

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Paper, Published Version

Westendarp, Andreas

Neue Normen und Regelwerke für die Ausführung von Betonbauwerken

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/105477>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

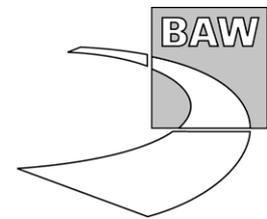
Westendarp, Andreas (2005): Neue Normen und Regelwerke für die Ausführung von Betonbauwerken. In: Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.): Ausführung von Wasserbauwerken. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. S. 18-32.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.





Dipl.-Ing. A. Westendarp, Bundesanstalt für Wasserbau Karlsruhe
Neue Normen und Regelwerke für die Ausführung von Betonbauwerken

1. Allgemeines

Seit dem 01.01.2005 muss die Planung und Ausführung von Wasserbauwerken aus Beton und Stahlbeton im Geschäftsbereich der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) nach der neuen Normengeneration erfolgen. Nachfolgend soll die aktuelle Regelwerksituation in diesem Bereich unter Berücksichtigung aktueller Änderungen und Ergänzungen vorgestellt und auf besondere wasserbauspezifische Regelungen in den Bereichen Baustoffe und Bauausführung eingegangen werden.

2. Regelwerksituation

Die für den Neubau von Wasserbauwerken wesentlichen Regelwerke sind in Tabelle 1 aufgeführt. Zu DIN 1045-2 und DIN 1045-3 sind zum 01.01.2005 A1-Änderungen eingeführt worden. Die DAfStb-Richtlinie "Massige Bauteile aus Beton", auf die in der ZTV-W LB 215 bereits Bezug genommen wird, wurde mittlerweile von den zuständigen Gremien verabschiedet, die Veröffentlichung soll noch im Sommer diesen Jahres erfolgen. Die ZTV-W LB 215 ist analog zu den Teilen 1 bis 3 der DIN 1045 gegliedert in die Bereiche Bemessung und Konstruktion, Beton und Bauausführung. Sowohl die ZTV als auch die in Bezug genommenen BAW-Merkblätter "Früher Zwang" und "Frostprüfung" sind im Internetauftritt der BAW (www.baw.de) als pdf-Dateien abrufbar.

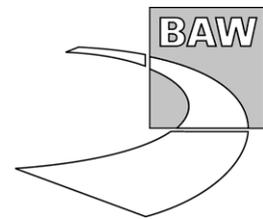
Tabelle 1: Wesentliche Regelwerke für den Neubau von Wasserbauwerken

Bemessung, Konstruktion	Beton	Bauausführung
	DIN EN 206-1	
DIN 1045-1	DIN 1045-2 + A1	DIN 1045-3 + A1
DAfStb-RL "Massige Bauteile aus Beton" ...		
ZTV-W LB 215-1	ZTV-W LB 215-2	ZTV-W LB 215-3
BAW-Merkblätter "Früher Zwang" und "Frostprüfung"		

3. A1-Änderungen zu DIN 1045, Richtlinie "Massige Bauteile aus Beton"

Mit DIN EN 206-1 und dem nationalen Anwendungsdokument DIN 1045-2 sind Regelungen eingeführt worden, die zu einer Verbesserung der Dauerhaftigkeit von Betonbauteilen führen sollen. Unter diesem Aspekt sind für bestimmte Expositionen insbesondere

- der höchstzulässige Wasser/Zement-Wert (w/z-Wert) verringert
- die Mindestzementgehalte erhöht worden.

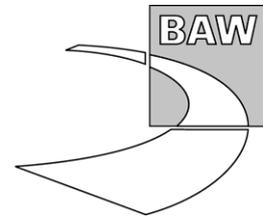


Die Druckfestigkeitsklasse wird in DIN 1045-2 in allererster Linie als Kontrollinstrument für die Einhaltung des für die Dauerhaftigkeitseigenschaften wesentlichen w/z -Wertes herangezogen. In bestimmten Expositionsklassen (XD2, XS2, XF2 ohne LP, XF3 ohne LP, XA2) ist die Mindestanforderung an die Druckfestigkeit mit C35/45 allerdings so hoch gewählt worden, dass sie mit dem vorgegebenen höchstzulässigen w/z -Wert von 0,50 nicht mit allen Bindemitteln zielsicher erreicht werden kann. Hieraus resultiert, dass die eigentlich nur als Kontrollinstrument vorgesehene Mindestdruckfestigkeitsklasse in diesen Fällen bestimmend für die Betonzusammensetzung wird. Für langsam erhärtende Betone müssten w/z -Werte eingehalten werden, die unter Dauerhaftigkeitsaspekten gar nicht erforderlich sind. Nach kontroverser Diskussion im für die Erarbeitung der DIN 1045-2 zuständigen NABau-Arbeitsausschuss wurde in die A1-Änderung zur DIN 1045-2 ein Kompromißvorschlag der BAW aufgenommen, wonach in den o.g. Expositionsklassen für langsam erhärtende Betone die Mindestdruckfestigkeitsklasse um eine Festigkeitsklasse verringert werden kann. Als Anwendungskriterium für diese Regelung wird die Festigkeitsentwicklung r , also das Verhältnis der Festigkeiten im Alter von 2 und 28 Tagen herangezogen.

