

**SCHWENK Zement GmbH & Co. KG**  
Hindenburgring 15 | 89077 Ulm | info@schwenk.de

**Verkaufsbüros:  
Ulm**  
Telefon: + 49 731 9341-181

**Bernburg**  
Telefon: + 49 3471 358-500

**Karlstadt**  
Telefon: + 49 9353 797-451

**Beratung:**  
Unsere Bauberatung informiert Sie in allen anwendungstechnischen Fragen.

**Ulm**  
Telefon: + 49 731 9341-123

**E-Mail**  
info.bauberatung@schwenk.de

## Klassen für die Eigenschaften von Frischbeton

### Konsistenzklassen

#### Ausbreitmaßklassen nach DIN EN 12350-5

| Klasse                  | Konsistenzbereich | Ausbreitmaß <sup>2)</sup><br>Ø in mm |
|-------------------------|-------------------|--------------------------------------|
| <b>F1</b>               | steif             | ≤ 340                                |
| <b>F2</b>               | plastisch         | 350-410                              |
| <b>F3</b>               | weich             | 420-480                              |
| <b>F4</b>               | sehr weich        | 490-550                              |
| <b>F5</b>               | fließfähig        | 560-620                              |
| <b>F6</b> <sup>3)</sup> | sehr fließfähig   | ≥ 630                                |

<sup>1)</sup> Bei einem Ausbreitmaß > 700 mm ist die DIN 1045-2 Anhang G für selbstverdichtenden Beton (SVB) zu beachten!

<sup>2)</sup> Erlaubte Abweichung im Bereich der Zielwerte ± 40 mm (DIN 1045-2)

Die Konsistenzklassen sind nicht direkt vergleichbar. Weitere normativ geregelte Konsistenzklassen sind das Setzmaß nach DIN EN 12350-2 und das Setzfließmaß nach DIN EN 12350-8. Die Konsistenzklassen F6 und SVB entsprechen der B80-E.

### Anrechenbarkeit von Flugasche (f) unter Berücksichtigung des k-Wert-Ansatzes für Flugasche nach DIN EN 450

#### Anwendungsbereich für alle Expositions-klassen in Abhängigkeit der Zementart<sup>1)</sup>

| Zementart  | Anrechenbare Flugasche f | k-Wert  | Äquivalenter Wasser/Zement-Wert [w/z <sub>(eq)</sub> -Wert]                        |
|--|--------------------------|---|--|
| CEM I, CEM II/A-S, CEM II/B-S, CEM II/A-T, CEM II/B-T, CEM II/A-L, CEM III/A <sup>2)</sup> , CEM III/B <sup>2)</sup> , CEM II/A-M (S-T, S-L, T-L), CEM II/B-M (S-T, S-L <sup>3)</sup> , T-L <sup>3)</sup> , CEM II/C-M (S-L) <sup>1)</sup> | f ≤ 0,33 · z             | 0,4   | $\frac{w}{z + 0,4 \cdot f}$  |
| CEM II/A-M (S-V, V-T, V-L, S-P, P-T, P-L), CEM II/A-V, CEM II/A-P, CEM II/A-M (P-V), CEM II/B-M (V-L) <sup>2)</sup>  | f ≤ 0,25 · z             | 0,4   | $\frac{w}{z + 0,4 \cdot f}$  |
| CEM II/A-M (S-D, D-T, D-P, D-V, D-L), CEM II/B-M (S-D, D-T), CEM II/A-D  | f ≤ 0,15 · z             | 0,4   | $\frac{w}{z + 0,4 \cdot f}$  |
| <b>Unterswasserbeton</b>   | f ≤ 0,33 · z             | 0,7   | $\frac{w}{z + 0,7 \cdot f} \leq 0,60$  |
| <b>Spezialtiefbau</b><br>CEM I,<br>CEM II/A-S, B-S, A-D, A-P, A-V, A-T, B-T, A-L,<br>CEM II/A-M (S-V, S-L, V-L, T-L),<br>CEM II/B-M (S-L, V-L, T-L) <sup>1)</sup> , CEM II/C-M (S-L) <sup>1)</sup><br>CEM III/A                            | f ≤ 0,33 · z             | 0,7<br>Bohrpfahlbeton<br><br>0,4<br>Schlitzwand<br>und Pfähle | $\frac{w}{z + 0,7 \cdot f} \leq 0,60$<br><br>$\frac{w}{z + 0,4 \cdot f} \leq 0,60$ |

<sup>1)</sup> Die Anwendungsregeln für Flugasche mit Zement mit bauaufsichtlicher Zulassung sind in der Zulassung festgelegt.

<sup>2)</sup> Bezüglich Expositions-klassen XF4 siehe DIN 1045-2

<sup>3)</sup> Kalksteingehalt im Zement auf 20 M-% begrenzt.

