

# Leitfaden für WU-Beton

Tipps aus der Praxis für die Planung und Herstellung  
von WU-Beton (Richtlinie 12/2017)

Holcim (Deutschland) GmbH



# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b>	<b>3</b>
<b>2. Wichtige Neuerungen</b>	<b>4</b>
<b>3. Feuchtetransport durch Bauteile aus Beton</b>	<b>5</b>
<b>4. Planung</b>	<b>7</b>
<b>5. Festlegungen</b>	<b>11</b>
<b>6. Überwachungsklassen</b>	<b>13</b>
<b>7. Entwurf</b>	<b>14</b>
<b>8. Rissbreiten</b>	<b>17</b>
<b>9. Vermeidung von Zwang</b>	<b>18</b>
<b>10. Nachbehandlung</b>	<b>19</b>
<b>11. Fugenabdichtungen</b>	<b>23</b>
<b>12. Betoneinbau</b>	<b>25</b>
<b>13. Ausführung Elementwände und Fertigteile</b>	<b>30</b>

## **1. Auflage 2019**

### **Copyright**

Holcim (Deutschland) GmbH

### **Verfasser**

Produktmanagement  
Horst Erler

### **Fotos**

Wenn nichts anderes vermerkt:  
Holcim (Deutschland) GmbH

### **Haftungsausschluss**

Die Hinweise und Empfehlungen der Holcim (Deutschland) GmbH berücksichtigen die derzeit gültigen Normen, Merkblätter und Praxiserfahrungen. Die Informationen sind jedoch unverbindlich und werden unter Ausschluss jeglicher Haftung oder Gewährleistung abgegeben.

# 1. Einleitung

**Dieser Leitfaden bietet Hilfestellung zur fachgerechten Planung und Ausführung von WU-Bauwerken unter Berücksichtigung der neuen WU-Richtlinie 12/2017 vom DAfStb. Der Leitfaden basiert auf der WU-Richtlinie 12/2017 und enthält weitere wertvolle Tipps und Erfahrungen aus der Praxis.**

Bei wasserundurchlässigen Bauteilen, umgangssprachlich auch WU-Bauwerke genannt, übernimmt der Beton nicht nur die tragende und aussteifende Funktion, sondern auch die abdichtende. Dies erfordert aber eine fachgerechte Fugenabdichtung und Konstruktion. Die WU-Richtlinie gilt für die sogenannte „Weiße Wanne“ und regelt die Planung und die Ausführung von wasserundurchlässigen Bauwerken hinsichtlich der Dichtfunktion gegenüber Wasser.

Wasserundurchlässige Bauwerke sind so zu planen und auszuführen, dass die gemeinsam herausgearbeiteten und dokumentierten Gebrauchstauglichkeits- und Nutzungsanforderungen erfüllt werden.

In der WU-Richtlinie werden verschiedene Entwurfsgrundsätze festgelegt, nach denen man die Wasserundurchlässigkeit und die vorgegebene Nutzungsqualität herstellen und erreichen kann.

Bei der ungerissenen Bauweise erfüllt der Beton, bei Einhaltung der Planungs- und Ausführungssorgfalt, hohe Dichtheitsanforderungen auch bei hohem Wasserdruck. Wichtig hierbei sind die Bauteildicke, die Betonqualität und die Fugenabdichtungssysteme.

Ein temporärer Wasserdurchtritt ist bei allen Trennrissen, auch bei einer Rissbreite unter 0,1 mm, generell möglich. Für eine hochwertige Nutzung ist selbst ein temporärer Wasserdurchtritt unzulässig.



Abb. 1.1  
Fugenband

Es sind je nach Nutzungsanforderung unterschiedliche Entwurfsgrundsätze und Konstruktionsprinzipien anzuwenden um die Risse entweder zu vermeiden, in geringer Rissbreite zuzulassen oder Risse nachträglich abzudichten.

Um Risse weitgehend zu vermeiden, sollte eine zwangsarme Konstruktion angestrebt werden. Zwangsspannungen können dadurch weitgehend vermieden werden.

Die in der Richtlinie gestellten Forderungen an das WU-Bauwerk können nur dann erfüllt werden, wenn alle Maßnahmen optimal ausgeführt werden. Daher ist eine gewissenhafte Planung und Ausführung und das Zusammenspiel aller Beteiligten sehr entscheidend.

Die WU-Richtlinie gilt für teilweise oder vollständig ins Erdreich eingebettete WU-Betonbauwerke (Weiße Wanne) sowie Decken und Dächer aus Beton (WU-Dächer), die nach DIN EN 1992-1-1 mit DIN EN 206 und DIN 1045 1-4 geplant und ausgeführt werden.

## Anwendungsbereich

- Allgemeiner Hoch- und Wirtschaftsbau
- Vollständig oder teilweise ins Erdreich eingebettete Untergeschosse
- Dächer aus Beton

## ACHTUNG: Sie gilt nicht

- für Silos und Behälterbauwerke (EC2, Teil 3)
- für Tunnel- und Ingenieurbauwerke nach ZTV-ING oder ZTV-W



Abb. 1.2  
Fugenband von oben

## 2. Wichtige Neuerungen

### Wesentliche Änderungen in der neuen WU-Richtlinie

Wasserundurchlässigkeit wird erzielt durch die Begrenzung des Feuchttransportes über die Bauteildicken, durch den Beton, durch Fugen, Einbauteile und Risse. Es ist deshalb eine möglichst zwangsfreie, am besten trennrissfreie Konstruktion anzustreben.

- Eindeutige Definition der Beanspruchungsklasse: 1 (Wasser) und 2 (Feuchte)
- Klarere Darstellung der beiden Nutzungsklassen: A (hochwertige Nutzung) und B (Kellerraum, Feuchtstellen zugelassen), sowie überarbeitete drei Entwurfsgrundsätze (EWG):
  - Vermeidung von Trennrissen
  - Festlegung von Trennrissbreiten
  - Festlegung von Trennrissbreiten, mit im Entwurf vorgesehenen planmäßigen Dichtmaßnahmen
- Verbesserung der Lesbarkeit und Verständlichkeit
- Aufnahme der Regelungen für WU-Dächer
- Verdeutlichung und Präzisierung der Entwurfsgrundsätze
- Präzisierung von Kommunikations-/Dokumentations- und Prüfpflichten
- Verschärfung der Anforderungen bei Entwurfsgrundsatz ▫ mit Selbstheilung von Rissen. Bei allen Trennrissen, auch bei sehr kleiner Rissbreite (< 0,10 mm), muss von einem zumindest temporären Wasserdurchtritt ausgegangen werden
- Erhöhung der Anforderungen bei WU-Elementwänden
- Klare Abstimmung der Zuständigkeiten bei der Planung und Ausführung von WU-Bauwerken
- Aufgaben der Planung als Leitfaden für erforderliche Planungsschritte

### Aufgaben der Planung (Auszug aus der WU-Richtlinie)

- Bedarfsplanung (dokumentierte Nutzungsanforderungen)
- Festlegung der Beanspruchungsklasse und erforderlichenfalls Berücksichtigung angreifender Wässer und Böden
- Festlegung einer oder mehrerer Nutzungsklassen und des Nutzungsbeginns
- Bauteilbezogene Wahl des Entwurfsgrundsatzes: „Risse vermeiden“, „Rissbreiten begrenzen“, „Einzelrisse zulassen und abdichten“
- Festlegen der aus den Entwurfsgrundsätzen folgenden konstruktiven, betontechnischen und ausführungstechnischen Maßnahmen (z. B. Festlegung von Betoneigenschaften, die der Bemessung zugrunde liegen)
- Wahl von Bauteilabmessungen, Bewegungsfugen, Sollrissfugen
- Bemessung und Bewehrungsanordnung
- Planung von Einbauteilen und Durchdringungen
- Planung von Bauablauf, Betonierabschnitten, Arbeitsfugen, Qualitätssicherungsmaßnahmen
- Planung eines geschlossenen Fugenabdichtungssystems
- Planung und Ausschreibung der Abdichtung für alle planmäßigen Risse
- Dokumentation aller relevanten Festlegungen und Entscheidungen in der Planung und Weitergabe an alle Beteiligten
- Beschreibung der für die Nutzung möglicherweise folgenden Einschränkungen (z. B. wasserführende Risse, Annahmen für den Zeitraum und die Bedingungen für die Selbstheilung)

Abb. 3.1

## 3. Feuchttransport durch Bauteile aus Beton

### Grundüberlegungen für dichte Keller

Arbeitsmodell für den Feuchttransport bei einseitiger Beaufschlagung mit drückendem Wasser ( $w/z \leq 0,55$ ) [Beddoe; Springenschmid].

#### Feuchttransport durch WU-Bauteile – Prinzip der Mindestbauteildicken

Der Feuchttransport im ungerissenen Beton wird grundsätzlich durch vier Vorgänge beschrieben:

- Permeation – Druckgefälle zwischen Innen- und Außenseite
- Kapillares Saugen – Grenzflächenspannungen an Porenwandungen
- Diffusion – durch Partialdruckunterschiede (bestimmt durch relative Luftfeuchte und Temperatur) bedingte Wanderung von Wasserteilchen durch das Porengefüge
- Osmose – Konzentrationsunterschiede von gelösten Stoffen in einem Lösungsmittel (z. B. Salz in Wasser – bei unbeschichtetem Beton zu vernachlässigen)

Früher wurde davon ausgegangen, dass der Feuchte-transport durch ein ungerissenes, einseitig durch Wasser beaufschlagtes Bauteil, unabhängig von der Bauteildicke, immer stattfindet. Untersuchungen nach Beddoe und Springenschmid widerlegen diese Vermutung jedoch. Demzufolge können bei einem einseitig mit drückendem Wasser beaufschlagten Bauteil vier Bereiche unterschieden werden.

- Von der mit drückendem Wasser beaufschlagten Seite gesehen, stellt sich zunächst die Druckwasserzone von 0-25 mm ein, in die das Wasser durch Permeation eindringt. Die Eindringtiefe ist dabei abhängig von dem Wasserzementwert, der Nachbehandlung, der Dichte sowie dem Alter des Betons.
- An die Druckwasserzone schließt die sogenannte Kapillarzone von 5-70 mm an, in welche Wasser kapillar eindringt. Die Ausdehnung dieser Zone ist abhängig von der Betonqualität, der Beaufschlagungsdauer und dem Feuchtegehalt im Beton. Die kapillare Eindringtiefe ist nicht abhängig von der Schwerkraft, wodurch die Ausführungen dementsprechend für vertikale und horizontale Bauteile gelten.
- An die Kapillarzone schließt die Kernzone, in der kein messbarer Wassertransport stattfindet. Sie steht im Feuchttransport-Gleichgewicht und ist in der Ausdehnung abhängig von den anderen Zonen.
- Zur Luftseite befindet sich die Diffusionszone von 40-80 mm. Hier findet durch Wasserdampfdiffusion, in Abhängigkeit von der Betonqualität und dem Partialdruckgefälle, die Abgabe von Feuchte aus dem Beton statt.

Somit lässt sich sagen, dass der Feuchttransport durch Beton von der Bauteildicke, dem  $w/z$ -Wert sowie der Beanspruchungsklasse abhängt. Bei einem Beton der Beanspruchungsklasse 1 (ständig oder zeitweise drückendes Wasser), mit  $w/z \leq 0,55$ , findet beispielsweise bei einer Bauteildicke  $> 200$  mm kein Feuchttransport mehr statt. Bei höherer Betonqualität, d. h. geringerem  $w/z$ -Wert, sind zur Verhinderung eines Feuchttransports auch geringere Bauteildicken möglich.



Abb. 3.1  
Wasserführende Risse

## Feuchtetransport durch Bauteile aus Beton

### Arbeitsmodell für den Feuchtetransport bei einseitiger Beaufschlagung mit drückendem Wasser ( $w/z \leq 0,55$ ) [nach Beddoe; Springenschmid]

Das Modell zeigt einen WU-Beton mit 240 mm Wandstärke im Vergleich zu WU-Beton mit 150 mm Wandstärke. Beton C30/37,  $w/z$ -Wert  $\leq 0,55$

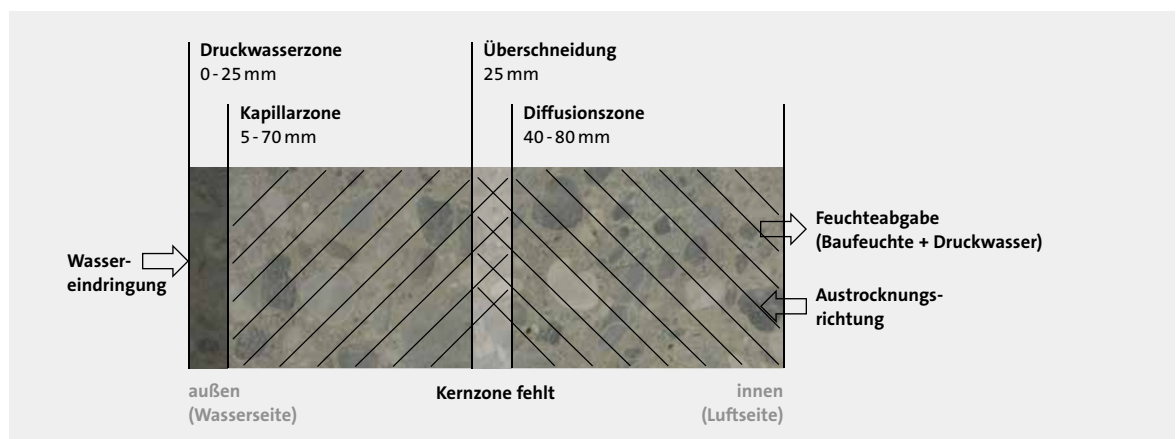
#### Wasserundurchlässiger Beton • 240 mm Wandstärke



Eine Erhöhung des Wasserzementwerts (geringere Betonqualität) und eine Abminderung des Bauteilquerschnitts kann somit zuzufolge haben, dass sich die Kapillar- und Diffusionszone überschneiden. Die Kernzone, in der kein messbarer Wassertransport stattfindet (Feuchtetransport-Gleichgewicht), entfällt. Somit befindet sich ein Teil der Kapillarzone im Austrocknungsbereich, wodurch das dort befindliche, wasserseitig eingedrungene Wasser dauerhaft in das Bauteilinnere diffundiert. Die relative Luftfeuchte wäre kontinuierlich hoch, wodurch die Gefahr von Tauwasser-/ Schimmelbildung steigt.