Bei massigen Bauteilen muss neben einer hinreichenden Dauerhaftigkeit auch der Minimierung von Zwangsspannungen infolge Hydratationswärme besondere Beachtung geschenkt werden. Da die jeweiligen Anforderungen an Ausgangsstoffe und Betonzusammensetzung teilweise konträr sind, gilt es hier, einen unter beiden Aspekten akzeptablen Kompromiß zu finden. Als typisches Beispiel für diese Optimierungsaufgabe kann die massige, intensiv durch Frost und mechanischen Angriff beanspruchte Schleusenammerwand genannt werden. Die im Vergleich zur DIN 1045 (1988) strengeren Anforderungen der DIN 1045-2 an w/z -Werte, Zementgehalte und Festigkeitsklassen führen in bestimmten Expositionsklassen zu Betonen, die für massige Bauteile unter technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten nicht akzeptabel sind. Die BAW hat diese Problematik, die nicht nur für den Wasserbau, sondern für massige Bauteile allgemein von Relevanz ist, aufgezeigt. Der für die Erarbeitung der DIN 1045-2 verantwortliche NABau-Arbeitsausschuss hat daraufhin Anfang 2004 die Erarbeitung einer eigenen DAfStb-Richtlinie "Massige Bauteile aus Beton" beschlossen, die Obmannschaft des entsprechenden Unterausschusses wurde der BAW übertragen..

Als wesentliche Inhalte dieser Richtlinie sind zu nennen:

- Regelungen zur Mindestbewehrung
- Öffnung für ein von 28 Tagen abweichendes Nachweisalter für die Druckfestigkeitsklasse (56 oder 91 d)
- Modifizierte Tabellen F.2.1 und F.2.2 mit Absenkungen bei Mindestdruckfestigkeitsklassen und Mindestzementgehalten (siehe Anlage 1)
- Forderung nach einem Qualitätssicherungsplan



4. ZTV-W LB 215

Seitens des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (BMVBW) werden für den Neubau von Wasserbauwerken bereits seit 1982 zusätzliche, die Betonnormung ergänzende technische Regelungen in Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen – Wasserbau (ZTV-W LB 215) vereinbart. Die Notwendigkeit derartiger zusätzlicher Regelungen ergibt sich, was Beton und Bauausführung betrifft, insbesondere aus

- den besonderen wasserbauspezifischen Beanspruchungen (z.B. Frostangriff mit hohem Sättigungsgrad und hoher Anzahl von Frost-Tau-Wechseln; mechanische Beanspruchungen aus Geschiebetransport, Eisgang oder Schiffsanfahrt),
- langen Nutzungsdauern (mindestens 100 Jahre),
- hohen Anforderungen an die Verfügbarkeit / Ausfallsicherheit der Bauwerke,
- dem vielfach notwendigen Kompromiss zwischen Dauerhaftigkeit und Hydratationswärmebegrenzung zur Minimierung von Zwangsspannungen.

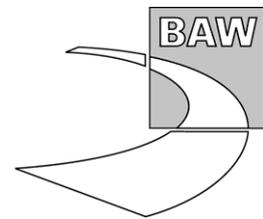
Die bis zum 31.12.2004 noch gültige ZTV-W LB 215 (1998) stellte insbesondere im Hinblick auf die Dauerhaftigkeit (Betonzusammensetzung, Betondeckung) z.T. deutlich schärfere Anforderungen als die Bezugsnorm DIN 1045:1988. Die neue Betonnormung (DIN EN 206-1, DIN 1045:2001) setzt im Vergleich zur bisherigen DIN 1045:1988 gerade im Bereich Dauerhaftigkeit Schwerpunkte. Sie enthält diesbezüglich Regelungen, die denen der bis Dezember 2004 gültigen Normungssituation im Wasserbau entsprechen (z.B. bei bestimmten Anforderungen an die Zusammensetzung von Beton bei Frostangriff) oder diese sogar übertreffen (u.a. bei Betonen mit Chloridbeaufschlagung aus Meerwasser). Dennoch werden auch mit Einführung der neuen Betonnormung aus den eingangs genannten Gründen zusätzliche wasserbauspezifische Regelungen als Ergänzung zur Betonnormung nicht entbehrlich. Die wesentlichen Regelungen der zum 01.01.2005 zusammen mit der neuen Betonnormung im Geschäftsbereich der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes eingeführten neuen ZTV-W LB 215 (2004) zu Beton und Bauausführung sollen nachfolgend vorgestellt werden.

Expositionsklassen

Die ZTV-W LB 215 beinhaltet eine Tabelle 2.1 "Expositionsklassen", deren linke und mittlere Spalte analog zu Tabelle 1 aus DIN 1045-2 aufgebaut sind (siehe Anlage 2). In der rechten Spalte werden wasserbauspezifische Beispiele für die Zuordnung von Bauteilen zu den jeweiligen Expositionsklassen aufgeführt. Die Zuordnung soll für die überwiegende Beanspruchung während der Nutzungsdauer erfolgen. Auf diese Weise soll sichergestellt werden, dass lediglich temporär vorhandene Expositionen (z.B. Frostbeanspruchung XF3 der Schleusenkammersohle während der Bauzeit oder während einer mehrwöchigen Trockenlegung), soweit vertretbar, nicht zu unangemessenen Anforderungen an die Betonzusammensetzung führen.

Grundanforderungen an die Ausgangsstoffe

Angesichts der Vielfalt der heute verfügbaren Zemente erfolgt eine Beschränkung auf solche Zemente, mit denen über lange Jahre hinweg im Wasserbau positive Erfahrungen gesamt-



melt werden konnten (z.B. CEM I, CEM II/B-S ("Eisenportlandzement"), CEM III) oder hinsichtlich deren Eignung umfassende Grundsatzuntersuchungen vorliegen (z.B. CEM II/A-LL). Um auch mit anderen Zementen Erfahrungen sammeln zu können, ist deren Verwendung mit Zustimmung des Auftraggebers in der Regel möglich.