## Überwachung des Betonierens durch das Bauunternehmen nach DIN 1045-3:2023/08

### Einteilung des Betons in Überwachungsklassen

| Gegenstand  | Überwachungsklasse 1 (ÜK 1)  | Überwachungsklasse 2 (ÜK 2)  |
|---|--|--|
| Festigkeitsklasse für Normalbeton nach DIN 1045-2:2023/08 | ≤ C25/30   | ≥ C30/37 und ≤ C100/115  |
| Expositions-klassen nach DIN 1045-2:2023/08               | X0, XC, XF1, XA1   | XF2/XF3/XF4, XD, XS, XA2/XA3, XM   |
| Betoneigenschaften und Anwendungsfälle                    | - Beton für wasserundurchlässige Baukörper (WU-Beton)<br>- Stahlfaserbeton mit Leistungsklasse ≤ L1-1,2 nach DAfStb-Richtlinie<br>- Faserbeton ohne Leistungsklasse<br>- Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen ≤ 25 Vol.-% nach DIN1045-2:2023/08<br>- Verzögerter Beton mit einer Verzögerungszeit bis max. 12 Stunden nach DAfStb-Richtlinie<br>- Unterwasserbeton<br>- Beton mit Pigmenten<br>- Sonstige nicht bei ÜK 2 aufgeführte Betoneigenschaften und Anwendungsfälle | - Von 28 Tagen abweichendes Nachweialter für die Druckfestigkeit (z.B. 56 Tage-Beton)<br>- LP-Beton<br>- Leichtbeton<br>- Schwerbeton<br>- Stahlfaserbeton mit Leistungsklasse > L1-1,2 nach DAfStb-Richtlinie<br>- Beton mit Kunststofffasern für den Brandschutz<br>- Selbstverdichtender Beton (SVB)<br>- Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen > 25 Vol.-% Austausch der groben Gesteinskörnung nach DIN1045-2:2023/08<br>- Verzögerter Beton mit einer Verzögerungszeit von mehr als 12 Stunden nach DAfStb-Richtlinie<br>- Massive Bauteile nach DAfStb-Richtlinie<br>- Vorgespannte Bauteile<br>- Anlagen zum Lagern, Abfüllen und Umschlagen (LAU) oder Herstellen, Behandeln und Verwenden (HBV) von wassergefährdenden Stoffen (WHG-Anlagen) nach DAfStb-Richtlinie „Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen“ (BUMwS) |
| Überwachung   | - Eigenüberwachung durch das Bauunternehmen  | - Eigenüberwachung durch ständige Betonprüfstelle<br>- Fremdüberwachung durch eine dafür anerkannte Überwachungsstelle   |

### Annahmekriterien für die Ergebnisse der Druckfestigkeitsprüfungen von Beton nach DIN 1045-3:2023-08

|                                       | Überwachungsklasse ÜK 2                            | Überwachungsklasse ÜK 1 (optional) |
|---------------------------------------|--|------------------------------------|
| Jeder Einzelwert [N/mm <sup>2</sup> ] | ≥ min. {f <sub>ck</sub> - 4; 0,9 f <sub>ck</sub> } | ≥ f <sub>ck</sub> - 4              |

f<sub>ck</sub> charakteristische Druckfestigkeit des verwendeten Normal-, Schwer- oder Leichtbetons f<sub>ck</sub> in N/mm<sup>2</sup>

Quelle: DBV

### Betontemperatur

Die Frischbetontemperatur darf zum Zeitpunkt der Lieferung nicht unter +5°C liegen. Wenn eine Anforderung für eine andere Mindesttemperatur oder eine Höchsttemperatur für Frischbeton erforderlich ist, sind diese mit zulässigen Abweichungen festzulegen. Jede Anforderung hinsichtlich künstlichen Kühlens oder Erwärmens des Betons muss zwischen Hersteller und Verwender vereinbart werden.

#### Nach DIN 1045-3 gilt Folgendes:

■ Frischbetontemperatur darf im Allgemeinen +30°C nicht überschreiten, sofern nicht durch geeignete Maßnahmen sichergestellt ist, dass keine nachteiligen Folgen zu erwarten sind.

■ Bei Lufttemperaturen zwischen +5°C und -3°C darf die Betontemperatur beim Einbringen +5°C nicht unterschreiten. Sie darf +10°C nicht unterschreiten, wenn der Zementgehalt im Beton kleiner als 240 kg/m<sup>3</sup> oder wenn Zemente mit niedriger Hydrationswärme verwendet werden.

■ Bei Lufttemperaturen unter -3°C muss die Betontemperatur beim Einbringen mindestens +10°C betragen.

■ Die Betontemperatur an der Oberfläche darf 0 °C nicht unterschreiten, bevor die Betonrandzone eine Mindestdruckfestigkeit von f<sub>cm</sub> = 5 N/mm<sup>2</sup> erreicht hat.

## Nachbehandlung und Schutz von Beton

### Allgemeines

Während der ersten Tage der Hydratation ist der Beton, falls nachfolgend nichts anderes festgelegt ist, nachzubehandeln und gegebenenfalls zu schützen, um:

- das Frischwinden gering zu halten;
- eine ausreichende Festigkeit und Dauerhaftigkeit der Betonrandzone sicherzustellen;
- Schutz vor Wind, Regen, Frost, Hitze und Temperaturschwankungen;
- schädliche Erschütterungen, Stoß oder Beschädigung zu vermeiden;
- Verringerung des Risspotenzials infolge Temperatur-/Zwangsspannungen

### Nachbehandlungsdauer

■ Die Nachbehandlungsdauer hängt von der Entwicklung der Betoneigenschaften in der Randzone ab.

■ Bei Umweltbedingungen, die den Expositions-klassen X0, XC1 nach DIN 1045-2 entsprechen (z.B. Bauteile ohne Bewehrung, Innenbauteile), muss der Beton mindestens einen halben Tag nachbehandelt werden. Bei mehr als 5 Std. Verarbeitbarkeitszeit ist die Nachbehandlungsdauer angemessen zu verlängern. Die Nachbehandlungsdauer ist um die Zeit zu verlängern, während der die Temperatur der Betonoberfläche unter +5 °C lag.

■ Bei Betonoberflächen, die einem Verschleiß entsprechend den Expositions-klassen XM nach DIN 1045-2 und XF3/4 ausgesetzt sind, muss der Beton so lange nachbehandelt werden, bis die Festigkeit des oberflächennahen Betons 70% der charakteristischen Festigkeit des verwendeten Betons erreicht hat. Ohne genaueren Nachweis sind die Werte für die Mindestdauer der Nachbehandlung zu verdoppeln.

### Nachbehandlungsverfahren

■ Folgende Verfahren haben sich auch in Kombination für die Nachbehandlung bewährt:

- Belassen in der Schalung;
- Abdecken der Betonoberfläche mit dampfdichten Folien, die an den Kanten und Stößen gegen Durchzug gesichert sind;
- Auflegen von wasserspeichernden Abdeckungen unter ständigem Feuchthalten bei gleichzeitigem Verdunstungsschutz;
- Aufrechterhalten eines sichtbaren Wasserfilms auf der Betonoberfläche (z.B. durch Besprühen, Fluten);
- Das Verfahren muss sicherstellen, dass ein übermäßiges Verdunsten von Wasser über die Betonoberfläche verhindert wird oder die Betonoberfläche muss ständig feucht gehalten werden.