Abb. 3.2

#### Wasserundurchlässiger Beton • 150 mm Wandstärke



Man geht davon aus, dass ein Kapillartransport von Wasser durch ein WU-Betonbauteil nicht erfolgt, wenn der Kernbereich zwischen Kapillar- und Diffusionsbereich eine ausreichend große Dicke aufweist. Anhand dieser Forderungen werden Empfehlungen für Mindestbauteildicken, Mindestdruckfestigkeitsklasse, maximalem  $w/z$ -Wert und Mindestzementgehalt abgeleitet.

Abb. 3.3

# 4. Planung

## Aufgaben der Planung

Festlegung der Verantwortlichkeiten aller Baubeteiligten für die einzelnen Teilbereiche der Planung. Es sollte ein Planungs Koordinator bestimmt werden, der die Koordination und den Informationsaustausch aller Beteiligten aufrecht erhält. Die Zuständigkeiten für einzelne Planungsaufgaben und die Ausführung sind zu klären und vertraglich festzulegen.

### Planer

- schuldet eine wirtschaftliche Planung für ein mangel-freies Bauwerk
- haftet für Mängel, die aus der Planung entstehen

Das Konzept eines WU-Bauwerks wird durch die Beanspruchungsklassen, den Bemessungswasserstand und die Nutzungsklasse maßgeblich bestimmt.

### Aufgaben des Planers

#### Beanspruchung

Der Planer muss ein Baugrundgutachten vom Bauherrn einholen, das folgende Informationen enthält: Tragfähigkeit, Bemessungswasserstand und chemischen Angriffen aus Boden oder Grundwasser.

- ▶ daraus ergibt sich eine Beanspruchungsklasse
  - Beanspruchungsklasse 1 – drückendes Wasser oder
  - Beanspruchungsklasse 2 – Bodenfeuchte und frei ablaufendes Wasser

### Bedarfsplanung

Der Planer muss die Nutzung und die Erwartungen beim Bauherrn aktiv abfragen und herausarbeiten.

- ▶ daraus entstehen möglicherweise unterschiedliche Nutzungen für unterschiedliche Räume oder Bereiche und somit unterschiedliche Anforderungen an das Raumklima. Als Grundlage für die Planung wird das DBV-Merkblatt „Hochwertige Nutzung von Untergeschossen“ herangezogen und dem Bauherrn erläutert. Es muss auf künftige Nutzungsänderung und deren Folgen hingewiesen werden

### Nutzung

- Nutzungsklasse A – trocken oder
- Nutzungsklasse B – feucht

- Der Auftraggeber (in der Regel der Bauherr gemeinsam mit dem Planer) erstellt die Bedarfsfestlegung
- Der Planungs Koordinator koordiniert die Beteiligten: Geotechniker / Bauphysiker; Betontechnologe; Bauunternehmer / Bauherr, Objektplanung; Tragwerksplanung; TA-Planung; Betreiber / Nutzer

Der Planer muss die Entwurfsgrundsätze (EWG) verständlich erläutern, Vor- und Nachteile mit Kosten darstellen und auf mögliche Wartung und Instandhaltung hinweisen.

Wie z. B.:

- Mögliche Undichtigkeiten infolge von Rissbildung
- Ständige Zugänglichkeit der Bauteile von innen
- Umgang mit unplanmäßigen Undichtigkeiten
- EWG **B** (Selbsteilung) für Nutzungsklasse A unzulässig
- EWG **B** für Nutzungsklasse B „Feucht“ zusätzliche Anforderungen

### Der Planer muss

- ein Konzept für die „Abdichtung nachträglicher (unvermeidbarer) Undichtigkeiten“ planen und erläutern
- ausreichende Bauteildicken festlegen
- sämtliche Fugen und Durchdringungen inklusive deren Abdichtung oder deren Abdichtungssystemen planen
- den Bauablauf planen und die Betonierabschnitte festlegen
- ausführungstechnische Maßnahmen gemäß festgelegter Entwurfsgrundsätze planen
- die erforderlichen Betoneigenschaften des WU-Betons, wie:
  - Expositionsclassen, max. w/z-Wert, Druckfestigkeitsklasse, Festigkeitsentwicklung, max. Größtkorn festlegen
- betontechnologische Maßnahmen vorgeben
- Abdichtungsmaßnahmen für planmäßige und unplanmäßige Risse einkalkulieren und planen
- Maßnahmen zur Verminderung von Zwang vorgeben
- den Zeitpunkt, ab dem die geplante Wasserundurchlässigkeit hergestellt sein muss, im Vorfeld vereinbaren
- alles „beweisbar“ dokumentieren
- die Betonierbarkeit berücksichtigen

## Planung

### Erstellen eines WU-Konzeptes

Der Planer muss ein WU-Konzept erstellen, in dem alle relevanten Festlegungen und Entscheidungen in der Planung dokumentiert sind. Dieses Dokument muss er an alle Beteiligten weitergeben.

### Mögliche Einschränkungen

Der Planer muss alle möglichen Einschränkungen, die für die Nutzung entstehen können, (z. B. wasserführende Risse, Annahme für den Zeitraum und die Bedingungen für Selbstheilung usw.) beschreiben.

WU-Bauwerke erfordern eine besonders sorgfältige Ausführung und sollten daher von einer Fachfirma ausgeführt werden.

### Aufgaben der Bauunternehmung

- sollte alle Planunterlagen und relevanten Details für das WU-Bauwerk vom Planer einfordern
- ein „Betonstartgespräch“ zwischen Ausführenden und Betontechnologen wird dringend empfohlen
- ein Betonierplan sollte erstellt werden
- schuldet den Erfolg, also „trockenen Keller“
- sollte immer Bedarfsposition „Abdichten nachträglicher Risse“ anbieten
- sollte immer Betonierbarkeit prüfen, in Abhängigkeit vom lichten Innenmaß  $b_{wi}$  (lichtes Innenmaß zwischen der Bewehrung bzw. zwischen der Schalung)
- Wand-Bodenplattenanschluss ist besonders wichtig, weil hier das Fugenband/Fugenblech vollständig mit Beton umschlossen werden muss, um die Dichtigkeit sicherzustellen

### Die Bauunternehmung sollte weiterhin auf folgende

#### Details achten:

- volle Füllung der Wand
- keine Kiesnester
- kein Auslaufen des Feinmörtels an den Schalungsstößen und Ecken
- bei Elementwänden gilt das auch für die 3 cm Aufständern unter den Fertigteilen
- höhere Rauigkeit der Elementwände an den Innenseiten beachten

## Beanspruchung

Die Planung beginnt mit dem Baugrundgutachten, das wichtige Informationen für die weitere Planung liefert.

### Baugrundgutachten

Der Bauherr muss dem Planer ein Baugrundgutachten vorlegen, aus dem qualifizierte, maßgebende Informationen hervorgehen. Für WU-Bauwerke sind der Bemessungswasserstand, der während der gesamten Nutzungsdauer zu erwartende Höchstwasserstand, die Art der Wasserbeanspruchung, sowie die chemische Zusammensetzung des anstehenden Wassers oder Bodens eine Grundvoraussetzung für die Planung.

### Nutzungsanforderungen

Danach wird die geplante Nutzung unter Berücksichtigung der Einwirkungen ermittelt (Bedarfsermittlung). Das Bauwerk muss so konstruiert und bemessen sein, dass die geplante Nutzung sicher erreicht wird.

Festlegung des Widerstands:

- Festlegung der Beanspruchungsklasse aus Baugrundgutachten
- Festlegung der Nutzungsklasse
- Festlegung der Einbauteile, Durchdringungen, Bewehrung, Betonierabschnitte und Arbeitsfugen

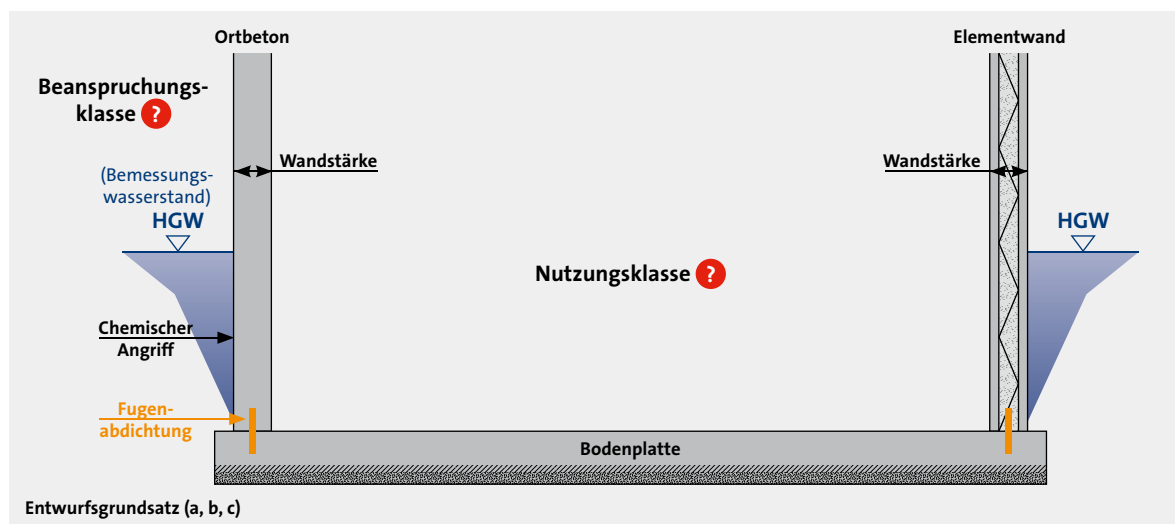


Abb. 4.1  
Gesamtüberblick



### Festlegung der Beanspruchungsklasse

Die Beanspruchungsklasse muss unter Berücksichtigung anfallender Nässe oder Feuchte und angreifender Wässer und Böden festgelegt werden. Hierfür ist das Bodengutachten entscheidend. Daraus ergeben sich die Anforderungen an die Expositionsclassen und die Höhen für den Bemessungswasserstand.

## Bedarfsplanung und Bemessung

Die gewünschten Nutzungsanforderungen müssen dokumentiert werden: Soll das Objekt als Kellerraum oder als Wohnraum genutzt werden?

- Art der Nutzung
- Beginn der Nutzung
- zulässige Feuchtigkeit

Nur bei Tiefgaragen zusätzlich

- Gebrauchstauglichkeit
- Dauerhaftigkeit
- Ausführungsvariante
- Nutzungsfreundlichkeit

### 1. Festlegung der Nutzungsklasse

Die Nutzungsklasse und der Nutzungsbeginn müssen definiert werden. Der Bauherr legt mit Unterstützung des Planers die vorgesehene Nutzung und die Anforderungen an das Raumklima fest. Aufgrund dieser Anforderung definiert der Planer die erforderliche Nutzungsklasse. Der Planer sollte den Bauherrn über mögliche Ausführungsvarianten und Möglichkeiten aufklären, sowie Vor- und Nachteile besprechen. Künftige Nutzungsänderungen sind hier ebenfalls mit einzubeziehen. Es sollte auch ganz klar definiert werden, ab wann die geplante Wasserdurchlässigkeit hergestellt sein muss und wann Nutzungsbeginn sein wird.



Abb. 4.2  
Kellerraum



Abb. 4.3  
Wohnraum

### Einwirkungen, auf die zu bemessen ist:

- Direkte Einwirkungen: Lasteinwirkung
- Indirekte Einwirkungen: Dehnung, Verformung und Bewegung
- Chemische Einwirkungen: Expositionsclassen (XA) / Feuchtigkeitsclassen
- Chemischer Angriff aus Böden und anstehenden Wässern

### 2. Entwurfsgrundsatz festlegen

Bauteilbezogen muss ein Entwurfsgrundsatz festgelegt werden:

- **Entwurfsgrundsatz [a]:** Risse vermeiden – Vermeidung von Trennrissen durch die Festlegung von konstruktiven, betontechnologischen und ausführungstechnischen Maßnahmen
- **Entwurfsgrundsatz [b]:** Risse für Selbstheilung begrenzen – Bauweise mit Trennrissen, festlegen von Rissbreiten (viele kleine Risse mit geringen Rissbreiten, Wasserdurchtritt kann hier durch Selbstheilung begrenzt werden). Bei hochwertiger Nutzung unzulässig
- **Entwurfsgrundsatz [c]:** Einzelrisse zulassen und planmäßig abdichten – Bauweise mit Trennrissen, festlegen von Rissbreiten (wenig breite Risse) in Kombination mit planmäßigen Dichtmaßnahmen

Bei allen drei Entwurfsgrundsätzen kann nicht vollständig ausgeschlossen werden, dass wasserführende Trennrisse auftreten. Selbst bei fachlich richtiger Planung und qualitativ guter Ausführung ist eine Rissbildung nicht auszuschließen. Die Risse können auch erst zu einem späteren Zeitpunkt auftreten, wie z. B. bei Baugrundsetzungen. Daher ist eine Abdichtung aller wasserführenden Risse zu planen und auszuschreiben, unabhängig vom Entwurfsgrundsatz.

Die Vor- und Nachteile des jeweiligen Entwurfsgrundsatzes sollte der Planer dem Bauherrn erklären und ihn beraten.