Bei den Gesteinskörnungen wird versucht, über ergänzende Regelungen beispielsweise zum Anteil leichtgewichtiger organischer Verunreinigungen, zur Kornform oder zum Widerstand gegen Zertrümmerung das bisher im Wasserbau übliche Anforderungsniveau einzuhalten. Bei Verwendung von Gesteinskörnungen größer als 8 mm sind mindestens drei getrennte Korngruppen zuzugeben. Bei massigen Bauteilen (Abmessung > 0,80 m) ist im Regelfall eine Gesteinskörnung mit $D = 32$ mm zu verwenden.

Anforderungen an den Beton

Bei Beton für massige Bauteile (Abmessung > 0,80 m) soll über betontechnologische Maßnahmen versucht werden, Zwangsspannungen infolge Hydratationswärme möglichst gering zu halten. Hierzu sind folgende Maßnahmen vorgesehen:

1. Begrenzung der Frischbetontemperatur an der Übergabestelle auf maximal +25 °C
2. Einhaltung bestimmter Grenzwerte hinsichtlich der adiabatischen Temperaturerhöhung des Betons sowie der Summe aus Frischbetontemperatur und adiabatischer Temperaturerhöhung nach 7 Tagen
3. Begrenzung der Festigkeitsentwicklung des Betons nach oben

Die Hydratationswärmeentwicklung des Betons ist in erster Linie abhängig von Zementart und Zementgehalt. Da gemäß DIN 1045-2, Tabellen F.2.1 und F.2.2, je nach Expositionsklasse unterschiedliche Mindestzementgehalte einzuhalten sind, wird in der ZTV-W LB 215 die Begrenzung der adiabatischen Temperaturerhöhung expositionsklassenabhängig geregelt. Tabelle 2 (Tabelle 2.2 der ZTV) enthält entsprechende Anforderungen für im Wasserbau häufig vorkommende Expositionsklassenkombinationen. Mit der Begrenzung der Betondruckfestigkeit nach oben soll indirekt eine Begrenzung der Betonzugfestigkeit im frühen Alter erzielt werden. Abweichungen von den Kriterien gemäß Tabelle 2 bzw. Grenzwerte für Bauteile mit anderen Expositionen sind in der Baubeschreibung zu vereinbaren.

Die adiabatische Temperaturerhöhung ist im Rahmen der Eignungsprüfung an großformatigen Betonblöcken (ca. 2,0 x 2,0 x 2,0 m) zu bestimmen, eine entsprechende Verfahrensweisung findet sich in Anlage 1 der ZTV. Alternativ hierzu sind in bestimmten Fällen versuchstechnische (Betonkalorimeter) oder rechnerische Ermittlungen der adiabatischen Temperaturerhöhung des Betons zulässig.

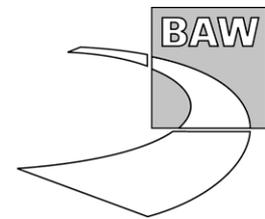


Tabelle 2: Anforderungen an Beton für massige Bauteile (Abmessung > 0,80 m) (ZTV-W LB 215, Tabelle 2.2)

1	2	3	4	5
Beton mit Expositionsklassen	Beispiel (informativ)	$\Delta T_{\text{qadiab},7d}$	$\Delta T_{\text{qadiab},7d} + T_{\text{Beton}}$	$f_{\text{cm},28d}^{1)}$
	---	K	°C	N/mm ²
XC1 / XC2	Schleusensohle	≤ 31	≤ 53	≤ 41
XC1 / XC2 + XA1	Schleusensohle in chemisch schwach angreifender Umgebung	≤ 36	≤ 56	≤ 46
XC 1...4 + XF3 (+ XM1)	Schleusenkammerwand zwischen UW und OW	≤ 41	≤ 61	≤ 46
XC 1...4 + XF4 + XS3 + XA2 (+ XM1)	Vertikale Flächen im Wasserwechselbereich von Meerwasser	≤ 43	≤ 63	≤ 46
XC 1...4 + XF4 + XD3 (+ XM1)	Horizontale Flächen mit Tausalzbeanspruchung	≤ 43	≤ 63	≤ 46

¹⁾ Hinsichtlich des Zeitpunktes für den Nachweis der Festigkeitsklasse siehe Abschnitt 5.5

Abweichend von DIN 1045-2, Anhang F, ist für Wasserbauwerke im Regelfall von einer beabsichtigten Nutzungsdauer von mindestens 100 statt von mindestens 50 Jahren auszugehen.

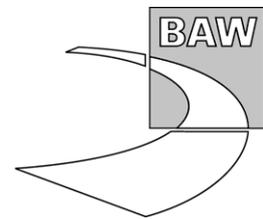
Bei Beton für Wasserbauwerke darf ein w/z-Wert von 0,65 nur mit Zustimmung des Auftraggebers überschritten werden.

Alle Betone für Wasserbauwerke müssen wie bisher einen hohen Wassereindringwiderstand (Wassereindringtiefe ≤ 30 mm) aufweisen, die entsprechenden Normanforderungen an die Betonzusammensetzung sind einzuhalten.

Für die Expositionsklassen XD3 und XS3 soll der positive Einfluss von hüttensandhaltigen Zementen und/oder von Zusatzstoffen wie Flugasche auf den Chloriddiffusionswiderstand genutzt werden. Deshalb sind für diese Expositionsklassen

- Betone unter Verwendung hüttensandhaltiger Zemente (Hüttensand-Masseanteil ≥ 21 %) oder
- Betone unter Verwendung von Flugasche (Mindestflugaschegehalt 50 kg/m³) zu verwenden.