■ Anmerkungen finden sich im DBV-Merkblatt „Nachbehandlung von Beton“ und DBV Merkblatt „Sommer- und Winterbetonagen“

### Nachbehandlung nach DIN 1045-3 und Zuordnung zu Expositions-klassen nach DIN 1045-2

|  | Nachbehandlungs-klasse 1 | Nachbehandlungs-klasse 2 | Nachbehandlungs-klasse 3         | Nachbehandlungs-klasse 4               |
|--|--------------------------|--------------------------|----------------------------------|--|
| <b>Expositions-klassen</b>                                       | <b>X0, XC1</b>           | <b>nicht zutreffend</b>  | <b>alle außer X0, XC1 und XM</b> | <b>XM1, XM2, XM3, XF4<sup>1)</sup></b> |
| Prozentualer Anteil der charakteristische Mindestdruckfestigkeit | nicht festgelegt         | 35 %                     | 50 %                             | 70 %                                   |

<sup>1)</sup> Gilt nur bei langsamen und sehr langsamen Betonen, siehe folgende Tabellen.

### Mindestdauer der Nachbehandlung von Beton bei den Expositions-klassen nach DIN 1045-2 außer X0, XC1 und XM der Nachbehandlungsklasse 3

| Oberflächentemperatur T in °C <sup>1)</sup> | Mindestdauer der Nachbehandlung in Tagen <sup>1)</sup>                                      |                    |                     |                          |
|---|---|--------------------|---------------------|--------------------------|
|   | Festigkeitsentwicklung des Betons <sup>2)</sup><br>r = f <sub>cm2</sub> / f <sub>cm28</sub> |                    |                     |                          |
|   | schnell<br>r ≥ 0,50   | mittel<br>r ≥ 0,30 | langsam<br>r ≥ 0,15 | sehr langsam<br>r < 0,15 |
| T ≥ 25                                      | 1   | 2                  | 2                   | 3                        |
| 15 ≤ T < 25                                 | 1   | 2                  | 4                   | 5                        |
| 10 ≤ T < 15                                 | 2   | 4                  | 7                   | 10                       |
| 5 <sup>3)</sup> ≤ T < 10                    | 3   | 6                  | 10                  | 15                       |

<sup>1)</sup> Bei mehr als 5 Std. Verarbeitbarkeitszeit ist die Nachbehandlungsdauer angemessen zu verlängern.

<sup>2)</sup> Bei Temperaturen unter 5 °C ist die Nachbehandlungsdauer um die Zeit zu verlängern, während der die Temperatur unter 5 °C lag.

<sup>3)</sup> Die Festigkeitsentwicklung des Betons wird durch das Verhältnis der Mittelwerte der Druckfestigkeiten nach 2 Tagen und nach 28 Tagen (ermittelt nach DIN EN 12390-3) beschrieben, das bei der Erstprüfung oder auf der Grundlage eines bekannten Verhältnisses von Beton vergleichbarer Zusammensetzung (d.h. gleicher Zement, gleicher w/z-Wert) ermittelt wurde. Wird bei besonderen Anwendungen

die Druckfestigkeit zu einem späteren Zeitpunkt als 28 Tage bestimmt, ist für die Ermittlung der Nachbehandlungsdauer der Schätzwert des Festigkeitsverhältnisses entsprechend aus dem Verhältnis der mittleren Druckfestigkeit nach 2 Tagen (f<sub>cm2</sub>) zur mittleren Druckfestigkeit zum Zeitpunkt der Bestimmung der Druckfestigkeit zu ermitteln oder eine Festigkeitsentwicklungskurve bei 20 °C zwischen 2 Tagen und dem Zeitpunkt der Bestimmung der Druckfestigkeit anzugeben.

<sup>4)</sup> Anstelle der Oberflächentemperatur des Betons darf die Lufttemperatur angesetzt werden.

### Mindestdauer der Nachbehandlung von Beton bei den Expositions-klassen XC2, XC3, XC4 und XF1 nach DIN 1045-2 der Nachbehandlungsklasse 3 – Vereinfachtes Verfahren

| Frischbetontemperatur T <sub>b</sub> zum Zeitpunkt des Betoneinbaus | Mindestdauer der Nachbehandlung in Tagen <sup>1)</sup>                                      |                    |                     |
|---|---|--------------------|---------------------|
|   | Festigkeitsentwicklung des Betons <sup>2)</sup><br>r = f <sub>cm2</sub> / f <sub>cm28</sub> |                    |                     |
|   | schnell<br>r ≥ 0,50   | mittel<br>r ≥ 0,30 | langsam<br>r ≥ 0,15 |
| T <sub>b</sub> ≥ 15 °C  | 1   | 2                  | 4                   |
| 10 °C ≤ T <sub>b</sub> < 15 °C                                      | 2   | 4                  | 7                   |
| 5 °C ≤ T <sub>b</sub> < 10 °C                                       | 4   | 8                  | 14                  |

<sup>1)</sup> Bei mehr als 5 Std. Verarbeitbarkeitszeit ist die Nachbehandlungsdauer angemessen zu verlängern.

<sup>2)</sup> Die Festigkeitsentwicklung des Betons wird durch das Verhältnis der Mittelwerte der Druckfestigkeiten nach 2 Tagen und nach 28 Tagen (ermittelt nach DIN EN 12390-3) beschrieben, das bei der Erstprüfung oder auf der Grundlage eines bekannten Verhältnisses von Beton vergleichbarer Zusammensetzung (d.h. gleicher Zement, gleicher w/z-Wert) ermittelt wurde. Wird bei besonderen Anwendungen die Druckfestigkeit zu einem späteren

Zeitpunkt als 28 Tage bestimmt, ist für die Ermittlung der Nachbehandlungsdauer der Schätzwert des Festigkeitsverhältnisses entsprechend aus dem Verhältnis der mittleren Druckfestigkeit nach 2 Tagen (f<sub>cm2</sub>) zur mittleren Druckfestigkeit zum Zeitpunkt der Bestimmung der Druckfestigkeit zu ermitteln oder eine Festigkeitsentwicklungskurve bei 20 °C zwischen 2 Tagen und dem Zeitpunkt der Bestimmung der Druckfestigkeit anzugeben.