Der Planer muss den Entwurfsgrundsatz festlegen, der entsprechend für die vorgesehene Nutzung hinsichtlich Trennrissen geeignet ist. Die Konstruktion muss dann diesem Konzept angepasst werden. Das beginnt mit der Festlegung der Bauteildicken, Planung sämtlicher Fugen und Durchdringungen und dem gesamten Abdichtungssystem. Danach müssen der Bauablauf, die Betonierabschnitte und weitere ausführungstechnische Maßnahmen festgelegt werden. Jetzt werden die betontechnologischen Maßnahmen, in Abhängigkeit der Expositionsclassen, der Druckfestigkeitsentwicklung, des Wasserzementwertes und des erforderlichen Größtkorns definiert.

## Planung

### 3. Festlegung der konstruktiven und betontechnologischen Maßnahmen

Konstruktive, ausführungstechnische und betontechnologische Maßnahmen anhand des festgelegten Entwurfsgrundsatzes definieren.

### 4. Wahl der Bauteilabmessung und der Fugen

Bauteildicken festlegen und Bewegungs- und Sollrissfugen festlegen.

### 5. Planung des Bauablaufs

Festlegung von Betonierabschnitten, Arbeitsfugen und der Qualitätssicherungsmaßnahmen.

### 6. Bemessen der Bewehrungskonstruktion

Abhängig vom Entwurfsgrundsatz muss die Bewehrung des Bauteils festgelegt werden.

### 7. Planung von Einbauteilen und Durchdringungen

Einbauteile und Durchdringungen müssen im Vorfeld festgelegt und geplant werden.

### 8. Planung des geschlossenen Fugensystems

Unter Berücksichtigung von Arbeitsfugen und Bauunterbrechungen.

### 9. Planung der Abdichtung von Rissen

Ausschreiben und Planen der Abdichtung für alle planmäßigen und unplanmäßigen Trennrisse.

### 10. Überwachungsklasse

Festlegung der Überwachungsklasse, Fremd- und Eigenüberwachung sowie Festlegung der ständigen Prüfstelle, in der Regel ÜK 2.



Abb. 4.4  
Ausführung von Arbeitsfugen

# 5. Festlegungen

## Beanspruchungsklassen

Mit Beanspruchungsklasse ist die Art der Beaufschlagung des Bauwerks mit Feuchte oder Wasser gemeint. Sie ist unter Berücksichtigung der Baugrundeigenschaften und des Bemessungswasserstandes festzulegen.

Beanspruchungsklasse 1	Beanspruchungsklasse 2
<ul style="list-style-type: none"> <li>ständig und zeitweise drückendes Wasser (immer für WU-Dächer)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bodenfeuchte und an der Wand frei ablaufendes Wasser</li> </ul>

Abb. 5.1 Beanspruchungsklassen

Folgende alte Begriffe entfallen:

- zeitweise aufstauendes Sickerwasser
- nichtdrückendes Wasser
- nichtstauendes Sickerwasser

### Beanspruchungsklasse 1

- ständig und zeitweise drückendes Wasser

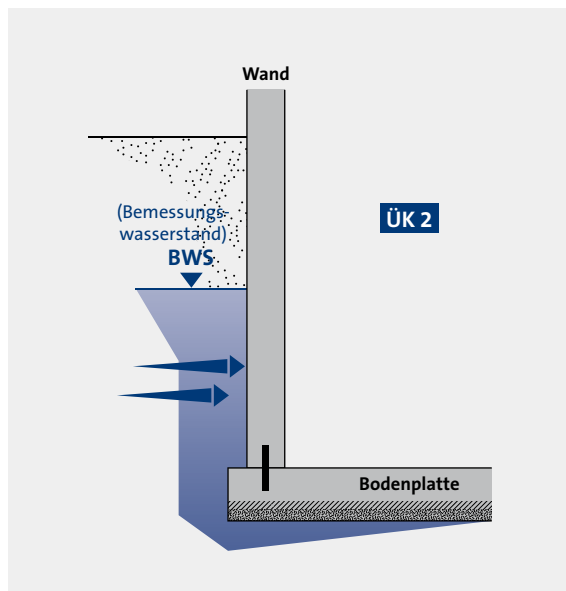


Abb. 5.2 Schema Beanspruchungsklasse 1

### Beanspruchungsklasse 2

- Bodenfeuchte
- an der Wand frei ablaufendes Wasser

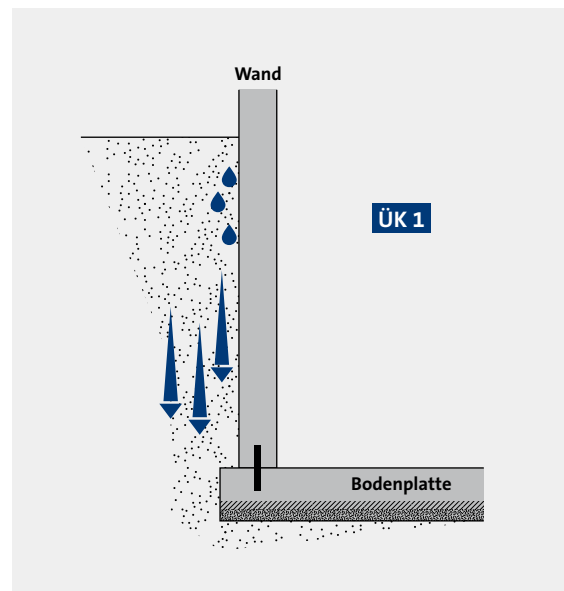


Abb. 5.3 Schema Beanspruchungsklasse 2

## Festlegungen

### Nutzungsklassen

Die Nutzungsklasse erfasst die Art der Nutzung des Objekts im Sinne eines Kellerraums oder eines Wohnraums. Bei hochwertiger Nutzung ist ein Wasserdurchtritt durch Risse und Fugen, auch temporär während der Nutzung auszuschließen. Alternativ, die Nutzungsanforderungen

sind so gering, dass ein temporärer Wasserdurchtritt akzeptiert werden kann, wenn die Bauteiloberflächen einsehbar und Wasserdurchtrittsstellen nachträglich abgedichtet werden können.

Nutzungsklasse A	Nutzungsklasse B
<ul style="list-style-type: none"><li>• Standard für Wohnungsbau</li><li>• Lagerräume mit hochwertiger Nutzung</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Einzelgaragen, Tiefgaragen</li><li>• Installations- und Versorgungsschächte</li><li>• Kanäle</li><li>• Lagerräume mit geringen Anforderungen</li></ul>

Abb. 5.4 Nutzungsklassen

Nutzungsklasse A: Trocken

Nutzungsklasse B: Feucht

#### Nutzungsklasse A

- Feuchtstellen auf der luftseitigen Bauteiloberfläche als Folge von Wasserdurchtritt nicht zulässig
- Anforderungen an Bauteiloberflächen ohne Tauwasserbildung und/oder trockenes Raumklima erfordern entsprechende raumklimatische und bauphysikalische Maßnahmen (siehe DBV-Merkblatt)

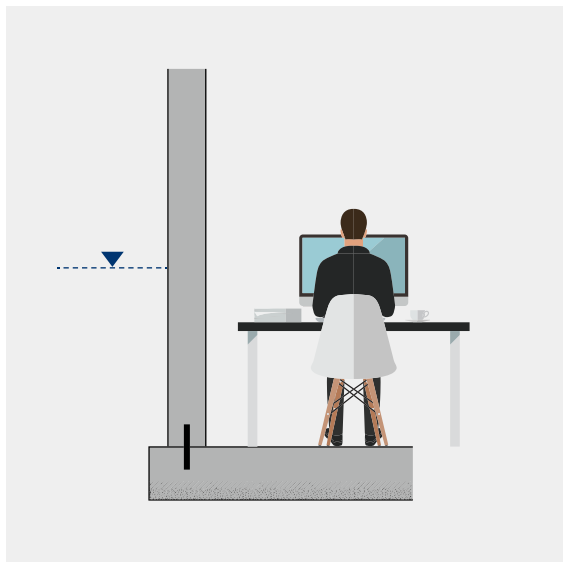


Abb. 5.5 „Trocken“

#### Nutzungsklasse B

- Begrenzter Wasserdurchtritt, Feuchtstellen auf der luftseitigen Bauteiloberfläche als Folge von Wasserdurchtritt zulässig
- Feuchtstellen sind definiert als feuchtebedingte Dunkelfärbungen. Jedoch kein Abfließen oder Abtropfen von Wassertropfen oder Wasserdurchtritte, die zu Pfützen führen

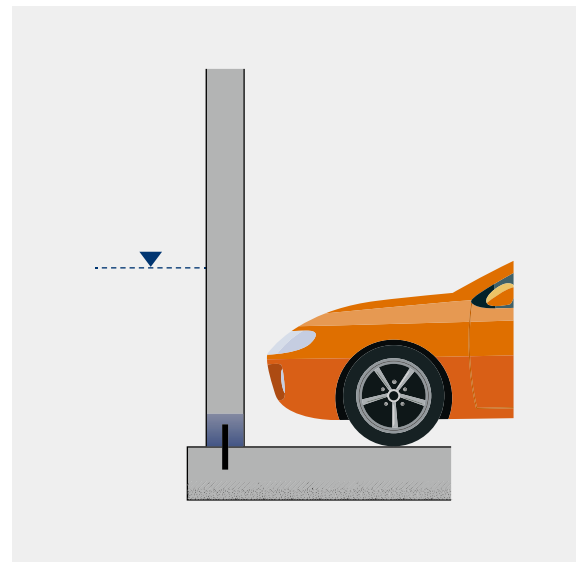


Abb. 5.6 „Feucht“

Kellerräume für hochwertige Nutzung. Nähere Angaben im DBV-Merkblatt „Hochwertige Nutzung von Untergeschossen - Bauphysik und Raumklima“. Hrsg. Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein.

## 6. Überwachungsklassen

### Überwachungsklassen bei WU-Bauteilen

Überwachungsklasse 1 (ÜK 1) ist generell bei Beanspruchungsklasse 2, Bodenfeuchte und frei an der Wand ablaufendem Wasser festzulegen.

Überwachungsklasse 2 (ÜK 2) ist generell bei Beanspruchungsklasse 1, ständig und zeitweise drückendem Wasser, sowie bei WU-Dächern festzulegen.

	ÜK 1	ÜK 2	ÜK 3
<b>Festigkeitsklasse</b>	≤ C25/30	≥ C30/37	≥ C55/67
<b>Expositionsklasse</b>	X0, XC, XF1	XS, XD, XA, XM, ≥ XF2	–
<b>Besondere Betoneigenschaften</b>	Beton mit hohem Wassereindringwiderstand bei Bodenfeuchte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beton für wasserundurchlässige Baukörper (Weiße Wannen),</li> <li>• Unterwasserbeton, usw.</li> </ul>	–

Die höchste, aus den Anforderungen resultierende Überwachungsklasse, ist maßgebend.

Abb. 6.1

### Prüfaufwand in Abhängigkeit der Überwachungsklassen

	ÜK 1	ÜK 2	ÜK 3
<b>Konsistenz</b>	In Zweifelsfällen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beim ersten Einbringen jeder Betonsorte</li> <li>• Bei Herstellung von Probekörpern für Festigkeitsprüfungen</li> <li>• In Zweifelsfällen</li> </ul>	
<b>Luftgehalt des Frischbetons bei Beton mit Anforderungen an den LP-Gehalt</b>	–	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zu Beginn jedes Betonierabschnitts</li> <li>• In Zweifelsfällen</li> </ul>	
<b>Druckfestigkeit an gesondert hergestellten Probekörpern</b>	In Zweifelsfällen	3 Prüfkörper <sup>1</sup> <ul style="list-style-type: none"> <li>• je 300 m<sup>3</sup> oder</li> <li>• je 3 Betoniertage</li> </ul>	3 Prüfkörper <sup>1</sup> <ul style="list-style-type: none"> <li>• je 50 m<sup>3</sup> oder</li> <li>• je Betoniertag</li> </ul>

<sup>1</sup>Die Forderung, die die größte Anzahl von Probekörpern ergibt, ist maßgebend.

Abb. 6.2

# 7. Entwurf

## Entwurfsgrundsätze

Alle WU-Konstruktionen sollen eine einfache und eindeutige Lastabtragung ermöglichen.

### Es wird nach drei Entwurfsgrundsätzen unterschieden:

**a) Vermeidung von Trennrissen** durch die Festlegung von konstruktiven, betontechnischen und ausführungstechnischen Maßnahmen (Vermeidung von Zwang).

**b) Festlegung von Trennrissbreiten**, die so gewählt werden, dass der Wasserdurchtritt durch Selbstheilung begrenzt werden soll (viele kleine Trennrisse mit der Annahme auf Selbstheilung). Die Selbstheilung unterstützen können Kristalline, die dem Beton als Zusatzmittel zugegeben werden.

Diese Kristalline reagieren bei wasserführenden Rissen, durch chemische Reaktion mit Wasser, indem sie in den Riss hineinwachsen und diesen dadurch verschließen (siehe Rissbreiten).

**c) Festlegung von Trennrissbreiten, mit im Entwurf vorgesehenen planmäßigen Dichtmaßnahmen.** Nachzuweisen ist, dass die rechnerischen Rissbreiten luftseitig auf ein Maß begrenzt werden, um ein planmäßiges Abdichten der Risse zielsicher zu ermöglichen.

### Konstruktive Maßnahmen zur Vermeidung von Zwang bei den Entwurfsgrundsätzen

- **bei Bodenplatten und WU-Dächern:**
  - Verminderung der Reibung durch geglättete Sauberkeitsschicht
  - Anordnung von Trennlagen oder Gleitfolien
  - Vermeidung von Festhaltepunkten durch glatte, ebene Unterseiten
  - Anordnung von Hydratationsgassen (Schwindgassen)
  - Vorspannung
  - Anordnung von Fugen und Sollrissfugen
  - Vermeidung von einspringenden Ecken
- **Hydratationsgassen (Schwindgassen)**  
Als Hydratationsgassen werden aneinander grenzende, aber temporär offen gelassene Bauteilabschnitte bezeichnet. Dies kann für die Rissminderung vorteilhaft sein. Die zeitlich begrenzte Trennung einzelner Bauabschnitte sollte möglichst offen bleiben, bis eine Verkürzung der beiden Bauabschnitte schon weitestgehend abgeschlossen ist, damit der Beton ungehindert schwinden kann. Zuletzt werden die Hydratationsgassen ausbetoniert.

