eine Folie in einem schwimmenden Estrich, kann die Baufeuchte nur zu den Rändern ausweichen. Dann kann diese Baufeuchte bei aufgehenden Innenwänden aus wasserempfindlichen Baustoffen oder auch bei Türcargen aus Holz zu Feuchteschäden führen. Fälschlicherweise wird dann oft eine Undichtigkeit der WU-Konstruktion vermutet. Eine Abklebung könnte jetzt die Baufeuchte im Betonquerschnitt halten. Sind allerdings Undichtigkeiten in der Sohle oder in der Arbeitsfuge zwischen Sohle und aufgehender Wand, werden die Fehlstellen durch die Abklebung verdeckt. Eine Lokalisierung würde dadurch erschwert.

Bei Ausführung eines Verbundestrichs liegt der Verzicht einer Abdichtung schon im System. Einerseits gäbe es keinen Verbund auf einer Abklebung, andererseits schlagen Risse in der Sohle durch den Estrich durch und sind somit leicht lokalisierbar.

Bei einem hochwertigen Fußbodenaufbau sollte mehrstufig vorgegangen werden: Da sich im Rohbau Regen immer an diesen tiefsten Stellen des Bauwerks sammelt, sollte auf der Sohle stehendes Wasser so früh wie irgend möglich entfernt werden, so dass die WU-Sohle austrocknen kann und sich eventuelle Undichtigkeiten rechtzeitig zeigen. Dann erfolgt die Kontrolle der Sohle auf Undichtigkeiten unter Berücksichtigung des äußeren Wasserstands. Ist der Wasserstand zu diesem Zeitpunkt niedrig, ist allerdings keine sichere Aussage möglich. Sind Undichtigkeiten vorhanden, müssen diese beseitigt werden. Dann allerdings ist eine Abklebung auch nicht mehr notwendig.

Darf man Elementwandfugen fürs Betonieren mit Bauschaum schließen?

Waagerechte Fugen zwischen Sohle und Wand:

Nein! Die Elementwände sollen mindestens 30 mm hoch aufgeständert sein. Neben der Möglichkeit des Ausnivellierens der Wandelemente hat diese Vorgabe einen wichtigen Grund. Die Arbeitsfuge soll an dieser Stelle auf der kompletten Wanddicke zur Abdichtung zur Verfügung stehen. Beim Einsatz von Bauschaum ist das nicht mehr möglich.

Senkrechte Fugen zwischen Wandelementen:

Eher nein. Die Wirkungsweise dieser Arbeitsfuge ist etwas anders als bei der waagerechten Arbeitsfuge. Allerdings wird beim Einsatz von Bauschaum der aufquellende Bauschaum immer in den Bereich des Kernbetons reichen. Hier kann der notwendige monolithische Verbund von Elementwandplatten und Kernbeton nicht mehr in dem gleichen Maße wirken. Bei Kontakt des Bauschaums mit Bewehrung kann es langfristig zu Bewehrungskorrosion kommen. Zusätzlich kann Bauschaum nach unten abtropfen oder abgebrochen werden und ist dann im engen Bereich des Sohle-Wand-Anschlusses im Weg.

■ 16 Literatur

- [1] DIN 1045-2: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton (2008-08), Beuth-Verlag, Berlin
- [2] DIN EN 206: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, Teil 1: Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität (2001-07), Beuth-Verlag, Berlin
- [3] DAfStb-Richtlinie „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie)“ (2017-12), Beuth Verlag, Berlin
- [4] Erläuterungen zur WU-Richtlinie, DAfStb-Heft 555, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Beuth Verlag, Berlin 2006
- [5] DBV-Merkblatt „Hochwertige Nutzung von Untergeschossen“, Fassung Januar 2009, Deutscher Beton- und Bautechnik Verein E.V., Berlin
- [6] DIN EN 1992-1-1: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau, (2011-01), Beuth-Verlag, Berlin (nach allgemeinem Sprachgebrauch auch Eurocode 2 oder kurz EC 2)
- [7] Kampen, R.: Dichtigkeit von wasserundurchlässigen Bauwerken aus Beton, Beton+Fertigteiltagebuch, Bauverlag, Gütersloh 2007
- [8] Oswald, R.; Wilmes, K.; Kottje, J.: Weiße Wannen hochwertig genutzt, Bauforschung für die Praxis 80, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2007
- [9] Beddoe, R. ; Springenschmid, R.: Feuchtetransport durch Bauteile, Beton- und Stahlbetonbau 94 (1999) H. 4, Verlag Ernst & Sohn, Berlin
- [10] Lohmeyer, G.; Ebeling, K.: Weiße Wannen – einfach und sicher, Verlag Bau+Technik, Düsseldorf 2018
- [11] Richter, T.: Bauphysikalische Bewertung von Weißen Wannen im Wohnungsbau, beton (58) 2008, H. 4, Verlag Bau+Technik, Düsseldorf
- [12] Zement-Merkblatt H 11: „Fugen und ihre Abdichtung in WU-Bauwerken aus Beton“, Verein Deutscher Zementwerke e.V. (VDZ), Düsseldorf 2016
- [13] DIN EN 13670: Ausführung von Tragwerken aus Beton (2011-03), Beuth-Verlag, Berlin in Verbindung mit DIN 1045-3: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 3: Bauausführung (2012-03) – Anwendungsregeln zu DIN EN 13670, Beuth-Verlag, Berlin
- [14] Alfes, C.; Fingerloos, F.; Flohrer, C.: Hinweise und Erläuterungen zur Neuausgabe der DAfStb-Richtlinie „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton“, Beton-Kalender 2018, Ernst & Sohn 2018
- [15] von Grabczewski, H.; Kampen, R.: Nachträglicher Einbau von Weißen Wannen, Beton-Informationen 4-2011, Verlag Bau+Technik, Düsseldorf

Beratung und Information zu allen Fragen der Betonanwendung

Herausgeber

InformationsZentrum Beton GmbH, Steinhof 39, 40699 Erkrath

www.beton.org

Kontakt und Beratung vor Ort

Büro Berlin, Kochstraße 6–7, 10969 Berlin, Tel.: 030 3087778-0, berlin@beton.org

Büro Hannover, Hannoversche Straße 21, 31319 Sehnde, Tel.: 05132 502099-0, hannover@beton.org

Büro Beckum, Neustraße 1, 59269 Beckum, Tel.: 02521 8730-0, beckum@beton.org

Büro Ostfildern, Gerhard-Koch-Straße 2+4, 73760 Ostfildern, Tel.: 0711 32732-200, ostfildern@beton.org

Verfasser

Dr.-Ing. Diethelm Bosold, Dipl.-Ing. Thomas Bose, InformationsZentrum Beton GmbH