# Beton – Herstellung nach den aktuellen Normen

DIN 1045-1000 ..... Ausgabe 2023/08

DIN 1045-2 ..... Ausgabe 2023/08

DIN 1045-3 ..... Ausgabe 2023/08

## Expositionsklassen nach DIN 1045-2, Ausgabe 2023/08

(Grenzwerte für Zusammensetzung und Eigenschaften von Beton)

| Expositionsklasse | Angriffsart          | Beispiele für die Zuordnung von Expositionsklassen | Mindest-druckfestigkeitsklasse <sup>2)</sup> | Mindest-Zementgehalt <sup>3)</sup> [kg/m <sup>3</sup> ] | Mindest-Zementgehalt <sup>4)</sup> bei Anrechnung von Zusatzstoffen [kg/m <sup>3</sup> ] | Max. Wasser/Zement-Wert | Betonklasse BK |
|-------------------|----------------------|--|--|---|--|-------------------------|----------------|
|                   | Umgebungsbedingungen |  |  |   |  |                         |                |

| ■ <b>X0</b> Kein Korrosions- oder Angriffsrisiko |   |   |                                      |              |   |   |   |
|--|---|---|--------------------------------------|--------------|---|---|---|
| X0   | Für Beton ohne Bewehrung oder eingebettetes Metall; alle Expositionsklassen, ausgenommen Frostangriff, Verschleiß oder chemischer Angriff | Fundamente ohne Bewehrung und ohne Frost; Beton in Gebäuden mit sehr geringer Luftfeuchte | innenbauteile ohne Bewehrung; ≤ 30 % | <b>C8/10</b> | – | – | N |

| ■ <b>XC</b> Bewehrungskorrosion, ausgelöst durch Karbonatisierung |                            |   |  |               |     |     |        |
|---|----------------------------|---|--|---------------|-----|-----|--------|
| XC1   | trocken oder ständig nass  | Bauteile in Innenräumen mit üblicher Luftfeuchte (einschließlich Küche, Bad und Waschküche in Wohngebäuden); Beton, der ständig in Wasser getaucht ist  |  | <b>C16/20</b> | 240 | 240 | 0,75 N |
| XC2   | nass, selten trocken       | Teile von Wasserbehältern; Gründungsbauteile  |  | <b>C16/20</b> | 240 | 240 | 0,75 N |
| XC3   | mäßige Feuchte             | Bauteile, zu denen die Außenluft häufig oder ständig Zugang hat, z.B. offene Hallen, Innenräume mit hoher Luftfeuchtigkeit z.B. in gewerblichen Küchen, Bädern, Wäschereien, in Feuchträumen von Hallenbädern und in Viehställen; Dachflächen mit flächiger Abdichtung; Verkehrsflächen mit flächiger unterlaufischer Abdichtung <sup>18)</sup> |  | <b>C20/25</b> | 260 | 240 | 0,65 N |
| XC4   | wechselnd nass und trocken | Außenbauteile mit direkter Beregnung  |  | <b>C25/30</b> | 280 | 270 | 0,60 N |

| ■ <b>XD</b> Bewehrungskorrosion, verursacht durch Chloride, ausgenommen Meerwasser |                            |   |  |   |     |     |             |
|--|----------------------------|---|--|---|-----|-----|-------------|
| XD1  | mäßige Feuchte             | Bauteile im Sprühnebelbereich von Verkehrsflächen; Einzelgaragen; Befahrene Verkehrsflächen mit vollflächigem Oberflächenenschutz <sup>19)</sup>  |  | <b>C30/37</b><br><b>C25/30 (LP)</b> <sup>12)</sup>                | 300 | 270 | 0,55 N<br>E |
| XD2  | nass, selten trocken       | Solebäder; Bauteile die chloridhaltigen Industrieabwässern ausgesetzt sind  |  | <b>C35/45</b> <sup>15)</sup><br><b>C30/37 (LP)</b> <sup>12)</sup> | 320 | 270 | 0,50 N<br>E |
| XD3  | wechselnd nass und trocken | Brückenteile mit häufiger Spritzwasserbeanspruchung; Fahrbahndecken; befahrene Verkehrsflächen mit risservermeidenden Bauweisen ohne Oberflächenenschutz oder ohne Abdichtung <sup>18)</sup> ; Befahrene Verkehrsflächen mit dauerhaftem lokalem Schutz von Rissen <sup>1)18)</sup> |  | <b>C35/45</b><br><b>C30/37 (LP)</b> <sup>12)</sup>                | 320 | 270 | 0,45 N<br>E |

| ■ <b>XS</b> Bewehrungskorrosion, verursacht durch Chloride aus Meerwasser |  |   |  |   |     |     |             |
|---|--|---|--|---|-----|-----|-------------|
| XS1   | salzhaltige Luft, aber kein unmittelbarer Kontakt mit Meerwasser | Außenbauteile in Küstennähe                               |  | <b>C30/37</b><br><b>C25/30 (LP)</b> <sup>12)</sup>                | 300 | 270 | 0,55 N<br>E |
| XS2   | unter Wasser   | Bauteile in Hafenanlagen, die ständig unter Wasser liegen |  | <b>C35/45</b> <sup>15)</sup><br><b>C30/37 (LP)</b> <sup>12)</sup> | 320 | 270 | 0,50 N<br>E |
| XS3   | Tidebereiche, Spritzwasser- und Sprühnebelbereiche               | Kaimauern in Hafenanlagen                                 |  | <b>C35/45</b><br><b>C30/37 (LP)</b> <sup>12)</sup>                | 320 | 270 | 0,45 N<br>E |