Der Nachweis der Druckfestigkeitsklasse des Betons nach DIN 1045-2 muss im Alter von 28 Tagen erfolgen. Bei Betonen, für die die DAfStb-Richtlinie "Massige Bauteile aus Beton" angewendet werden kann, darf der Nachweis auch im Alter von 56 Tagen erfolgen. Ein Nachweisalter von 91 Tagen, wie gemäß DAfStb-Richtlinie für massige Bauteile zulässig, darf nach ZTV nur mit Zustimmung des Auftraggebers erfolgen. Sofern nicht anders vereinbart,



dürfen alle weiteren Festbetoneigenschaften (z.B. Wassereindringwiderstand, Frostwiderstand (bei XF3) und Frost-Tausalz-Widerstand (bei XF4)) abweichend von 28 Tagen zum gleichen Zeitpunkt wie die Druckfestigkeit für den Nachweis der Druckfestigkeitsklasse nachgewiesen werden.

Festlegung des Betons

Im Rahmen der ZTV-W LB 215 ist im Regelfall Beton nach Eigenschaften gemäß DIN EN 206-1 zu verwenden. Der Einsatz von Beton nach Zusammensetzung oder Standardbeton bedarf der Zustimmung des Auftraggebers (des Bauherrn).

Eignungsprüfungen

Die bislang im Wasserbau gestellten Anforderungen an eine Eignungsprüfung unter Beachtung der tatsächlichen Verhältnisse der Baustelle sowie insbesondere unter Einbeziehung spezifischer Eignungsnachweise (Performance-Prüfungen) werden durch die in der neuen Betonnorm vorgesehene Erstprüfung nicht abgedeckt. Über die Regelungen der DIN EN 206-1 / DIN 1045-2 hinaus werden daher in der neuen ZTV-W 215 baumaßnahmenspezifische Eignungsprüfungen gefordert, die vom Auftragnehmer (der bauausführenden Firma) vor der Bauausführung durchzuführen sind. Damit ist nachzuweisen, dass der Beton mit den in Aussicht genommenen Ausgangsstoffen und den vorgesehenen Frischbetoneigenschaften unter den Verhältnissen der betreffenden Baustelle zuverlässig verarbeitet werden kann, und dass er die geforderten Festbetoneigenschaften sicher erreicht. Die Erstprüfung kann als Bestandteil dieser Eignungsprüfung verwendet werden.

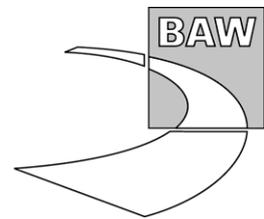
Bei der Durchführung der Eignungsprüfungen sind alle für den Beton relevanten Einflüsse (klimatische Randbedingungen, Transport, Förderung, Verarbeitung, Nachbehandlung, etc.) zu berücksichtigen. Die vorgesehenen Ausgangsstoffe und Betonrezepturen, der Betontransport sowie die geplante Bauausführung sind mit dem Auftraggeber abzustimmen.

Die Eignungsprüfung am Beton muss mindestens die nachfolgend aufgeführten Standardprüfungen umfassen:

- visuelle Bewertung der Frischbetoneigenschaften (Wasserabsondern, Zusammenhaltevermögen, Fließverhalten, etc.)
- Frischbetontemperatur
- Konsistenz des Frischbetons
- Druckfestigkeit
- Spaltzugfestigkeit
- Wassereindringwiderstand bei $w/z > 0,50$

Für bestimmte, nachfolgend aufgeführte Betone und Expositionsklassen sind Sonderprüfungen erforderlich:

- Verzögerter Beton: Ansteifverhalten
- LP-Beton: Luftgehalt im Frischbeton am Einbauort
- Massige Bauteile: Festigkeitsentwicklung, adiabatische Temperaturerhöhung
- Frost (XF3): Frostwiderstand nach BAW-Merkblatt "Frostprüfung"
- Frost-Taumittel (XF4): Frost-Tausalz-Widerstand nach BAW-Merkblatt "Frostprüfung"



Die Ergebnisse der Eignungsprüfungen müssen dem Auftraggeber so rechtzeitig vor dem ersten Einbau der jeweiligen Betonsorte vorliegen, dass dem Auftraggeber ausreichend Zeit für die Durchführung von Kontrollprüfungen zur Bestätigung der Eignungsprüfungen bleibt.

Die Aufnahme der Betonarbeiten setzt erfolgreich absolvierte Eignungsprüfungen und die Freigabe des Auftraggebers, ggf. nach vorherigen Kontrollprüfungen, voraus. Die vorgesehenen Ausgangsstoffe und Betonrezepturen sowie die geplante Bauausführung werden nach Genehmigung durch den Auftraggeber Vertragsbestandteil. Bei Änderung der Ausgangsstoffe sind neue Eignungsprüfungen durchzuführen.

Die Möglichkeit, bei einer neuen Betonzusammensetzung gänzlich auf die Erstprüfung zu verzichten, wenn für einen ähnlichen Beton oder eine ähnliche Betonfamilie Langzeiterfahrungen vorhandenen sind (DIN EN 206-1, Anhang A), ist bei Beton für Verkehrswasserbauwerke nicht zulässig, weil die Anwendungsvoraussetzungen hier mit dem Begriff "Langzeiterfahrungen" nur unzureichend präzisiert werden.