### Zur Vermeidung von Zwang bei Wänden:

- Anordnung von Sollrissfugen
- Entkoppelung der Wand vom Verbau
- Anordnung von Hydratationsgassen (kleine Abschnitte zwischen großen Abschnitten)
- Vorspannung

### Lagerung der Bodenplatte

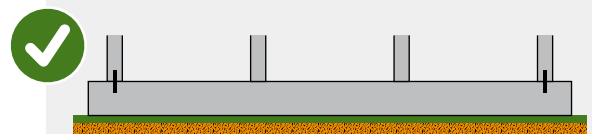


Abb. 7.1  
Gleitlagerung > geringer Grad an Behinderung

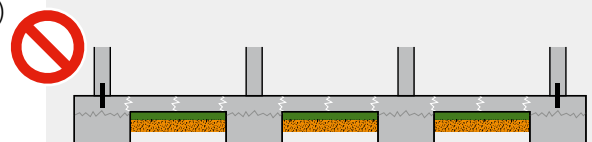


Abb. 7.2  
Voller Zwang in der Sohlplatte

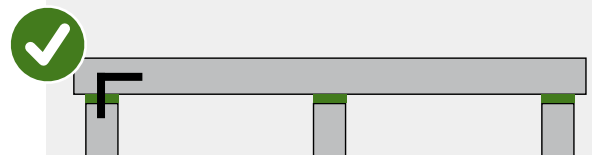


Abb. 7.3  
WU-Dächer aus Beton (Gleitlager)

**Risse in Wand und Bodenplatte:**

- Gefahr der Rissbildung durch Querschnittsschwächung in Wand- und Bodenplattenbereichen, sowie Sohlenversatz oder Wandvorsprung (Abb. 7.4 und Abb. 7.5).
- Rissbildung im Anschlussbereich Wand und Bodenplatte oder Fundament.
- Entstehen von Rissen in der Wand durch unberücksichtigte Einspannung des Sohle-Wand-Anschlusses durch unterschiedliche Hydratationsfortschritte, infolge unterschiedlicher Betonierstage und/oder unterschiedlicher Betonzusammensetzungen, dadurch unterschiedliche Festigkeitsentwicklung und unterschiedliches Schwindverhalten der Betone (Abb. 7.6).

**Ausführungstechnische Maßnahmen zur Reduzierung von Verformungen:**

- Frühzeitig einsetzende Nachbehandlung
- Schutz vor direkter Sonneneinstrahlung
- Wahl des richtigen Betonierzeitpunkts
- Schutz vor Temperaturschwankungen
- Wärmehaltende Nachbehandlung nachdem das Betontemperaturmaximum im Bauteil überschritten ist

**Betontechnologische Maßnahmen:**

- Festlegung von Betonzusammensetzungen mit der Witterung angepasster Hydratationswärme-Entwicklung (gegebenenfalls ergänzt durch wärmebehandelnde Nachbehandlung)
- Kühlen des Frischbetons
- Betonage mit möglichst niedrigen Frischbetontemperaturen, unter Berücksichtigung der Lufttemperatur
- Beton mit hohem Wassereindringwiderstand
- Wahl der Bauteilkonstruktion (Bauteildicken)
- Bei Mindestbauteildicken nach WU-Richtlinie ist bei Beanspruchungsklasse 1 ein WU-Beton mit einem  $(w/z)_{eq} \leq 0,55$  und bei Wänden zusätzlich ein Größtkorn mit max. 16 mm zu verwenden. Dies sollte in der Ausschreibung so festgelegt werden

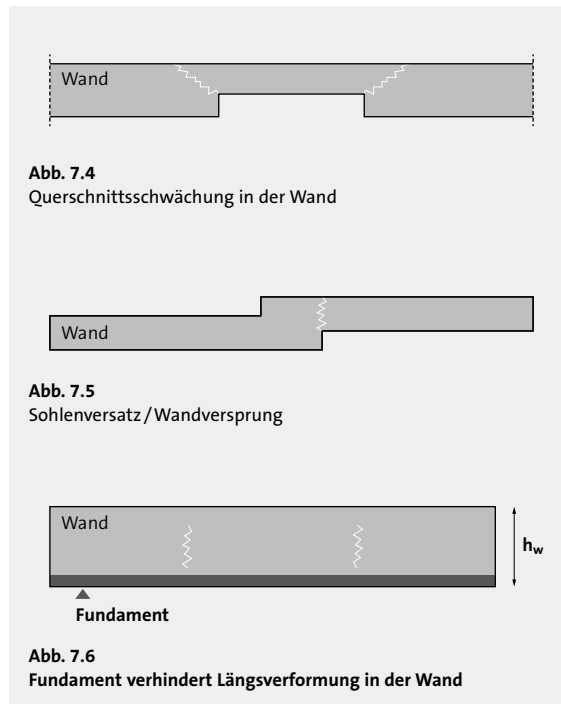


Abb. 7.7 WU-Bauwerk

- Das Fugenabdichtungssystem ist als geschlossenes System für Arbeits-, Sollriss-, Dehnfugen und Durchdringungen im Detail zu planen
- Der Abstand zwischen Bewehrung und dem Fugenabdichtungssystem ist so zu planen, dass ein vollständiges Einbetonieren des Fugenabdichtungssystems möglich ist
- Für ein nachträgliches Abdichten von Rissen ist zu beachten, dass die Bauteilflächen zugänglich sind

## Entwurf

### Selbstheilung der Risse

#### Entwurfsgrundsatz $\text{b}$

- Für Nutzungsklasse A (hochwertige Nutzung) nicht zulässig
- Festlegung von Trennrissbreiten
- Nur für Nutzungsklasse B (feucht) anwendbar!
- Darf bei WU-Dächern nicht angewendet werden!

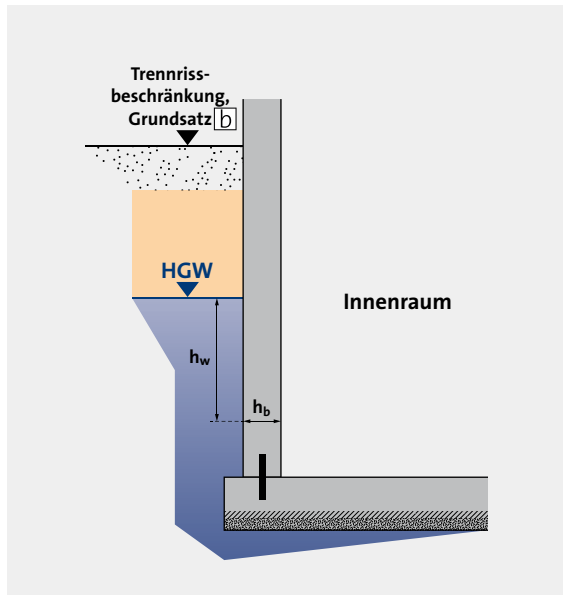


Abb. 7.8  
Beschreibung der Selbstheilung (siehe Rissbreiten)

Rechenwerte der Trennrissbreiten bei Nutzungsklasse B und Entwurfsgrundsatz  $\text{b}$ ,  
wenn der Wasserdurchtritt durch Selbstheilung von Rissen begrenzt werden soll

Druckgefälle $h_w/h_b$ <sup>1)</sup>	Maximale Druckhöhe $h_w$ <sup>1)</sup>	Zulässige Rissbreite $W_k$ <sup>2)</sup>
$\leq 10$	3,0 m	0,20 mm
$> 10$ bis $\leq 15$	6,0 m	0,15 mm
$> 15$ bis $\leq 25$	15,0 m	0,10 mm

<sup>1)</sup>  $h_w$  = Druckhöhe des Wassers in m;  $h_b$  = Bauteildicke in m

Abb. 7.9

<sup>2)</sup> Für betonangreifende Wässer mit  $> 40 \text{ mg/l CO}_2$  (kalklösende Kohlensäure) oder pH-Wert  $< 5,5$  darf eine Selbstheilung von Rissen nicht in Ansatz gebracht werden.



# 8. Rissbreiten

Zulässige Rissbreiten im Betonbau, die bei der Tragwerksplanung berücksichtigt werden müssen

< 0,1 mm	< 0,2 mm	< 0,3 mm	< 0,4 mm	> 0,4 mm
kaum sichtbar	Vorspannung mit Verbund	Stahlbeton Außenbauteil XC2-XC4, XD, XS Vorspannung ohne Verbund	Stahlbeton Innenbauteile XC1	<b>Einfluss auf die Dauerhaftigkeit (daher Maßnahmen erforderlich)</b>
WU-Bauwerke Auffangbauwerke (nach Wasserhaltungsgesetz WHG)				

Abb. 8.1  
Rissbreitenbeschränkung Tragwerksplanung

## Selbstheilung von Rissen

Selbstheilung von Rissen durch Neubildung von Kalziumcarbonat an den Rissflanken.



Abb. 8.2  
Selbstheilung



Abb. 8.3  
Selbstheilung

## Vorgang der Selbstheilung

Durch die Hydratation des Zementes (Reaktion Zement mit Wasser) wird Kalziumhydroxid in der Porenlösung freigesetzt. Dieses Kalziumhydroxid wird mit dem Wasser in den Riss transportiert, das Wasser verdunstet, das Kalziumhydroxid lagert sich an und reagiert mit dem CO<sub>2</sub> an der Luft zu Kalziumcarbonat, also reinem Kalk. Das ist vergleichbar mit der Stalaktitbildung in einer Tropfsteinhöhle. Ein Feuchtedurchtritt ist trotzdem auch nach Jahren immer noch möglich.



Abb. 8.4  
Rissflanke mit Kristallbildung

## Selbstheilung unterstützt durch Kristalline

Flüssige oder pulverförmige Betonzusatzmittel zur kristallinen Abdichtung im System. Bei Zugabe dieser Mittel entsteht eine Reaktion zwischen der anstehenden Feuchte, dem überschüssigen Kalziumhydroxid des Zementes und dem kristallinen Zusatzmittel. Dabei bildet sich eine nadelförmige Kristallisation der Kapillaren, wodurch Risse bis 0,5 mm und durchgehende Risse bis 0,4 mm geschlossen werden können.

Bei Kontakt mit Wasser bilden sich durch die Wirkstoffe, fortlaufend oder auch noch nach vielen Jahren, neue Kristalle.

## Betonversuche mit flüssigen Kristallinen, die dem Frischbeton zugegeben wurden.

Das Bild (Abb. 8.4) zeigt einen durchgängigen Riss, der 7 Tage mit Wasser beaufschlagt wurde. Nach dieser kurzen Zeit ist schon eine deutliche Kristallbildung erkennbar.

## 9. Vermeidung von Zwang

### Betontechnologische Maßnahmen

#### zur Vermeidung von Zwang:

- Festlegung der Betonzusammensetzung mit niedriger Wärmeentwicklung (ergänzt durch temperaturhaltende Nachbehandlung)
- Kühlung des Frischbetons

### Ausführungstechnische Maßnahmen:

- Betonage mit möglichst niedrigen Frischbetontemperaturen
- In der kühleren Tageszeit betonieren, bei hochsommerlichen Temperaturen und direkter Sonneneinstrahlung – eventuell nachts
- Frühzeitig einsetzende Nachbehandlung
- Schutz vor direkter Sonneneinstrahlung
- Wahl des richtigen Betonierzeitpunkts
- Dämmende Nachbehandlung



Abb. 9.1  
Schutz vor direkter Sonneneinstrahlung – in der kühleren Tageszeit betonieren



#### Grundsätzlich ist stets zu beachten:

- Keine nachträgliche Wasserzugabe auf der Baustelle
- Kein Restwasser im Fahrmischer
- Vorsicht beim Reinigen des Trichters
- Vorsicht beim Betonieren an Regentagen
- Kein Wasser in der Schalung
- Beim Anbetonieren an bestehende Bauteile sind diese vorzunässen
- Trennung der Bauteile, wenn diese nicht statisch zusammen wirken müssen
- Schutz des Betons vor Austrocknung und Auskühlung
- Zwischennachbehandlung
- Nachbehandlung

# 10. Nachbehandlung

## Nachbehandlung und Schutz

In der Norm DIN EN 13670:2011-03 (Ausführung von Tragwerken aus Beton) in Verbindung mit DIN 1045-3:2012-03 (Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 3: Bauausführung – Anwendungsregeln zu DIN EN 13670: 8.5 Nachbehandlung und Schutz) wird die Nachbehandlung geregelt!

Nach Abschluss des Verdichtens und der Oberflächenbearbeitung des Betons ist die Oberfläche unverzüglich nachzubehandeln.

Soll die Rissbildung an der freien Oberfläche infolge Frühschwinden vermieden werden, ist eine zwischenzeitliche Nachbehandlung vor der Oberflächenbearbeitung durchzuführen. „Zwischennachbehandlung!“

### Geeignete Nachbehandlungsmaßnahmen

- Aufsprühen von geeigneten Curing
- Besprühen mit Wassernebel
- Abdecken mit Folie
- Abdecken mit Dämmmatten
- Abdecken mit Flies unter ständigem Feuchthalten
- Einhausung
- Beheizung (wenn nötig im Winter)



Abb. 10.1  
Aufsprühen von geeigneten Curingmitteln



Abb. 10.2  
Besprühen mit Wassernebel



Abb. 10.3  
Abdecken mit Folie



Abb. 10.4  
Abdecken mit Wärmedämmmatten



Abb. 10.5  
Einhausung

## Nachbehandlung

### Nachbehandlung von Beton

Unter Nachbehandlung von Beton werden alle Maßnahmen verstanden, die den Beton bis zur ausreichenden Erhärtung gegen schädliche Einflüsse schützen.