| ■ <b>XF</b> Frostangriff mit oder ohne Taumittel |  |   |  |  |            |                   |  |
|--|--|---|--|--|------------|-------------------|--|
| XF1  | mäßige Wassersättigung, ohne Taumittel | Außenbauteile   |  | <b>C25/30</b> <sup>8)</sup>                                      | 280        | 270               | 0,60 N                                       |
| XF2  | mäßige Wassersättigung, mit Taumittel  | Bauteile im Sprühnebel- oder Spritzwasserbereich von taumittelbehandelten Verkehrsflächen, soweit nicht XF4; Bauteile im Sprühnebelbereich von Meerwasser   |  | <b>C35/45</b> <sup>15)</sup><br><b>C25/30 (LP)</b> <sup>7)</sup> | 320<br>300 | 270 <sup>4)</sup> | 0,50 <sup>4)</sup> N<br>0,55 <sup>4)</sup> E |
| XF3  | hohe Wassersättigung, ohne Taumittel   | Offene Wasserbehälter; Bauteile in der Wasserwechselzone von Süßwasser; Horizontale Bauteile, mit Beanspruchung aus stehendem Wasser  |  | <b>C35/45</b> <sup>15)</sup><br><b>C25/30 (LP)</b> <sup>8)</sup> | 320<br>300 | 270               | 0,50 N<br>0,55 E                             |
| XF4  | hohe Wassersättigung, mit Taumittel    | Verkehrsflächen, die mit Taumitteln behandelt werden; Überwiegend horizontale Bauteile im Spritzwasserbereich von taumittelbehandelten Verkehrsflächen; Räumleraufbahnen von Kläranlagen; Meerwasserbauteile in der Wasserwechselzone |  | <b>C30/37 (LP)</b> <sup>9) 16)</sup>                             | 320        | 270 <sup>4)</sup> | 0,50 <sup>4)</sup> E                         |

| ■ <b>XA</b> Betonkorrosion durch chemischen Angriff (natürliche Böden/Grundwasser, Meerwasser und Abwasser) |  |   |  |   |     |     |             |
|---|--|---|--|---|-----|-----|-------------|
| XA1   | chemisch schwach angreifende Umgebung nach Tabelle 2 <sup>17)</sup>                  | Behälter von Kläranlagen, Güllebehälter   |  | <b>C25/30</b>   | 280 | 270 | 0,60 N      |
| XA2   | chemisch mäßig angreifende Umgebung nach Tabelle 2 <sup>17)</sup> und Meeresbauwerke | Betonbauteile, die mit Meerwasser in Berührung kommen; Bauteile in betonangreifenden Böden                                    |  | <b>C35/45</b> <sup>15)</sup><br><b>C30/37 (LP)</b> <sup>12)</sup>     | 320 | 270 | 0,50 N<br>E |
| XA3   | chemisch stark angreifende Umgebung nach Tabelle 2 <sup>17)</sup>                    | Industrieabwasseranlagen mit chemisch angreifenden Abwässern; Futterische der Landwirtschaft; Kühltürme mit Rauchgasableitung |  | <b>C35/45</b> <sup>15)</sup><br><b>C30/37 (LP)</b> <sup>10) 12)</sup> | 320 | 270 | 0,45 N<br>E |

| ■ <b>XM</b> Betonkorrosion durch Verschleißbeanspruchung <sup>9) 11) 16)</sup> |                                     |   |   |  |            |     |                  |
|--|-------------------------------------|---|---|--|------------|-----|------------------|
| XM1  | mäßige Verschleißbeanspruchung      | Tragende oder aussteifende Industrieböden mit Fahrzeugen  | Beanspruchung durch luftbereifte Fahrzeuge  | <b>C30/37</b><br><b>C25/30 (LP)</b> <sup>12)</sup>                                 | 300        | 270 | 0,55 N<br>E      |
| XM2  | starke Verschleißbeanspruchung      | Tragende oder aussteifende Industrieböden mit vollgummibereifte Gabelstapler  | Beanspruchung durch luft- oder vollgummibereifte Gabelstapler   | <b>C35/45</b><br><b>C30/37 (LP)</b> <sup>12)</sup><br><b>C30/37</b> <sup>13)</sup> | 320<br>300 | 270 | 0,45 N<br>0,55 N |
| XM3  | sehr starke Verschleißbeanspruchung | Tragende oder aussteifende Industrieböden mit stahlrollenbereifte Gabelstapler; Oberflächen, die häufig mit Kettenfahrzeugen befahren werden; Wasserbauwerke in geschlebbelasteten Gewässern z.B. Tosbecken | Beanspruchung durch elastomer- oder stahlrollenbereifte Gabelstapler; Oberflächen, die häufig mit Kettenfahrzeugen befahren werden; Wasserbauwerke in geschlebbelasteten Gewässern z.B. Tosbecken | <b>C35/45</b> <sup>14)</sup><br><b>C30/37 (LP)</b> <sup>12) 14)</sup>              | 320        | 270 | 0,45 N<br>E      |

## Beispiele für Expositions- und Feuchteklasseneinstufungen an einem Wohnhaus

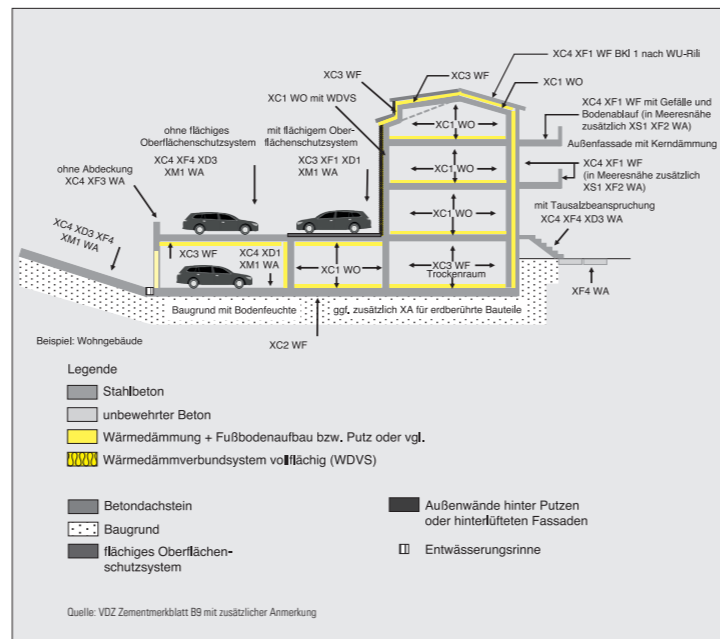


Bild: Beispiel für mehrere, gleichzeitig zutreffende Expositions- und Feuchteklassen an einem Wohnhaus