Lieferung von Frischbeton

Um einen Soll-Ist-Vergleich mit der in der Eignungsprüfung festgelegten Rezeptur zu ermöglichen, muss der Lieferschein für Transportbeton gemäß ZTV-W LB 215 zusätzlich zu den gemäß Norm geforderten Angaben die Ist-Mengen aller Betonausgangsstoffe enthalten. Diese Informationen sind auch für Baustellenbeton und Betonfertigteile (Versandschein, der als Dokumentation über den verwendeten Beton die Angaben des Lieferscheins enthält) dem Auftraggeber zur Verfügung zu stellen.

Die Konsistenz darf bei Lieferung ausschließlich mit Fließmitteln auf den festgelegten Wert gebracht werden. Eine nachträgliche Wasserzugabe ist auch in besonderen Fällen nicht erlaubt.

Konformitätskontrolle und Konformitätskriterien

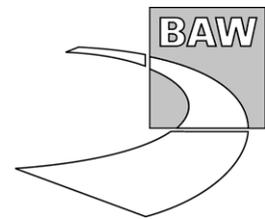
Das Prinzip der Betonfamilien unter den in DIN EN 206-1 / DIN 1045-2, 8.2.1.1, genannten Voraussetzungen darf nicht angewendet werden. Das bedeutet, dass jeder Beton separat zu überwachen und die Konformität für jeden Beton separat nachzuweisen ist.

Bei den Konformitätskriterien für andere Eigenschaften als die Festigkeit (DIN EN 206-1, Tabelle 17) wurde bei den Grenzabweichungen im Hinblick auf die Hydratationswärmeproblematik eine Obergrenze für den Zielwert des Zementgehaltes (+10 kg/m³) festgelegt.

Falls sich die Nichtkonformität mit der Festlegung bestätigt, hat der Auftragnehmer (die bauausführende Firma) den Auftraggeber hierüber unverzüglich zu informieren.

Produktionskontrolle

Die neue DIN 1045-2 lässt die Möglichkeit zu, die Frisch- und Festbetoneigenschaften des Betons innerhalb einer gewissen Bandbreite der Zusammensetzung auszusteuern (z.B. Ze-



ment- und Zusatzstoffgehalt $\pm 15 \text{ kg/m}^3$). Bei Beton für Bauwerke nach ZTV-W 215 wird diese Möglichkeit eingeschränkt (Zement- und Zusatzstoffgehalt -5 bis $+10 \text{ kg/m}^3$).

Betonierkonzept, Betonierplan

Spätestens 4 Wochen vor dem ersten Betoneinbau ist dem Auftraggeber ein Betonierkonzept zur Genehmigung vorzulegen. Die mindestens erforderlichen Informationen, die das Betonierkonzept enthalten muss, sind in einer Anlage zur ZTV-W LB 215-3 in Form einer Checkliste zusammengestellt.

Für alle Betoniervorgänge ist ein Betonierplan aufzustellen, der dem Auftraggeber spätestens 48 Stunden vor Herstellung des jeweiligen Betonierabschnittes zur Genehmigung vorzulegen ist. Die mindestens erforderlichen Informationen, welche dieser Plan enthalten muss, sind ebenfalls in einer Anlage zur ZTV-W LB 215-3 in Form einer Checkliste zusammengestellt.

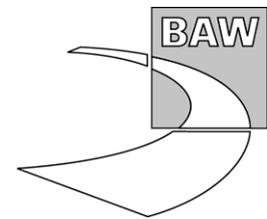
Viele Probleme im Verhältnis zwischen Bauherrn und bauausführender Firma resultieren aus mangelnder oder nicht zeitgerechter Kommunikation. Mit der Vorlage von Betonierkonzept und Betonierplan soll sichergestellt werden, dass der Auftraggeber frühzeitig und umfassend über die Vorstellungen des Auftragnehmers informiert wird und bei differierenden Vorstellungen oder Problemen Zeit für einvernehmliche Lösungsfindungen bleibt.

Anforderungen an den Beton im Bauteil

Der Frischbeton an der Einbaustelle und der erhärtete Beton im Bauteil müssen die Eigenschaften aufweisen, die in Bauvertrag und Eignungsprüfung festgelegt sind. Für die Betontemperatur gilt:

- Für Bauteile mit Abmessung $\leq 0,80 \text{ m}$ darf die Frischbetontemperatur an der Einbaustelle $+30 \text{ }^\circ\text{C}$ nicht überschreiten.
- Für massige Bauteile (Abmessung $> 0,80 \text{ m}$) gilt:
 - Die Frischbetontemperatur an der Einbaustelle darf $+25 \text{ }^\circ\text{C}$ nicht überschreiten, sofern nachfolgende Regelung keine Verschärfung erfordert.
 - Während der ersten 168 Stunden (7 Tage) nach dem Betoneinbau darf die maximale Temperaturerhöhung im Bauteil die in Tabelle 2, Spalte 3, und die maximale Bauteiltemperatur die in Tabelle 2, Spalte 4, aufgeführten Grenzwerte (bzw. entsprechende Regelungen im Bauvertrag für Bauteile mit anderen Expositionsklassen) nicht überschreiten.

Durch diese Forderungen soll verhindert werden, dass der Beton, der aufgrund der Regelungen in Teil 2 der ZTV-W LB 215 bereits ein beschränktes Wärmeentwicklungspotential mit sich bringt, durch die Art der Bauausführung (z.B. Pumpen über lange Strecken durch nicht beschattete Rohre im Sommer, Betonieren an einen vorhergehenden Betonierabschnitt mit noch hoher Wärmeabstrahlung) vermeidbare Temperaturerhöhungen erfährt.