- Austrocknung
- Auskühlung
- schroffe Temperaturänderung
- Erschütterung
- Regen
- und mechanische Beanspruchung

#### Wasserhaltende Maßnahmen

- Belassen in der Schalung
- Dampfdichte Folien
- Nachbehandlungsmittel

#### Wasserzuführende Maßnahmen

- Wasserfilm
- Wasserspeichernde Abdeckung
- Unter Wasser Lagerung (Fluten), sobald der Beton trittfest ist

Druckfestigkeit allein garantiert keine Dauerhaftigkeit. Der Beton muss ausreichend dicht sein, um einen entsprechenden Widerstand gegen äußere Einflüsse zu haben. Deshalb ist eine ausreichend lange Nachbehandlung des jungen Betons unerlässlich!

Die Dauer der Nachbehandlung wird in der DIN EN 206-1 und DIN 1045 in Abhängigkeit der Festigkeitsentwicklung vorgegeben.



Abb. 10.6  
Dampfdichte Folien – Wände



Abb. 10.7  
Belassen in der Schalung



Abb. 10.8  
Nachbehandlungsmittel (Curing)



Abb. 10.9  
Dampfdichte Folien – Bodenplatte



Abb. 10.10  
Wasserspeichernde Abdeckung



Abb. 10.11  
Wasserfilm und Folie

## Minstdauer der Nachbehandlung

Expositionsklasse	Erforderliche Festigkeit im oberflächennahen Bereich	Minstdauer der Nachbehandlung
X0, XC1	–	0,5 Tage (mindestens 12 Stunden)
Alle Expositionsklassen außer X0, XC1, XM	$0,5 \times f_{ck}$	Werte der Tabelle unten (Abb. 10.13)
XM	$0,7 \times f_{ck}$	Werte der Tabelle unten verdoppeln (Abb. 10.13)

Abb. 10.12  
Minstdauer der Nachbehandlung in Abhängigkeit der Expositionsklassen

Oberflächentemperatur $T$ (°C) <sup>2)</sup>	Festigkeitsentwicklung des Betons: $r = f_{cm2} / f_{cm28}$ <sup>1)</sup>			
	$r \geq 0,50$ schnell	$r \geq 0,30$ mittel	$r \geq 0,15$ langsam	$r < 0,15$ sehr langsam
$\geq 25$	1	2	2	3
$25 > T \geq 15$	1	2	4	5
$15 > T \geq 10$	2	4	7	10
$10 > T \geq 5$	3	6	10	15

Abb. 10.13  
Minstdauer der Nachbehandlung in Abhängigkeit der Oberflächentemperatur

XC2 - XC4, XF1: Frischbetontemperatur $T$ (°C) <sup>3)</sup>	Festigkeitsentwicklung des Betons: $r = f_{cm2} / f_{cm28}$ <sup>1)</sup>			
	$r \geq 0,50$ schnell	$r \geq 0,30$ mittel	$r \geq 0,15$ langsam	$r < 0,15$ sehr langsam
$\geq 15$	1	2	4	k. A.
$15 > T \geq 10$	2	4	7	k. A.
$10 > T \geq 5$	4	8	14	k. A.

Abb. 10.14  
Minstdauer der Nachbehandlung in Abhängigkeit der Frischbetontemperatur bei den Expositionsklassen XC2-XC4, XF1

<sup>1)</sup>  $f_{cm2}$  bzw.  $f_{cm28}$  bezeichnen die Mittelwerte der Druckfestigkeit nach 2 bzw. 28 Tagen

<sup>2)</sup> Statt der Oberflächentemperatur des Betons darf die Lufttemperatur angesetzt werden

<sup>3)</sup> Kann ein übermäßiges Auskühlen des Betons im Anfangsstadium ausgeschlossen werden, können für die Expositionsklassen XC2 - XC4 und XF1 die erforderliche Nachbehandlungsdauer auch über die Frischbetontemperatur zum Zeitpunkt des Betoneinbaus festgelegt werden. (Abb. 10.14)

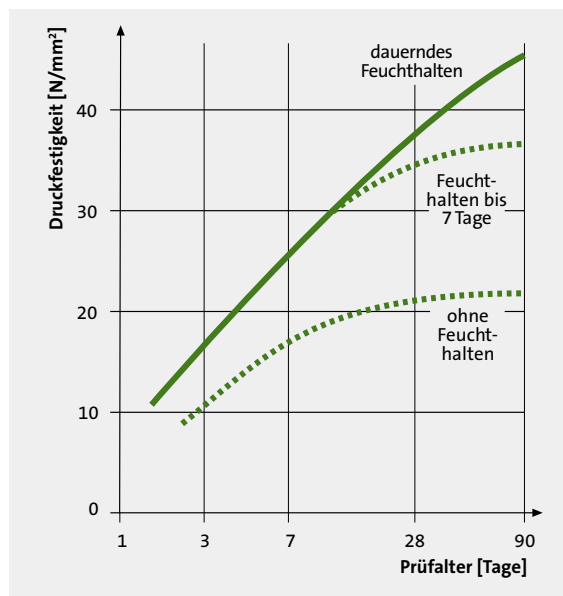
## Nachbehandlung

### Austrocknungsgeschwindigkeit

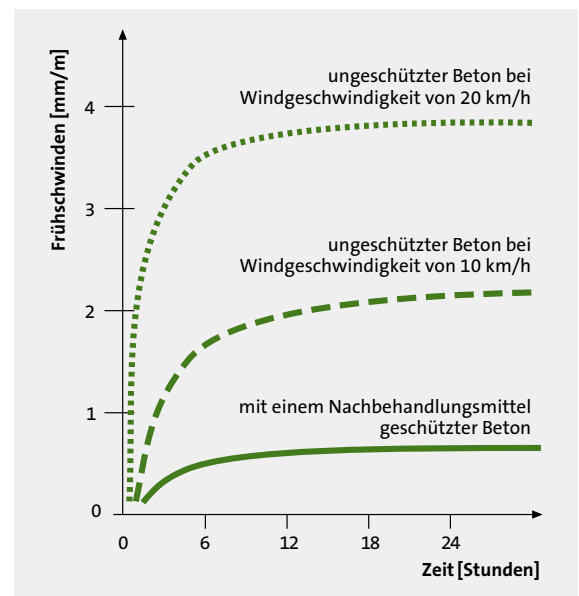
Die Austrocknungsgeschwindigkeit hängt ab von der:

- Lufttemperatur
- Betontemperatur
- relativen Luftfeuchte
- Windgeschwindigkeit

Typische Auswirkungen dieser Faktoren sind in Abb. 10.15 und Abb. 10.16 dargestellt.



**Abb. 10.15**  
Einfluss des Feuchthalts auf die Festigkeitsentwicklung des Betons im Oberflächenbereich



**Abb. 10.16**  
Fröhschwinden als Folge mangelhafter Nachbehandlung bei extremen Witterungsbedingungen

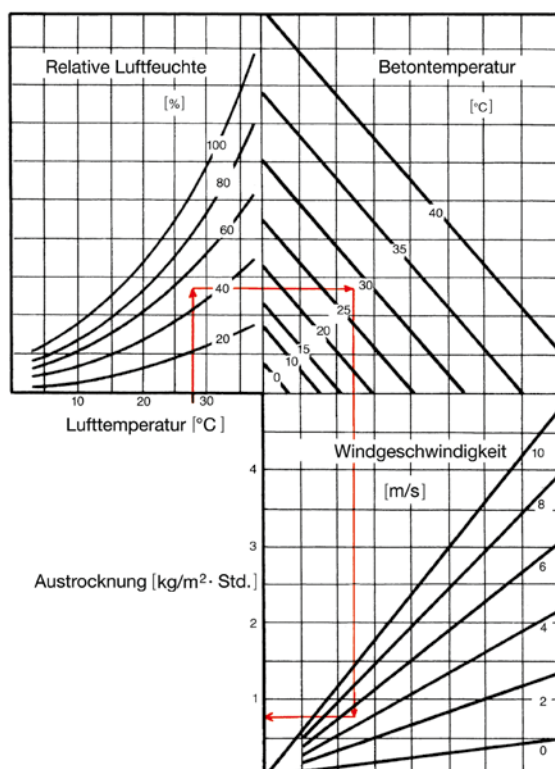


Abb. 10.17 zeigt Zusammenhänge zwischen den genannten Größen auf und kann zum Abschätzen der Austrocknungsrate verwendet werden.

#### Beispiel:

Lufttemperatur: 20°C  
relative Luftfeuchte: 60%  
Betontemperatur: 25°C  
Windstärke: 10 km/h  
ergibt eine Wasserverdunstung: 1,4 kg/m<sup>2</sup> · h

Bei dieser Berechnung verliert der Beton im oberflächennahen Bereich 1 Liter Wasser pro Stunde pro m<sup>2</sup>.

**Abb. 10.17**  
Diagramm zum Abschätzen der Austrocknungsrate an offen liegenden Betonflächen. Eingezeichnetes Beispiel: Lufttemperatur: 28 °C, relative Luftfeuchte: 50%, Betontemperatur: 28 °C, Windgeschwindigkeit: 5 m/s. Ergebnis: Austrocknungsrate = 0,8 kg/m<sup>2</sup> · Std.

# 11. Fugenabdichtungen

## Anwendungsregeln

Zur Fugenabdichtung dürfen nur Bauprodukte mit Verwendbarkeitsnachweis, der bestätigt, dass die für den Verwendungszweck maßgebenden Anforderungen erfüllt sind, eingesetzt werden.

Auf der Internetseite: [www.abp-fugenabdichtungen.de](http://www.abp-fugenabdichtungen.de) sind gültige allgemeine Prüfzeugnisse gelistet.

- Fugenbänder gem. DIN 7865 (Elastomer-Fugenbänder zur Abdichtung von Fugen im Beton), DIN 18541 (Fugenbänder aus thermoplastischen Ausgangsstoffen zur Abdichtung von Fugen im Beton) und DIN 18197 (Abdichten von Fugen im Beton mit Fugenbändern)
- Fugenbleche nach WU-Richtlinie

**nur mit Verwendbarkeitsnachweis abp (allgemein bauaufsichtliches Prüfzeugnis)**

## Fugenbänder

Fugenbänder gemäß DIN 7865 und DIN 18541 dürfen entsprechend den Verwendungsregeln von DIN 18197 eingesetzt werden. Fugenbänder werden zur Abdichtung von Bewegungs- und Arbeitsfugen eingesetzt. Es wird unterschieden zwischen innen- und außenliegenden Fugenbändern, sowie Fugenabschlussbändern. Fugenbänder werden aus unterschiedlichen Materialien hergestellt, Elastomer- und thermoplastische Fugenbänder, beide unterscheiden sich sowohl in ihrem physikalischen Leistungsvermögen als auch in der Fügechnik. Sie werden entweder durch Schweißen miteinander verbunden oder durch Vulkanisierung. Die entsprechenden Anforderungen und Eigenschaften sind in der DIN 18197 dargestellt und in Auswahldiagrammen angegeben. Die Fugenbänder müssen symmetrisch zur Fugenachse mit ausreichendem Abstand zur Bewehrung eingebaut werden. Dafür ist eine Bewehrungsanpassung oder eine Betonaufkantung erforderlich. Sie sind so zu platzieren, dass sich ihre Lage beim Betonieren nicht verändert. Um ein fachgerechtes Betonieren einhalten zu können, sollte zwischen dem Fugenband und der Bewehrung mindestens ein lichter Abstand von 2 cm eingehalten werden. Bei der Anschlussbewehrung und einem innenliegenden Fugenband sollte der Mindestabstand von 5 cm gewährleistet sein. Beim Betonieren sollte das Fugenband frei von Verschmutzungen und bei kühlen Temperaturen frei von Eis sein.



Abb. 11.1  
Fugenbänder

Es ist darauf zu achten, dass die Fugenbänder nicht beschädigt sind. Bei einer Beschädigung muss das Fugenband fachgerecht repariert oder ausgetauscht werden.

## Unbeschichtete Fugenbleche

Bei unbeschichteten, fettfreien Fugenblechen gemäß DIN EN 10051 (kontinuierlich warmgewalztes Band und Blech) mit einer Blechdicke von mindestens 1,5 bis 2 mm, darf der Verwendbarkeitsnachweis entfallen, wenn die Verwendungsbedingungen entsprechend der vorliegenden Beanspruchungsklasse sowie zusätzlich die Einbaubedingungen eingehalten werden.

Bei Beanspruchungsklasse 1 und Nutzungsklasse A dürfen unbeschichtete Fugenbleche nur als Fugenabdichtung in Arbeitsfugen verwendet werden. Die Breite des Fugenblechs darf 250 mm nicht unterschreiten, wenn mit bis zu 3 m Wasserdruck gerechnet werden muss. Sind die Wasserdruckhöhen zwischen 3 m und 10 m ist die Blechbreite mit mindestens 300 mm zu wählen. Wird mit noch größeren Wasserdruckhöhen gerechnet, muss die Breite des Fugenblechs angemessen vergrößert werden. Bei Beanspruchungsklasse 1 und Nutzungsklasse B gilt diese Regelung nicht nur für Arbeitsfugen, sondern auch für Sollrissquerschnitte.

Bei Beanspruchungsklasse 2 können unbeschichtete Fugenbleche in Arbeitsfugen und in Sollrissquerschnitten als Fugenabdichtung eingesetzt werden, sofern die Blechbreite mindestens 250 mm beträgt.



Abb. 11.2  
Unbeschichtetes Fugenblech



Abb. 11.3  
Beschichtetes Fugenblech

## Fugenabdichtungen

Die Fugenbleche müssen planmäßig beiderseits der Fuge jeweils mit der halben Blechbreite in den Beton eingebunden werden. Stoßstellen der Fugenbleche müssen durch Schweißen, Kleben oder Zusammenpressen verbunden werden. Eine Überlappung der Bleche ist nicht zulässig.