### Fußnoten zu den Expositionsklassen

**Betonklasse BK-N:** Normale Anforderungen an Herstellung und Lieferung von Beton  
**Betonklasse BK-E:** Erhöhte Anforderungen an Herstellung, Lieferung von Beton mit ergänzenden Prüfungen

- Für die Planung und Ausführung des dauerhaft lokalen Schutzes von Rissen ist eine rissüberbrückende Beschichtung im Sinne der Technischen Regel (DIBt) „Instandhaltung von Betonbauwerken (TR Instandhaltung)“ auszuführen.
- Normal- und Schwerbeton (gilt nicht für Leichtbeton).
- Bei einem Größtkorn der Gesteinskörnung von 63 mm darf der Zementgehalt um 30 kg/m<sup>3</sup> reduziert werden.
- Die Anrechnung auf den Mindestzementgehalt und den Wasser/Zement-Wert ist nur bei Verwendung von Flugasche zulässig. Weitere Zusatzstoffe des Typs I dürfen zugesetzt, aber nicht auf den Zementgehalt oder den w/z-Wert angerechnet werden. Bei gleichzeitiger Zugabe von Flugasche und Silikastaub ist eine Anrechnung auch für die Flugasche ausgeschlossen.
- Höchstzementgehalt 380 kg/m<sup>3</sup>, jedoch nicht bei Betonen der Druckfestigkeitsklasse ab C70/85
- Anforderung an Gesteinskörnungen F4
- Anforderung an Gesteinskörnungen MS25
- Anforderung an Gesteinskörnungen F2
- Anforderung an Gesteinskörnungen MS18
- Schutzmaßnahmen für den Beton sind erforderlich.
- Es dürfen nur Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620 verwendet werden.
- Wenn gleichzeitig XF, dann auch Anforderungen aus dieser Expositionsklasse berücksichtigen. Der mittlere Luftgehalt im Frischbeton unmittelbar vor dem Einbau muss bei einem Größtkorn der Gesteinskörnung von 8 mm ≥ 5,5 Vol.-%  
16 mm ≥ 4,5 Vol.-%  
32 mm ≥ 4,0 Vol.-%  
63 mm ≥ 3,5 Vol.-% betragen.
- Einzelwerte dürfen diese Anforderungen um höchstens 0,5 Vol.-% unterschreiten. Die Fußnote 15) darf in diesem Fall nicht angewendet werden.
- Flügelglätten des Betons
- Einstreuen von Hartstoffen nach DIN 1100
- Bei langsam und sehr langsam erhärtenden Betonen (r < 0,30) eine Festigkeitsklasse niedriger. Die Druckfestigkeit zur Einteilung in die geforderte Druckfestigkeitsklasse nach 4.3.1 der DIN 1045-2 ist auch in diesem Fall an Probekörpern im Alter von 28 Tagen zu bestimmen. Die Fußnote 12) darf in diesem Fall nicht angewendet werden.
- Erdfeuchter Beton mit w/z ≤ 0,40 darf ohne Luftporen hergestellt werden.
- Tabelle 2 aus DIN 1045-2, Ausgabe 2023/08.
- Für die Sicherstellung der Dauerhaftigkeit ist ein Instandhaltungsplan im Sinne der Technischen Regel (DIBt) „Instandhaltung von Betonbauwerken (TR Instandhaltung)“ aufzustellen.

## Betonkorrosion infolge Alkali-Kieselsäure-Reaktion Feuchteklassen nach DIN 1045-2

Es ist notwendig, dass der Planer zusätzlich zu den Expositionsklassen die Feuchteklasse für jedes Bauteil mit angibt. Dies resultiert aus der Übernahme der Regelungen der Alkali-Richtlinie. Dabei müssen alle Gesteinskörnungen den entsprechenden Alkaliempfindlichkeitsklassen der DAfStb-Richtlinie zugeordnet werden. Diese Regelung dient dazu schädigende Alkali-Kieselsäure-Reaktionen zu vermeiden. DIN CEN/TR 16349 enthält eine Übersicht zur Festlegung von Anforderungen zur Minimierung des Risikos einer schädigenden Alkali-Kieselsäure-Reaktion. Die Alkaliempfindlichkeitsklasse nach der Alkali-Richtlinie des DAfStb der Gesteinskörnung nach DIN EN 12620 kann der Leistungserklärung entnommen werden. Ist für die Gesteinskörnung keine Alkaliempfindlichkeitsklasse angegeben, ist E III-S anzunehmen. Für die Herstellung von Beton der Druckfestigkeitsklassen ab C70/85 oder Leichtbeton ab LC55/60 sind hinsichtlich Alkalireaktion Gesteinskörnungen zu verwenden, für die keine vorbeugenden Maßnahmen erforderlich sind. (BK-E)

## Die Einteilung der Feuchteklasse lautet wie folgt:

### Betonkorrosion infolge Alkali-Kieselsäure-Reaktion

Anhand der zu erwartenden Umgebungsbedingungen ist der Beton einer der vier nachfolgenden Feuchteklassen zuzuordnen.