Nachbehandlung und Schutz

Die Ermittlung der Nachbehandlungsdauer gemäß DIN 1045-3, 8.7.4, Abschnitten (2), (3) und (4) ist nicht zulässig. Für die Ermittlung der Nachbehandlungsdauer enthält die ZTV-W LB 215-3 eine Tabelle 3.1 "Mindestdauer der Nachbehandlung", die vergleichbar zu Tabelle 2 aus DIN 1045-3 aufgebaut ist (siehe Tabelle 3). Gegenüber DIN 1045-3 wurde jedoch

- auf eine Unterteilung in Abhängigkeit von der Oberflächentemperatur verzichtet,
- die Dauer der Nachbehandlung an praxisrelevante Erfahrungen im Verkehrswasserbau angepasst,
- eine zusätzliche Zeile für die Dauer des Belassens in der Schalung eingeführt.

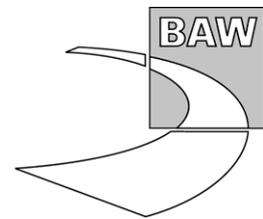
Der Verzicht auf eine Festlegung der Nachbehandlungsdauer in Abhängigkeit von der Oberflächentemperatur erfolgte nicht zuletzt im Hinblick auf die Vermeidung absehbarer Streitfälle auf der Baustelle. Das Belassen in der Schalung kann durch die Art der Ausführung kaum beeinträchtigt werden: Die Wahrscheinlichkeit, dass der Beton gerade in den ersten Tagen tatsächlich eine angemessene Nachbehandlung erfährt, liegt hier nahe 100%. Dies kann von anderen Nachbehandlungsverfahren (mit Ausnahme des Flutens mit Wasser) unter Baustellenbedingungen kaum angenommen werden.

Tabelle 3: Mindestdauer der Nachbehandlung von Beton (ZTV-W LB 215, Tabelle 3.1)

Festigkeitsentwicklung des Betons ^{c)}			
$r = f_{cm2} / f_{cm28}$ ^{d)}			
$r \geq 0,50$ (schnell)	$r \geq 0,30$ (mittel)	$r \geq 0,15$ (langsam)	$r < 0,15$ (sehr langsam)
Mindestdauer der Gesamtnachbehandlung in Tagen ^{a), b), e)}			
4	10	14	21
Davon Mindestdauer des Belassens in der Schalung bei geschalteten Betonoberflächen ^{b), f)}			
2	5	7	10
^{a)} Bei mehr als 5 h Verarbeitbarkeitszeit ist die Nachbehandlungsdauer angemessen zu verlängern. ^{b)} Bei Temperaturen unter 5°C ist die Nachbehandlungsdauer um die Zeit zu verlängern, während der die Temperatur unter 5°C lag. ^{c)} Die Festigkeitsentwicklung des Betons wird durch das Verhältnis der Mittelwerte der Druckfestigkeiten nach 2 Tagen und nach 28 Tagen (ermittelt nach DIN EN 12390) beschrieben, das bei der Eignungsprüfung ermittelt wurde. ^{d)} Zwischenwerte dürfen eingeschaltet werden. ^{e)} Für Betonoberflächen, die einem Verschleiß entsprechend den Expositionsklassen XM2 und XM3 ausgesetzt sind, ist die Mindestdauer der Gesamtnachbehandlung zu verdoppeln. Der Maximalwert der Mindestdauer beträgt 30 Tage. ^{f)} Eine Verkürzung der Schalzeit ist nur bei Verwendung wasserabführender Schalungsbahnen und mit Zustimmung des Auftraggebers zulässig.			

Überwachung

Beton für Verkehrswasserbauwerke ist mindestens in die Überwachungsklasse 2 gemäß DIN 1045-3, Tabelle 3 einzuordnen. Während der Betonierarbeiten muss ein Vertreter des Auftragnehmers mit nachgewiesener erweiterter betontechnologischer Ausbildung (sog. E-Schein) auf der Baustelle anwesend sein.



Maßgebend für den Nachweis der zwischen Bauherr und bauausführender Firma vertraglich vereinbarten Frisch- und Festbetoneigenschaften ist die Einbaustelle bzw. das Bauteil.

Die in DIN 1045-3, Anhang A, aufgeführten Prüfungen für die maßgebenden Frisch- und Festbetoneigenschaften werden durch einen entsprechenden Anhang in der ZTV-W LB 215-3 modifiziert bzw. ergänzt.

Die Frost- und Frost-Tausalz-Beständigkeit spielt für die Dauerhaftigkeit eine entscheidende Rolle. Daher wird auf die Einhaltung der diesbezüglichen Anforderungen an Luftporengehalt und -verteilung besonderen Wert gelegt. Abweichend von DIN 1045-3, Tabelle A.1, Zeilen (2) und (6), gelten für die Häufigkeiten der Prüfungen für die Überwachungsklassen 2 und 3 folgende Regelungen:

- Bei Beton mit Luftporenbildner ist bei der Übergabe des Betons vom Transportbetonhersteller an den Auftragnehmer die Konsistenz und der Luftporengehalt jedes Fahrzeuges zu überprüfen. Ergeben die Prüfungen nicht ausreichende Werte, so darf der Beton dieser Anlieferung nicht eingebaut werden.
- Zum Nachweis der Stabilität der Luftporen ist der Luftporengehalt zusätzlich unmittelbar an der Einbaustelle zu prüfen. Dazu ist bei jedem Betonierabschnitt der Beton der ersten 10 Lieferfahrzeuge, danach der jedes 10. Lieferfahrzeugs zu prüfen.