### Beschichtete Fugenbleche

Beschichtete Fugenbleche werden je nach Beschichtung unterschieden in:

- Polymerbitumenbeschichtung
- mineralische Beschichtung
- quellfähige Beschichtung
- Beschichtung mit Verbundfolie

Beschichtete Fugenbleche gibt es in unterschiedlichen Ausführungen und Größen:

- einseitig beschichtet
- beidseitig beschichtet
- vollflächig beschichtet
- teilflächig beschichtet

Beschichtete Fugenbleche sind deutlich kleiner als unbeschichtete Fugenbleche. Die geringere Höhe wird durch die Beschichtung kompensiert. Dadurch können beschichtete Fugenbleche auf der oberen Bewehrungslage aufgestellt und mit Haltebügeln in die richtige Lage gebracht und gesichert werden. Hier entfällt dann die Betonaufkantung und die Bewehrungsanpassung. Die Fugenbleche müssen vor dem Betonieren fixiert werden, ein Eindringen in den Beton ist nicht zulässig. Die Einbindetiefe in die Bodenplatte beträgt je nach Betondeckung 3 bis 5 cm. Durch die geringe Einbindetiefe muss sichergestellt werden, dass der Beton die geforderte Dichtigkeit aufweist und den Wasserdurchtritt verhindert.

Beschichtete Fugenbleche werden im Stoßbereich mit einer 10 cm breiten Überlappung zusammengedrückt, dabei sind die Stöße mit Stoßklammern zu sichern. Der Anschluss an Dehnfugenbänder erfolgt ebenfalls durch Klemmung. Es ist darauf zu achten, dass die Fugenbänder beim Einbau nicht verschmutzt werden, dies kann zu Umläufigkeiten führen.

Oftmals sind beschichtete Fugenbleche mit einer zweiseitigen Schutzfolie versehen, die erst kurz vor dem Betonieren oder Schalen entfernt wird. Die Profilhöhe der beschichteten Fugenbleche beträgt mindestens 15 cm.

### Frischbetonverbundfolie

Als Ergänzung zur Weißen Wanne ermöglicht die Frischbetonverbundfolie einen hochwertigen, zusätzlichen rissüberbrückenden, Schutz der erdberührten Bauteile. Durch die Anwendung der Folie können aufwändige Nachinjektionen auf ein Minimum reduziert werden. Infolge der Penetration des Frischbetons ins Vlies entsteht eine vollflächige, dauerhaft mechanische Verbindung. Der Foliendichtstoff verhindert zusätzlich das Hinterlaufen von Wasser zwischen der Frischbetonverbundfolie

und dem Konstruktionsbeton. Die Frischbetonverbundfolie wird vor den Bewehrungs- und Betonierarbeiten verlegt. Die Stöße der einzelnen Bahnen werden mit Tapes verklebt.

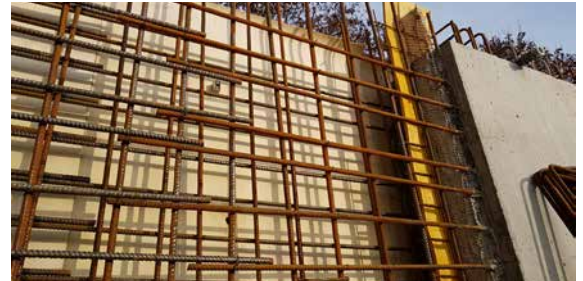


Abb. 11.4  
Frischbetonverbundfolie bei Ortbeton



Abb. 11.5  
Frischbetonverbundfolie bei Ortbeton

Die Folie eignet sich bei Neubauten oder Sanierungen als Abdichtung, Feuchtigkeitssperre, Dampfbremse und Radonschutz. Die Frischbetonverbundfolie gilt als Flächenabdichtung und ist mit außen- oder innenliegenden Fugendichtungssystemen zu kombinieren.

### Weitere mögliche Abdichtungssysteme

- außenliegende streifenförmige Abdichtung
- Dichtrohre
- Injektionsschläuche
- Verpressschläuche
- Kompressionsdichtungen
- Quellbänder
- Quellmaterialstreifen
- Kombiarbeitsfugenbänder
- Schwindrohre, Dichtprofile bei Elementwänden
- Wasserdichte Einbauteile und Durchdringungen
- Durchführungen für Versorgungsleitungen

Das gesamte Fugenabdichtungssystem muss gegen Verschieben, Umknicken und Beschädigungen gesichert werden. Fugensysteme sind vor dem Betonieren sorgfältig zu säubern. Beschädigte Fugenabdichtungen fachgerecht reparieren oder austauschen.



# 12. Betoneinbau

## Beton

Neben den Anforderungen, die sich für das Bauteil aus den Expositionsclassen ergeben, sind die Anforderungen an Beton mit hohem Wassereindringwiderstand nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 sowie die Richtlinie Wasserundurchlässige Bauteile einzuhalten.

Bei Ausnutzung der Mindestbauteildicken ist bei Beanspruchungsklasse 1 (drückendes Wasser) ein WU-Beton mit einem  $(w/z)_{eq} \leq 0,55$  und bei Wänden zusätzlich ein Größtkorn der Gesteinskörnung  $D_{max} \leq 16$  mm zu verwenden. Diese zusätzlichen Anforderungen sind in die Ausschreibung und in die Ausführungsunterlagen aufzunehmen.

Wenn von der Regelung der Mindestbauteildicke abgewichen werden soll, muss die Wanddicke mindestens um 15 % erhöht werden, was in der Regel je nach Wanddicke zwischen 3 bis 4 cm beträgt.

Die Konsistenz sollte bei F3 oder weicher liegen. Bei der Wahl der Konsistenzklasse sollten auch weitere Beton-eigenschaften, wie Pumpbarkeit und Verdichtungs-willigkeit, festgelegt und an die Einbaugeschwindigkeit angepasst werden.

Bei der Festlegung des Betons sind unter Berücksichtigung der Witterung, der Bauteildicke, den betontechnologischen und ausführungstechnischen Maßnahmen, weitere Parameter zu beachten, welche die Entstehung von Zwang beeinflussen:

- Unberücksichtigte Einspannung
- Frischbetontemperatur
- Hydratationswärmentwicklung des Betons
- Festigkeitsentwicklung des Betons
- Nachbehandlung

## Frischbetontemperatur

Die Frischbetontemperatur geht mit in die Austrocknungsrate ein und sollte bei warmer Witterung möglichst gering gehalten werden. Die maximal zulässige Frischbetontemperatur beim Betoneinbau beträgt 30°C. Durch die Frischbetontemperatur und die Temperaturerhöhung aus der Hydratation wird die Festigkeitsentwicklung maßgeblich beeinflusst. Die Nachbehandlung ist dann entsprechend anzupassen.

## Fallhöhen

In Wänden muss bei Fallhöhen über 1 m eine Anschlussmischung verwendet werden, um eine entmischungsfreie Betonage am Fußpunkt der Wand sicherzustellen.

Bei Elementwänden muss grundsätzlich eine Anschlussmischung verwendet werden.

Die Anschlussmischung ist bis auf eine Höhe von mindestens 30 cm einzubauen.

- Bei freien Fallhöhen über 1 m stets Anschlussmischung mit 8 mm Körnung (D8 mm) bis min. 30 cm Höhe
- Bei Elementwänden grundsätzlich immer Anschlussmischung
- Nicht ohne Fallrohr oder Schlauch betonieren, Fallhöhen so gering wie möglich halten



Abb. 12.1  
Betonierkübel mit Schlauch



Abb. 12.2  
Nicht ohne Schlauch

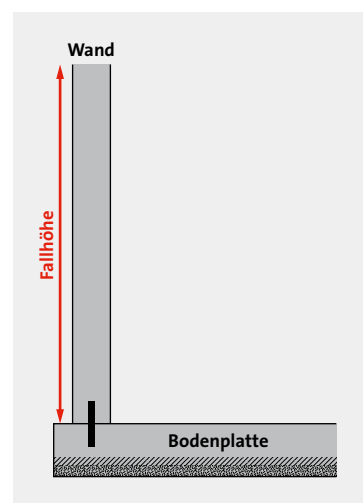


Abb. 12.3  
Fallhöhe

## Betoneinbau

### Bauteildicke

Die Mindestdicke und Konstruktion von WU-Bauteilen sind so zu wählen, dass die Bauteile unter Beachtung der Betondeckung, der Bewehrung, der Fugenabdichtungen und der Einbauteile fachgerecht betoniert werden können. Die tragende und die dichtende Funktion müssen zusätzlich zu den anderen geforderten Eigenschaften erfüllt werden. Empfohlene Mindestbauteildicken für WU-Bauteile für alle Nutzungsklassen sind in der unten aufgeführten Tabelle in Abhängigkeit der gewählten Beanspruchungsklasse angegeben. Diese Angaben gelten für Betone gemäß der DafStb-Richtlinie « Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton » Ausgabe Dezember 2017.

#### Empfohlene Mindestwanddicken nach WU-Richtlinie (Angaben in mm)

Bauteil	Beanspruchungsklasse	Ausführungsart		
		Ortbeton [mm]	Elementwände oder Elementdecken mit Ortbetonergänzung [mm]	Fertigteile [mm]
Wände	1	240	240 (120 <sup>1)</sup> )	200
	2	200	240 (120 <sup>1)</sup> )	100
Bodenplatte	1	250	x	200
	2	150	x	100
Dächer <b>ohne</b> Wärmedämmung	1	200	240 (180 <sup>1)</sup> )	180
Dächer <b>mit</b> Wärmedämmung	1	180	220 (160 <sup>1)</sup> )	160

<sup>1)</sup> Mindestwerte für die Ortbetonergänzung. Für den WU-Beton gilt: Ausnutzung der Mindestbauteildicke Beanspruchungsklasse 1 – max.  $w/z_{eq} \leq 0,55$ , bei Wänden  $D_{max} \leq 16$  mm. Bei Zulagebewehrung und innenliegenden Fugenabdichtungen sind gegebenenfalls auch zusätzliche Anforderungen an die lichten Innenmaße gemäß: Lichtes Maß zwischen den Bewehrungslagen – zu beachten.

Abb. 12.4

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

#### Zusammenfassung der Anforderungen an den Beton:

- Konsistenzklasse F3 und weicher – bei Mindestbauteildicken und Beanspruchungsklasse 1
- Wasserzementwert  $w/z_{eq} \leq 0,55$
- ergibt in der Regel C30/37, was auch rechnerisch anzusetzen ist
- Größtkorn  $\leq 16$  mm
- Automatisch ÜK2
- Bei Erhöhung des  $w/z$  auf maximal 0,60, Erhöhung der Wanddicke um 15 % von 240 mm auf 280 mm

#### Unter Berücksichtigung von Witterung und Bauteildicke beachten:

- Frischbetontemperatur
- Nachbehandlung (immer zwingend)

**Betonierbarkeit**

Für Ortbeton- oder Elementwände bei Beanspruchungsklasse 1 (drückendes Wasser) gelten über den empfohlenen Mindestbauteilstärken laut Tabelle besondere Anforderungen an die lichten Innenmaße zur Sicherstellung der Betonierbarkeit und eines fachgerechten Einbaus von innenliegenden Fugenabdichtungen.

Die folgenden Werte gelten grundsätzlich zwischen den Bewehrungslagen und bei Elementwänden ohne Bewehrung in der Ortbetonerfüllung zwischen den Innenflächen der Fertigteilwände.