| Klasse | Beschreibung der Umgebung nach DIN 1045-3   | Beispiele für die Zuordnung von Expositionsklassen   |
|--------|---|--|
| WO     | Beton, der nach normaler Nachbehandlung nicht längere Zeit feucht und nach dem Austrocknen während der Nutzung weitgehend trocken bleibt. | - Innenbauteile des Hochbaus;<br>- Bauteile, auf die Außenluft, nicht jedoch z.B. Niederschläge, Oberflächenwasser, Bodenfeuchte einwirken können und/oder die nicht ständig einer relativen Luftfeuchte von mehr als 80 % ausgesetzt werden.  |
| WF     | Beton, der während der Nutzung häufig oder längere Zeit feucht ist.   | - Ungeschützte Außenbauteile, die z.B. Niederschlägen, Oberflächenwasser oder Bodenfeuchte ausgesetzt sind;<br>- Innenbauteile des Hochbaus für Feuchträume, wie z.B. Hallenbäder, Wäschereien und andere gewerbliche Feuchträume, in denen die relative Luftfeuchte überwiegend höher als 80 % ist;<br>- Bauteile mit häufiger Taupunktunterschreitung, wie z.B. Schornsteine, Wärmeüberträgerstationen, Filterkammern und Viehställe;<br>- Massige Bauteile gemäß DAfStb-Richtlinie „Massige Bauteile aus Beton“, deren kleinste Abmessung 0,80 m überschreitet (unabhängig vom Feuchtezutritt). |
| WA     | Beton, der zusätzlich zu der Beanspruchung nach Klasse WF häufiger oder langzeitiger Alkalizufuhr von außen ausgesetzt wird.              | - Bauteile mit Meerwassereinwirkung;<br>- Bauteile unter Tausalzeinwirkung ohne zusätzliche hohe dynamische Beanspruchung (z.B. Spritzwasserbereiche, Fahr- und Stellflächen in Parkhäusern);<br>- Bauteile von Industriebauten und landwirtschaftlichen Bauwerken (z.B. Güllebehälter) mit Alkalisalzeinwirkung.<br>- Betonfahrbahnen der Belastungsklassen Bk0,3 und Bk1,0 nach RSt0; TL Beton-StB.  |
| WS     | Beton, der hoher dynamischer Beanspruchung und direktem Alkalieintrag ausgesetzt ist.   | - Bauteile unter Tausalzeinwirkung mit zusätzlicher hoher dynamischer Beanspruchung (z.B. Betonfahrbahnen) der Belastungsklassen Bk1,8 bis Bk100 (Belastungsklasse nach RSt0; TL Beton-StB, ARS).  |

### Die Feuchteklasse WS ist in der DIN 1045-2 nicht enthalten und wird nur für hochbeanspruchte Betonfahrbahnen nach TL Beton-StB und den aktuellen ARS angewendet.

| Klasse | Beschreibung der Umgebung   | Beispiele für die Zuordnung von Expositionsklassen  |
|--------|---|---|
| WS     | Beton, der hoher dynamischer Beanspruchung und direktem Alkalieintrag ausgesetzt ist. | - Bauteile unter Tausalzeinwirkung mit zusätzlicher hoher dynamischer Beanspruchung (z.B. Betonfahrbahnen) der Belastungsklassen Bk1,8 bis Bk100 (Belastungsklasse nach RSt0; TL Beton-StB, ARS). |

Bei der Betonbestellung muss die Feuchteklasse zusammen mit den anderen Expositionsklassen an den Betonhersteller weitergegeben werden. Der Betonhersteller stellt durch die Auswahl der Gesteinskörnung und des Zementes sicher, dass die Anforderungen der Alkali-Richtlinie eingehalten werden. Auf dem Lieferschein werden die Expositionsklassen und die Feuchteklasse mit ausgewiesen.

## Druckfestigkeitsklassen

### Die Klassifizierung dieser Eigenschaft ergibt sich aus

- der **Betonart** Normal-, Schwerbeton „C“ (concrete) oder Leichtbeton „LC“ (light weight concrete), dem
- Mindestwert der charakteristischen Zylinderdruckfestigkeit** und dem
- Mindestwerten der charakteristischen Würfeldruckfestigkeit** nach 28 Tagen.

Der erste Wert ist die **Zylinderdruckfestigkeit** = **f<sub>ck, cyl.</sub>** (Zyl.: l = 300 mm; ø = 150 mm),

Der zweite Wert ist die **Würfeldruckfestigkeit** = **f<sub>ck, cube</sub>** (Würfel: Kantenlänge = 150 mm).

## Druckfestigkeitsklassen nach DIN EN 1045-2

### Normal- und Schwerbeton

| Druckfestigkeitsklasse | f <sub>ck, cyl.</sub> <sup>1)</sup> [N/mm <sup>2</sup> ] | f <sub>ck, cube</sub> <sup>1)</sup> [N/mm <sup>2</sup> ] |
|------------------------|--|--|
| C8/10                  | 8  | 10   |
| C12/15                 | 12   | 15   |
| C16/20                 | 16   | 20   |
| C20/25                 | 20   | 25   |
| C25/30                 | 25   | 30   |
| C30/37                 | 30   | 37   |
| C35/45                 | 35   | 45   |
| C40/50                 | 40   | 50   |
| C45/55                 | 45   | 55   |
| C50/60                 | 50   | 60   |
| C55/67                 | 55   | 67   |
| C60/75                 | 60   | 75   |
| C70/85 <sup>3)</sup>   | 70   | 85   |
| C80/95 <sup>3)</sup>   | 80   | 95   |
| C90/105 <sup>3)</sup>  | 90   | 105  |
| C100/115 <sup>3)</sup> | 100  | 115  |

Wenn nichts anderes vereinbart ist, ist die Druckfestigkeit an Probewürfeln mit 150 mm Kantenlänge und unter den Lagerungsbedingungen nach DIN EN 12390-2, Anhang NA.2 zu bestimmen.

Normalbeton bis einschließlich C50/60:  
**f<sub>ck, cube</sub>(1) = 0,92 x f<sub>ck, cyl</sub>(2)**

Die Druckfestigkeit f<sub>ck, cube</sub> bei Lagerung nach dem Referenzverfahren von EN 12390-2 darf aus der Druckfestigkeit f<sub>ck, cyl</sub> bei Lagerung nach DIN EN 12390-2, Anhang NA.2 nach folgender Beziehung berechnet werden:

Normalbeton ab C55/67:  
**f<sub>ck, cube</sub>(1) = 0,95 x f<sub>ck, cyl</sub>(2)**

<sup>1)</sup> Lagerung 28 Tage unter Wasser.