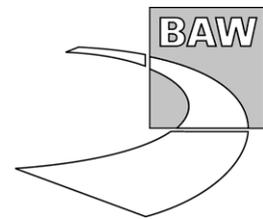
Bei Beton mit den Expositionsclassen XF3 (Variante ohne Anforderungen an den Mindestluftgehalt) oder XF4 muss eine Prüfung gemäß BAW-Merkblatt "Frostprüfung" mindestens einmal während der Bauzeit erfolgen, sofern nicht anders vereinbart. Die Proben sind unmittelbar an der Einbaustelle zu entnehmen.

Falls bei der Annahmepfung von Transportbeton der Nachweis für die Druckfestigkeit gemäß DIN 1045-3, Anhang A.2, Abs. (5), nicht erbracht werden kann, ist auch der Auftraggeber (der Bauherr) unverzüglich zu informieren. Neben der Vermeidung von Folgeschäden soll damit sichergestellt werden, dass zusätzliche Prüfungen an Bauwerksproben bzw. zerstörungsfreie Prüfungen am Bauwerk – welche nach DIN 1045-2 in diesem Fall möglich sind - nur in Absprache mit dem Auftraggeber erfolgen.

5 BAW-Merkblatt "Frostprüfung von Beton"

Die Beanspruchung von Betonbauteilen durch Frost ist im Verkehrswasserbau in vielen Fällen besonders intensiv:

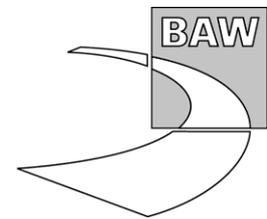
- Die für die Intensität eines Frostangriffes maßgebliche Wassersättigung wird durch die dauernde bzw. temporäre Wasserbeaufschlagung begünstigt.
- Die Anzahl der Frost-Tau-Wechsel resultiert nicht nur aus Änderungen der Lufttemperatur und der Sonneneinstrahlung, sondern in vielen Fällen zusätzlich aus betriebs- bzw. gezeitenabhängigen Wasserstandsänderungen.



Die Sicherstellung eines ausreichenden Frostwiderstandes des Betons erfolgt nach DIN 1045-2 über Anforderungen an Betonausgangsstoffe und Betonzusammensetzung. Basis für dieses Konzept sind Langzeiterfahrungen mit den eingesetzten Baustoffen und Betonzusammensetzungen. Da solche Langzeiterfahrungen nicht immer und in Zukunft wohl immer weniger vorliegen, die Sicherstellung eines hinreichenden Frostwiderstandes des Betons bei Wasserbauwerken angesichts der Intensität des Frostangriffs und der eingesetzten Kubaturen aber unverzichtbar ist, wird seit über 20 Jahren (z.T. nach BAW-eigenen Verfahren) ergänzend der Frostwiderstand des erhärteten Betons untersucht. Seit 1997 ist die Prüfung des Frostwiderstands von Beton und Spritzbeton für Instandsetzungszwecke nach dem CDF- bzw. CIF-Verfahren in einem Anhang zur ZTV-W LB 219 (Betoninstandsetzung) verankert. Auch die Betone für nahezu alle großen Neubaumaßnahmen der WSV wurden seither nach diesem Verfahren untersucht. Verfahrensanweisung und Prüfkriterien wurden bei der Überarbeitung aus der ZTV-W LB 219 herausgelöst und in einem eigenen BAW-Merkblatt "Frostprüfung von Beton" verankert. Dieses Merkblatt wird künftig sowohl von der ZTV-W LB 215 als auch von der ZTV-W LB 219 in Bezug genommen. Als wesentliche Änderung gegenüber den bisherigen Regelungen sind Präzisierungen bei der Beschreibung des Prüfablaufes und eine Modifizierung der Prüfkriterien zu nennen. Die ursprüngliche Festlegung der Prüfkriterien 1996/1997 erfolgte noch auf einer vergleichsweise schmalen Datenbasis und deshalb eher konservativ. Mit den heute vorliegenden Erkenntnissen konnten die Prüfkriterien deutlich moderater gefasst werden. Zudem ist künftig die Beurteilung zu einem früheren Zeitpunkt vorgesehen (75% rel. dyn. E-Modul nach 28 FTW (Eignungsprüfung) bzw. 24 FTW (Güteprüfung)).

Literatur

- | | |
|------------------------------|--|
| ZTV-W LB 215 | Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen – Wasserbau für Wasserbauwerke aus Beton und Stahlbeton (Leistungsbereich 215), Ausgabe 2004
Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen |
| DAfStb RL "Massige Bauteile" | Richtlinie Massige Bauteile aus Beton
Deutscher Ausschuss für Stahlbeton
(Veröffentlichung im Sommer 2005) |
| BAW-Merkblatt "Frostprüfung" | Merkblatt "Frostprüfung von Beton"
Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe |
| BAW-Merkblatt "Früher Zwang" | Merkblatt "Rissbreitenbeschränkung für frühen Zwang in massiven Wasserbauwerken"
Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe |



Anlage 1.1

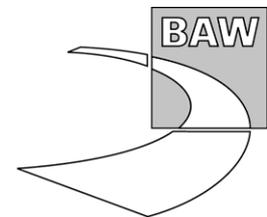
DAfStb-Richtlinie "Massige Bauteile aus Beton"

Anmerkung: Abweichungen gegenüber DIN 1045-2/A1:2005-01 sind grau hinterlegt.