**Größtkorn in Abhängigkeit vom lichten Bewehrungsabstand**

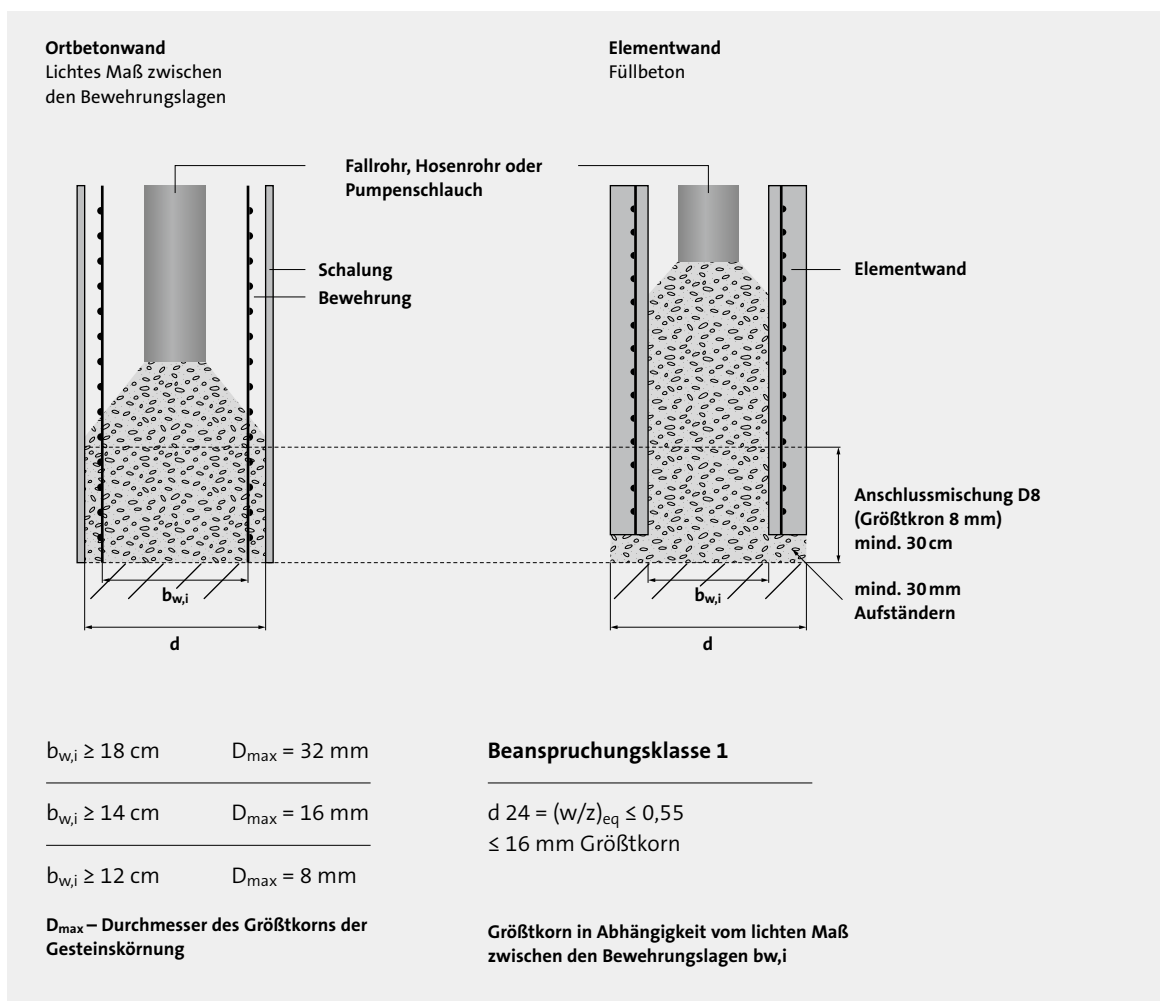


Abb. 12.5



Abb. 12.6  
30 mm Aufständern



Abb. 12.7  
Betonaustritt durch Abschalen verhindern

## Betoneinbau

### Anforderungen an die Betonzusammensetzung

Bei einer Kelleraußenwand wird die Betonzusammensetzung entsprechend der erforderlichen Eigenschaften unter Berücksichtigung der WU-Richtlinie berechnet. Wird eine Kelleraußenwand geplant, so muss der Beton die Anforderungen nach Norm DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 erfüllen. Die Wahl der Expositionsklassen legt die Anforderungen an den Beton fest. Ist das Bauteil ein WU-Beton nach Richtlinie, muss die Anforderung der WU-Richtlinie ebenfalls erfüllt werden. Wenn man die Mindestwandstärken bei Beanspruchungsklasse 1 ausnutzen will, so bestimmt die Anforderung der WU-Richtlinie die Mindestwandstärken, was in der Regel „üblich“ ist.

### Rezeptur gemäß Mindestwandstärken nach WU-Richtlinie

Wandstärke: 24 cm  
max. w/z-Wert: 0,55  
Festigkeit: min. C25/30 (ergibt in der Regel bei w/z 0,55 einen C30/37)  
 $D_{\max}$ : 16 mm

Erhöht man die Wandstärken um 15 % der Mindestwandstärke, kann die Betonzusammensetzung in „Beton mit hohem Wassereindringwiderstand“ angepasst werden.

### Rezeptur bei Erhöhung der Wandstärke um 15 % der Mindestwandstärke

Wandstärke: 28 cm  
max. w/z-Wert: 0,60  
Festigkeit: C25/30  
 $D_{\max}$ : 16 mm

### Rezeptur für Beanspruchungsklasse 2

Mindestwandstärke  
max. w/z-Wert: 0,60  
Festigkeit: C25/30  
 $D_{\max}$ : 32 mm (abhängig von  $b_{w,i}$ )

#### Grundsätzlich ist stets zu beachten:

In der DIN 1045-2 ist "Beton mit hohem Wassereindringwiderstand" mit w/z-Wert von 0,60 als WU-Beton definiert. Bei Ausnutzung der Mindestwandstärken kann dieser Beton nicht eingesetzt werden, da die "WU-Richtlinie" einen w/z-Wert von 0,55 fordert. In solchen Fällen kann somit kein herkömmlicher WU-Beton, also "Beton mit hohem Wassereindringwiderstand" nach DIN 1045-2, eingesetzt werden.



Abb. 12.8  
Ausnutzung der Mindestwandstärke



Abb. 12.9  
Mindestwandstärke



Abb. 12.10  
Frischbeton Zusammensetzung



Abb. 12.11  
Betoneinbau

Anforderungen an Beton für wasserundurchlässige Bauwerke nach WU-Richtlinie  
 Voraussetzung: keine Anforderungen aus XA und XS

	Beanspruchungsklasse	Bauteildicke [mm]	Beton-zusammensetzung hoher Wassereindringwiderstand	$b_{w,i}$ [mm] <sup>2)</sup>	Größtkorn [mm]	Anschlussmischung	Bemerkung
Wände (Ortbeton)	1	Mindestdicke 240	$(w/z)_{eq} \leq 0,55$ $\triangleq$ C30/37	< 120	–	–	nicht erlaubt
				$\geq 120$	8	–	–
		> 280	$(w/z)_{eq} \leq 0,60$ $\triangleq$ C25/30	$\leq 140$	16	8 mm	–
				$\geq 140$	16	Bei Fallhöhe > 1 m auch 8 mm	–
	2	Mindestdicke 200	$(w/z)_{eq} \leq 0,60$ $\triangleq$ C25/30	keine Anforderungen		–	–
		> 200					
Bodenplatte	1	Mindestdicke 250	$(w/z)_{eq} \leq 0,55$ $\triangleq$ C30/37	keine Anforderungen		–	–
	2	150	$(w/z)_{eq} \leq 0,60$ $\triangleq$ C25/30				
Kernbeton für Elementwände	1	Mindestdicke 240 Kern > 120 mit 8 mm GK	$(w/z)_{eq} \leq 0,55$ $\triangleq$ C30/37	< 120	–	–	nicht erlaubt
				$\geq 120$	8	8 mm	–
		> 280 (28-30)	$(w/z)_{eq} \leq 0,60$ $\triangleq$ C25/30	$\leq 140$	16	8 mm	–
				$\geq 140$	16	8 mm	–
	2	Mindestdicke 240 (20) <sup>1)</sup>	$(w/z)_{eq} \leq 0,60$ $\triangleq$ C25/30	keine Anforderungen		8 mm	–
		> 240					

<sup>1)</sup> besondere betontechn. und ausführungstechn. Maßnahmen

<sup>2)</sup> lichtetes Maß zwischen Bewehrungslagen bei Wänden bzw. zwischen Innenflächen der Fertigteile bei Kernbeton

zusätzliche Anforderungen (ggf. sinnvoll)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• evtl. LH-Zemente oder Zemente mit normaler Festigkeitsentwicklung</li> <li>• Begrenzung der Frischbetontemperatur</li> <li>• besondere Nachbehandlungsmaßnahmen (z. B. um kontrollierten Wärmeabfluss zu ermöglichen)</li> </ul>
Anschlussmischung	bei Fallhöhen > 1 m: immer Anschlussmischung mit max. 8 mm Größtkorn Höhe = Bauteildicke, jedoch mind. 30 cm hoch
Konsistenzklasse	F3, F4, F5 oder F6 (SVB möglich) Frischbetondruck und Steiggeschwindigkeit beachten (abhängig vom Einbauverfahren), Schalung oder Fertigteilelement
Stahlfaserbeton	Stahlfaserbeton (SFB) möglich: Abminderung der konventionellen Bewehrung nach DBV-Merkblatt Stahlfaserbeton

Abb. 12.12

# 13. Ausführung Elementwände und Fertigteile

## Neue Anforderung an die Elementwand

Bauen mit Elementwänden erfreut sich zunehmender Beliebtheit. Auch im Bereich WU-Konstruktion werden Elementwände immer häufiger eingesetzt. Das schnelle Montieren und Aufstellen der Elementwandbauteile, der dadurch sehr beschleunigte Baufortschritt, das Entfallen aufwendiger Schalarbeiten und reduzierte Personalkosten sind Argumente für den Einsatz von Elementwänden. Die Entscheidung für Elementwände sollte so früh wie möglich getroffen werden, am besten in der Entwurfsplanung.

Um Elementwände besser und sicherer betonieren zu können, ist eine Mindestwandstärke von 30 cm empfehlenswert, es ist hierbei auf das lichte Innenmaß zu achten. Eine Elementwand ist ein Wandbauteil, bestehend aus zwei im Abstand miteinander verbundenen Fertigteilplatten, ergänzt durch einen Ortbetonkern.

Die Innenflächen von Elementwänden sowie die Oberflächen von Elementdecken müssen eine bestimmte Rauigkeit aufweisen, dass eine schub- und hohlraumfreie Verbindung zwischen Kernbeton und Element sowie zwischen Elementdecken und Aufbeton sichergestellt ist. Dadurch entsteht ein monolithisches Bauteil, ein Wasserdurchtritt zwischen den Elementwänden und dem Ortbetonkern wird vermieden. Dazu ist eine vollflächige

kornraue Oberfläche notwendig. Die mittlere Rautiefe muss mindestens 1,5 mm betragen. Die Rautiefe wird entweder mit dem Sandflächenverfahren oder mit Laserverfahren überprüft.

Die Innenflächen sind vor dem Betonieren ausreichend vorzunässen.

Um eine vollständige Verfüllung zu erzielen, ist auf eine sorgfältige und ausreichende Verdichtung zu achten.

- Verschärfung der Rauigkeit
- Rautiefe neu  $R_t \geq 1,5 \text{ mm}$  (früher  $R_t \geq 0,9 \text{ mm}$ )
- Vollflächig über die gesamte Wand
- Verbund muss sichergestellt werden
- Vermeidung von Wasserdurchtritt
- Beim Aufstellen der Elementwände mindestens 30 mm aufständern

## Lichtes Innenmaß für Elementwände

Das lichte Innenmaß  $b_{w,i}$  bei Elementwänden, bei Beanspruchungsklasse 1, gibt das Größtkorn vor. Bei innenliegender Fugenabdichtung ist der Abstand zwischen den Bewehrungsstählen entscheidend, bei außenliegender Fugenabdichtung entscheidet das lichte Maß zwischen den Elementwänden.

Ein Abstand der Bewehrung zur Elementwand muss eingehalten werden.

In Abb. 13.1 wird dargestellt, wie das lichte Innenmaß  $b_{w,i}$  bei Elementwänden anzuwenden ist.

**Innenliegendes Fugenband oder Fugenblech:**

- Ohne Bewehrung (a) gilt der Abstand der Elementwände
- Bei Anschlussbewehrung mit Bügeln (b) oder beidseitiger Bewehrung (c) ist das Maß zwischen den Bügeln oder der Bewehrung zu beachten.
- Für eine einschneittige Anschlussbewehrung (d) auf der Außenseite gilt der Abstand von der Elementwand innen bis zur Anschlussbewehrung außen. Steckseisen können vernachlässigt werden.
- Bei außenliegendem Fugenband (e) ist der Abstand der Elementwände, unabhängig von der Anschlussbewehrung, anzusetzen

$D_{max}$	$b_{w,i}$
8 mm	$\geq 120 \text{ mm}$
16 mm	$\geq 140 \text{ mm}$

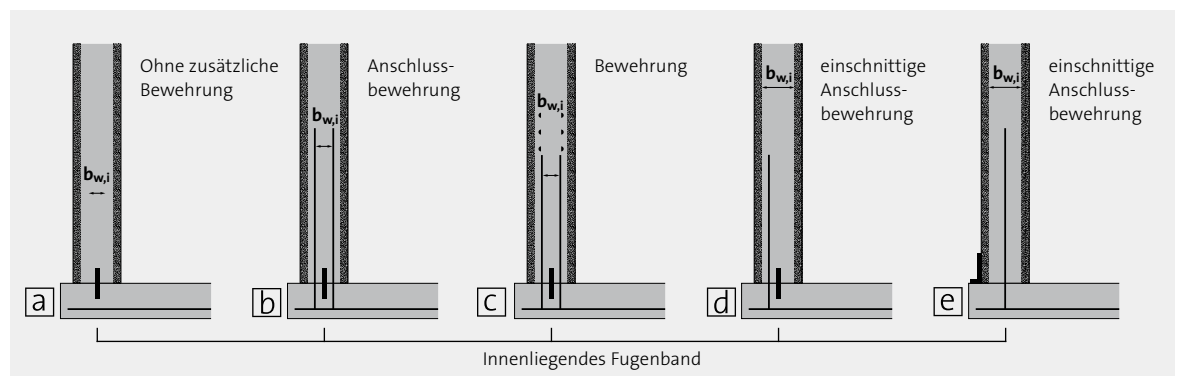


Abb. 13.1  
Lichtes Innenmaß  $b_{w,i}$  bei Elementwänden

### Herstellen der geforderten Rautiefe bei Elementwänden

Die Rautiefe kann entweder betontechnologisch oder manuell hergestellt werden. Die Herstellung durch betontechnologische Maßnahmen erfordert eine raue, grobe und relativ steife Betonzusammensetzung. Diese rüttelraue Oberfläche hat den großen Vorteil, dass die geforderte Rauigkeit überall, auch unter den Gitterträgern, gegeben ist. Somit erhält man eine vollflächig kornraue Oberfläche. Dies kann nur durch eine gezielte Betonzusammensetzung mit abgestimmter Gesteinskörnung, der Konsistenz und einer gesteuerten Verdichtung erreicht werden. In der Praxis ist das sehr schwer umsetzbar, da die Ecken und Kanten, bei der steiferen Konsistenz, nicht sauber auslaufen und sich dadurch Kiesnester und Fehlstellen bilden können. Desweiteren gibt es Probleme bei Doppelwänden, wenn Fenster oder Türen im Element enthalten sind. Hier besteht, beim Einwenden der zweiten Schale, die Gefahr von Fehlstellen.

Bei der manuellen Variante benötigt man geeignete Geräte, wie z. B. einen Rechen, um die Oberfläche dementsprechend aufzurauen. Die geforderte Rauigkeit sollte auch im Bereich der Gitterträger erreicht werden, was mit dieser Methode in der Praxis sehr schwierig ist.

Es empfiehlt sich, für das Aufrauen jeweils geeignete Geräte zu testen und durch Nachweis der Rautiefe zu bestätigen, dass die geforderte Rautiefe tatsächlich erreicht wird.