<sup>2)</sup> Lagerung 7 Tage unter Wasser, 21 Tage an der Luft (20 °C, 65 % relative Luftfeuchtigkeit).

## Grenzwerte für die Expositionsklassen bei chemischem Angriff durch natürliche Böden und Grundwasser

Die folgende Klasseneinteilung chemisch angreifender Umgebungen gilt für natürliche Böden und Grundwasser mit einer Wasser- bzw. Bodentemperatur zwischen 5 °C und 25 °C und einer Fließgeschwindigkeit des Wassers, die klein genug ist, um näherungsweise hydrostatische Bedingungen anzunehmen.

Der schärfste Wert für jedes einzelne chemische Merkmal bestimmt die Klasse. Wenn zwei oder mehrere angreifende Merkmale zu derselben Klasse führen, muss die Umgebung der nächsthöheren Klasse zugeordnet werden, sofern nicht in einer speziellen Studie für diesen Fall nachgewiesen wird, dass dies nicht erforderlich ist. Auf eine spezielle ANMERKUNG: Hinsichtlich Vorkommen und Wirkungsweise von chemisch angreifenden Böden und Grundwasser siehe DIN 4030-1.

| Chemisches Merkmal  | Referenzprüfverfahren      | XA1 (schwach)                   | XA2 (mäßig)                      | XA3 (stark)              |
|---|----------------------------|---------------------------------|----------------------------------|--------------------------|
| ■ <b>Grundwasser</b>  |                            |                                 |                                  |                          |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l <sup>1)</sup>            | DIN EN 196-2               | ≥ 200 und ≤ 600                 | > 600 und ≤ 3000                 | > 3000 und ≤ 6000        |
| pH-Wert   | ISO 4316                   | ≤ 6,5 und ≥ 5,5                 | < 5,5 und ≥ 4,5                  | < 4,5 und ≥ 4,0          |
| CO <sub>2</sub> mg/l angreifend                             | DIN EN 13577               | ≥ 15 und ≤ 40                   | > 40 und ≤ 100                   | > 100 bis zur Sättigung  |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg/l <sup>2)</sup>             | ISO 7150-1 oder ISO 7150-2 | ≥ 15 und ≤ 30                   | > 30 und ≤ 60                    | > 60 und ≤ 100           |
| Mg <sup>2+</sup> mg/l                                       | ISO 7980                   | ≥ 300 und ≤ 1000                | > 1000 und ≤ 3000                | > 3000 bis zur Sättigung |
| ■ <b>Boden</b>  |                            |                                 |                                  |                          |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/kg <sup>3)</sup> insgesamt | DIN EN 196-2 <sup>4)</sup> | ≥ 2000 und ≤ 3000 <sup>5)</sup> | > 3000 <sup>5)</sup> und ≤ 12000 | > 12000 und ≤ 24000      |
| Säuregrad nach Baumann-Gully ml/kg                          | DIN EN 16502               | > 200                           | in der Praxis nicht anzutreffen  |                          |

<sup>1)</sup> Falls der Sulfatgehalt des Grundwassers > 600 mg/l beträgt, ist dies im Rahmen der Festlegung des Betons anzugeben.

<sup>2)</sup> Güte kann, unabhängig vom NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-Gehalt, in die Expositionsklasse XA1 eingestuft werden.

<sup>3)</sup> Tonböden mit einer Durchlässigkeit von weniger als 10<sup>-6</sup> m/s dürfen in eine niedrigere Klasse eingestuft werden.

<sup>4)</sup> Das Prüfverfahren beschreibt die Auslaugung von SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> durch Salzsäure; Wasserauslaugung darf stattdessen angewandt werden, wenn am Ort der Verwendung des Betons Erfahrung hierfür vorhanden ist.

<sup>5)</sup> Falls die Gefahr der Anhäufung von Sulfationen im Beton – zurückzuführen auf wechselndes Trocknen und Durchfeuchten oder kapillares Saugen – besteht, ist der Grenzwert von 3000 mg/kg auf 2000 mg/kg zu vermindern.

## Sulfatwiderstand von Beton

Bei Sulfatgehalten über 600 mg SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> je Liter Wasser oder über 3 000 mg SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> je kg lufttrockenen Bodens ist ein Zement mit hohem Sulfatwiderstand (SR-Zement) zu verwenden.

Anstelle von Zement mit hohem Sulfatwiderstand (SR-Zement) darf eine Mischung aus Zement und Flugasche eingesetzt werden, wenn folgende Bedingungen erfüllt werden:

- Sulfatgehalt des angreifenden Wassers SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> ≤ 1.500 mg/l
- Zementart:
  - CEM I,
  - CEM II/A-S, CEM II/B-S, CEM II/A-V, CEM II/A-T, CEM II/A-L, CEM II/A-M mit den Hauptbestandteilen S, V, T, LL und CEM II/B-M (S-T) mindestens 30 % Masseanteil,
  - CEM II/A-T, CEM II/B-T und CEM III/A mindestens 10 % Masseanteil sein.
- Sulfatgehalt des angreifenden Wassers SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> ≤ 1.500 mg/l
- Zementart:
  - CEM I,
  - CEM II/A-S, CEM II/B-S, CEM II/A-V, CEM II/A-T, CEM II/B-T, CEM II/A-L, CEM II/A-M mit den Hauptbestandteilen S, V, T, LL, CEM II/B-M (S-LL, T-LL, V-LL)<sup>3)</sup>, CEM II/B-M (S-T), CEM II/C-M (S-LL)<sup>4)</sup> oder
  - CEM III/A

<sup>3)</sup> Der zulässige Kalksteingehalt der Zemente (S-LL), (V-LL) und (T-LL) ist auf 20 % Masseanteil begrenzt.

<sup>4)</sup> Der zulässige Kalksteingehalt des Zementes ist in DIN EN 197-5 auf 20 % Masseanteil begrenzt.