Abb. 13.2  
Geeignete Geräte



Abb. 13.3  
Aufrauen der ersten Schale



Abb. 13.4  
Erste Schale aufgeraut



Abb. 13.5  
Aufrauen der zweiten Schale



Abb. 13.6  
Rautiefe einer Elementwand



Abb. 13.7  
Prüfung der Rautiefe mit dem Sandflächenverfahren

Um einen monolithischen, hohlraumfreien Verbund zwischen Elementwänden und Kernbeton sicherzustellen, ist eine vollflächige kornraue Verbundfläche mit einer Rautiefe von mindestens  $R_t \geq 1,5 \text{ mm}$  erforderlich. Dadurch kann ein sicherer Schubverbund zwischen Elementwänden und Füllbeton garantiert werden. Daher ist das Vornässen auf der Baustelle vor der Betonage unabdingbar.

## Ausführung Elementwände und Fertigteile

### Aufstellen der Elementwände

Beim Aufstellen der Elementwände ist Sorgfalt geboten. Das Dichtungssystem wird während der Montage der Wände vor Ort, durch qualifizierte Fachleute, eingebaut und abgenommen.



**Abb. 13.9**  
Versetzen der Kellerwände



**Abb. 13.10**  
Abdichtungssystem

Damit der Füllbeton die Elementwand komplett unterlaufen kann, werden die Wände mindestens 30 mm, durch Einlegen von Abstandshaltern, aufgeständert. Um ein übermäßiges Austreten von Beton durch die Aufständering zu vermeiden, werden die Unterseiten abgeschalt.



**Abb. 13.11**  
Aufständern der Elementwände



**Abb. 13.12**  
Abschalen der Sohlfuge

### Verfüllung der Elementwand auf der Baustelle

- Vor dem Betoneinbau Elementwand stets vornässen
- Frisch in Frisch verarbeiten
- Schüttilagen ca. 50 cm
- Jede Lage vernadeln
- Vollständig verdichten / nachverdichten
- Korngröße an Bewehrungsabstand anpassen
- Anschlussmischung 8 mm Größtkorn bis auf 30 cm einbauen
- In den meisten Fällen wird das Größtkorn für den Kernbeton anhand des geringen Querschnitts auf 8 mm begrenzt
- Beim Betonieren Schläuche oder Fallrohre verwenden
- Maximales Größtkorn der Gesteinskörnung 16 mm
- Schalungsdruck beachten, Betoniergeschwindigkeit anpassen (Wird vom Hersteller der Elementwand vorgegeben)



### Mindestbauteildicken

Bei der Ausführung von Elementwänden in der Mindestbauteildicke ist ein  $w/z_{eq} \leq 0,55$ , ein Größtkorn von 8 mm und eine Mindestfestigkeit von C30/37 einzuhalten. Erhöht man die Wandstärken um Mindestwanddicke + 15%, so kann ein Beton mit hohem Wassereindringwiderstand nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 mit  $w/z_{eq} \leq 0,60$  und Mindestfestigkeit C25/30 verwendet werden. Anschlussmischung mit 8 mm Größtkorn ist in jedem Fall mindestens 30 cm hoch einzubauen.

Bei der Herstellung und Planung von WU-Elementwänden müssen Dichtungsmaßnahmen für alle Einbauteile, wie:

- Türen / Fenster
- Rohrdurchführungen
- Wandanschlusschienen
- Rückbiegeanschlüsse
- Aussparungen und Durchführungen schon werksseitig eingebaut und geplant werden.



Abb. 13.13  
WU-Keller

### Fugenplanung bei Elementwänden

Bei Elementwänden müssen die horizontalen Arbeitsfugen zwischen Bodenplatte und Wand sowie die Stoßfugen zwischen den einzelnen Elementen abgedichtet werden. Neben den Arbeitsfugen zwischen Bodenplatte und Elementwand und den Stoßfugen können weitere Fugen geplant werden:

- Arbeitsfugen im Elementwandstoß
- Anschlüsse an eine Ortbetonwand
- Dehnfuge in der Elementwand
- Vertikale Arbeitsfugen

Horizontale Arbeitsfugen dürfen nur in Höhe der Bodenplatte und der Geschossdecke angeordnet werden. Daher darf es zu keinen längeren Unterbrechungen beim Betonieren kommen.

Wände können mittels Streckmetall-Abschalungen in mehrere Betonierabschnitte unterteilt werden.

### Innenliegende Fugenabdichtungssysteme für Arbeitsfugen

- Arbeitsfugenbänder nach DIN 18541
- Kombiarbeitsfugenband KAB
- Arbeitsfugenband Duo-Fix 150 Plus, AF 15 M
- unbeschichtete Fugenbleche
- beschichtete Fugenbleche

Die genannten Fugensysteme sind lagerichtig und sicher in der Arbeitsfuge zu fixieren und die erforderliche Mindesteinbindetiefe in die Bodenplatte ist zu beachten. Zwischen dem Fugenabdichtungssystem und der Anschlussbewehrung oder der Fertigteilplatte sollte mindestens ein Abstand von 50 mm eingehalten werden. So kann das Fugensystem vollständig einbetoniert werden. Ein nachträgliches Eindringen der Dichtungssysteme und Überlappungsstöße ist nicht zulässig.

### Fugenabdichtungssysteme für Stoßfugen und Sollrissquerschnitte

Dichtrohre (Schwindrohre) werden zur Ausbildung von Sollrissquerschnitten in den Wänden eingesetzt. Durch die Dichtrohre wird der Wandquerschnitt gezielt geschwächt und ein Riss provoziert. Dieser wird dann durch das Dichtrohr gegen Wasserdurchtritt abgedichtet. Beim Einbau des Dichtrohres ist zu beachten, dass es lagerichtig und sicher in den Sollrissquerschnitt eingebaut wird. Es ist so einzubauen, dass die Lage durch das Betonieren nicht verändert werden kann.

### Montage der Elementwände

Um Unebenheiten auszugleichen sind Elementwände aufzuständern. Damit der Kernbeton die Elementwand unterlaufen kann und dadurch im Bereich der Anschlussfuge der volle Betonquerschnitt für die Lastabtragung zur Verfügung steht, sollte mindestens 30 mm aufgeständert werden.

Zum Abschalen von Arbeitsfugen sollten Bretter verwendet werden, der Einsatz von Bauschaum ist nicht zulässig. Vor dem Betonieren müssen die Elementwände, durch Besprühen mit Wasser, ausreichend vorgehästet werden, damit dem Kernbeton das nötige Wasser nicht entzogen wird und ein Verbund zwischen Ortbeton und Elementwand sichergestellt ist.

Beim Betonieren ist auf sorgfältigen Betoneinbau und vollständiges Verdichten zu achten. Der Beton darf sich beim Einbauen nicht entmischen, bei Fallhöhen über 1 m sollten Einbaurohre oder Schläuche verwendet werden. Hohlräume und Kiesnester sind zu vermeiden. Es ist stets eine Anschlussmischung mit 8 mm Größtkorn zu verwenden, die mindestens 30 cm Schichthöhe haben sollte.

## Ausführung Elementwände und Fertigteile

Beim Betonieren ist darauf zu achten, dass sich innenliegende Abdichtungen nicht verschieben oder beschädigt werden. Die zulässige Betoniergeschwindigkeit ist zu beachten, um ein Aufbrechen der Elementwände durch zu großen Betondruck zu vermeiden. Keine größeren Betonierunterbrechungen, um ungeplante Arbeitsfugen zu vermeiden.

### Einbau des Kernbetons

Beim Einbau des Kernbetons sollte die richtige Konsistenz gewählt ( $\geq F3$ ) werden, die den Betoneinbau problemlos ermöglicht. Eine Anschlussmischung mit 8 mm Größtkorn ist für die ersten 30 cm zwingend nötig. Danach wird das Größtkorn abhängig vom Abstand der Elementwände bzw. den Bewehrungsstäben entsprechend angepasst. Das Vornässen der Elementwände muss unmittelbar vor der Betonage durchgeführt werden. Beim Einbringen des Betons ist dafür zu sorgen, dass der Beton durch Schläuche oder Schüttrohre ohne große Fallhöhen in die Schalung eingebracht wird. Wichtig hierbei ist eine vollflächige Verfüllung der Elementwände durch den Ort beton. Hohlstellen sind zu vermeiden und durch sachgemäßen Einbau auszuschließen. Nur so kann das Bauteil monolithisch sein und einen hohen Wassereindringwiderstand aufweisen. Der Beton sollte lagenweise in 50 cm Schichten eingebaut und verdichtet werden. Um eine Vernadelung der Schüttlagen sicherzustellen ist mit der Rüttelflasche jeweils 10 bis 20 cm in die untere, bereits verdichtete Schicht zu vernadeln. Die zulässige Steiggeschwindigkeit ist einzuhalten. Ein übermäßiges Verdichten führt zu Entmischungen des Betons. Sollten Fenster oder Einbauteile in der Wand montiert sein, muss sehr sorgfältig verfüllt werden, um wirklich alle Hohlräume auszuschließen.



**Abb. 13.14**  
Abrisse zwischen Element und Kernbeton

Abrisse zwischen Elementwand und Kernbeton können entstehen, wenn die Elementwand nicht vorgehästet wurde und dem Kernbeton dadurch, in der Verbundzone, das nötige Abbindewasser entzogen wird. Somit ist ein vollflächiger Verbund nicht gegeben und das Bauteil ist nicht monolithisch.

Diese Abrisse entstehen aber auch durch:

- Setzen des Betons
- Undichte Stöße
- Bluten des Betons
- Austrocknung durch mangelnde Nachbehandlung
- Sonne und Wind

Um dieses Ablösen zielsicher zu vermeiden, sind die Elemente vorzunässen und sobald als möglich vor Austrocknung zu schützen. Bei der Betonage des Kernbetons ist der Bediener der Rüttelflasche maßgeblich verantwortlich für die Qualität der Ausführung. Fehl- oder Hohlstellen infolge mangelnder Verdichtung oder unsachgemäßem Einbau des Betons müssen ausgeschlossen werden. Wenn beim Betonieren nicht sorgfältig gearbeitet wird, bzw. kein Vornässen der Elementwände stattfindet, kann es zu Fehlstellen kommen, welche die Tragfähigkeit und die Dichtigkeit des Bauwerks in Frage stellen. Bei sehr dünnem Ortbetonkern ist die Gefahr, dass sich Hohlstellen zwischen den Elementwänden bilden sehr groß, hier ist äußerste Sorgfalt geboten. Betoneinbau in sehr geringen Schüttlagen und vollständige, gewissenhafte Verdichtung hilft Fehlstellen zu vermeiden. Kontrolle mit Hilfe einer Taschenlampe ist immer sinnvoll.



**Abb. 13.15**  
Elementwände mit sehr schlankem Kernbeton

### Hohlstellen

Oft entstehen Mängel bei Elementwänden infolge mangelhafter Verfüllung und Verdichtung. Bei unsachgemäßem Betoneinbau kann es dazu kommen, dass Teile der Elementwand nicht vollflächig verfüllt werden. Die Schadenserkennung erfolgt ganz einfach über Abklopfen der Wände mit kleinen Hämmern oder Überfahren mit Eisenstangen. Durch diese Maßnahmen können Hohlstellen relativ genau ermittelt und erfasst werden.



**Abb. 13.16**  
Deutliche Abrisse zwischen Wand und Kernbeton



© Andreas Lang BÜV Freiburg

**Abb. 13.17**  
Abklopfen der Wandflächen

Durch Abklopfen ermittelte Fehlstellen, wie im Bild unten gezeigt, müssen saniert, verfüllt oder verpresst werden, damit die Wand ihre geforderten Festigkeiten, Tragfähigkeit und auch Dichtigkeiten erfüllen kann.



© Andreas Lang BÜV Freiburg

**Abb. 13.18**  
Sehr große Hohlstelle in der Elementwand



© Andreas Lang BÜV Freiburg

**Abb. 13.19**  
Tragende Wand ohne vollständige Verfüllung

### Instandsetzung/Nachbesserung

Maßnahmen zur Instandsetzung von solchen Hohlstellen sind, sehr aufwendig und kostenintensiv. Das gesamte Bauvorhaben muss auf Hohlstellen untersucht werden. Die nachfolgenden Verfüllungen oder Verpressungen können sich als äußerst aufwendig darstellen.



© Andreas Lang BÜV Freiburg

**Abb. 13.20**  
Großflächig zu sanierende Wand

Nur durch sehr sorgfältigen und fachgerechten Beton-einbau können solche Fehlstellen, die damit verbundene Sanierung und resultierende Kosten vermieden werden. Um ein WU-Bauteil voll funktionsfähig herstellen zu können, sind Erfahrung und Know How beim Betonieren unabdingbar.

### Nachbehandlung

Um Schwinden und Ablösen an der Wandkrone zu vermeiden, ist die Elementwandkrone, nach dem Betonieren des Kernbetons, mit einer Folie abzudecken. Diese ist gegen Durchzug zu sichern und mit Brettern oder Ähnlichem zu beschweren. So kann die Wasserverdunstungsrate gering gehalten werden. Sobald der Beton trittfest ist, kann die Wandkrone auch geflutet, d. h. unter Wasser gesetzt, werden.

Bei kühlen Außentemperaturen kann eine wärmedämmende Nachbehandlung sinnvoll sein.

Ein Betonieren vom Kernbeton der Elementwände bei Frost ist unzulässig.



© Andreas Lang BÜV Freiburg

**Abb. 13.21**  
Nachbehandlung der Wandkrone



**Holcim (Deutschland) GmbH**  
Technisches Marketing  
Hannoversche Straße 28  
31319 Sehnde-Höver  
Telefon +49 (0) 5132 927-432  
Telefax +49 (0) 5132 927-430  
[technisches-marketing@lafargeholcim.com](mailto:technisches-marketing@lafargeholcim.com)  
[www.holcim.de](http://www.holcim.de)