Tabelle F.2.1 – Grenzwerte für Zusammensetzung und Eigenschaften von Beton – Teil 1

Nr.	Expositionsklassen	Kein Korrosions- oder Angriffsrisiko X0 ^a	Bewehrungskorrosion									
			durch Karbonatisierung verursachte Korrosion				durch Chloride verursachte Korrosion					
			XC1	XC2	XC3	XC4	Chloride außer aus Meerwasser			Chloride aus Meerwasser		
							XD1	XD2	XD3	XS1	XS2	XS3
1	Höchstzulässiger w/z	-	0,75	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,50 ^e			
2	Mindestdruckfestigkeitsklasse ^b	C8/10	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37 ^d	C30/37 ^d	C35/45 ^d	C30/37 ^{de}			
3	Mindestzementgehalt ^c in kg/m ³	-	240	260	280	300	300	300		Siehe XD1	Siehe XD2	Siehe XD3
4	Mindestzementgehalt ^c bei Anrechnung von Zusatzstoffen in kg/m ³	-	240	240	270	270	270	270				
5	Mindestluftgehalt in %	-	-	-	-	-	-	-				
6	Andere Anforderungen	-										

^a Nur für Beton ohne Bewehrung oder eingebettetes Metall
^b Gilt nicht für Leichtbeton
^c Bei einem Größtkorn der Gesteinskörnung von 63 mm darf der Zementgehalt um 30 kg/m³ reduziert werden.
^d Bei Verwendung von Luftporenbeton, z. B. aufgrund gleichzeitiger Anforderungen aus der Expositionsklasse XF, eine Festigkeitsklasse niedriger.
^e Nur bei Verwendung von CEM II/B-V, CEM III/A oder CEM III/B oder bei anderen Zementen der Tabellen F.3.1 oder F.3.2 nach DIN 1045-2 in Kombination mit Flugasche als Betonzusatzstoff, wobei der Mindestflugaschegehalt 20 % (Massenanteil) von (z+f) betragen muss.



Anlage 1.2

Tabelle F.2.2 – Grenzwerte für Zusammensetzung und Eigenschaften von Beton – Teil 2

		Betonkorrosion												
		Frostangriff					Aggressive chemische Umgebung			Verschleißbeanspruchung ^h				
Nr.	Expositions-klassen	XF1	XF2		XF3		XF4	XA1	XA2	XA3	XM1	XM2		XM3
1	Höchstzulässiger w/z	0,60	0,55 ^g	0,50 ^g	0,55	0,50	0,50 ^g	0,60	0,50	0,45	0,55	0,55	0,45	0,45
2	Mindestdruckfestigkeitsklasse ^b	C25/30	C25/30	C30/37	C25/30	C30/37	C30/37	C25/30	C30/37 ^d	C35/45 ^d	C30/37 ^d	C30/37 ^d	C35/45 ^d	C35/45 ^d
3	Mindestzementgehalt ^c in kg/m ³	280	300	300	300	300	300	280	300	320	300 ⁱ	300 ⁱ	320 ⁱ	320 ⁱ
4	Mindestzementgehalt ^c bei Anrechnung von Zusatzstoffen in kg/m ³	270	^g	^g	270	270	^g	240	270	270	270	270	270	270
5	Mindestluftgehalt in %	-	^f	-	^f	-	^{f,j}	-	-	-	-	-	-	-
6	Andere Anforderungen	Gesteinskörnungen für die Expositions-klassen XF1 bis XF4 (siehe DIN V 20000-103 und DIN V 20000-104)					-	-	-	-	-	Oberflächenbehandlung des Betons ^k	-	Hartstoffe nach DIN 1100
		F ₄	MS ₂₅		F ₂	MS ₁₈								

^{b, c, d} und ^e siehe Fußnoten in Tabelle F.2.1

^f Der mittlere Luftgehalt im Frischbeton unmittelbar vor dem Einbau muss bei einem Größtkorn der Gesteinskörnung von 8 mm \geq 5,5 Vol.-%, 16 mm \geq 4,5 Vol.-%, 32 mm \geq 4,0 Vol.-% und 63 mm \geq 3,5 Vol.-% betragen. Einzelwerte dürfen diese Anforderungen um höchstens 0,5 Vol.-% unterschreiten.

^g Zusatzstoffe des Typs II dürfen zugesetzt, aber nicht auf den Zementgehalt oder den w/z angerechnet werden.

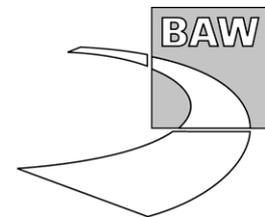
^h Es dürfen nur Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620 unter Beachtung der Festlegungen von DIN V 20000-103 verwendet werden.

ⁱ Höchstzementgehalt 360 kg/m³, jedoch nicht bei hochfesten Betonen.

^j Erdfeuchter Beton mit w/z \leq 0,40 darf ohne Luftporen hergestellt werden.

^k Z. B. Vakuumieren und Flügelglätten des Betons

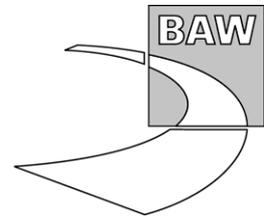
^l Schutzmaßnahmen siehe 5.3.2



Anlage 2.1

ZTV-W LB 215, Tabelle 2.1: Expositionsklassen

Klassenbezeichnung	Beschreibung der Umgebung	Wasserbauspezifische Beispiele ¹⁾ für die Zuordnung von Expositionsklassen (informativ)
1 Kein Korrosions- oder Angriffsrisiko		
X0	Bauteile ohne Bewehrung oder eingebettetes Metall in nicht betonangreifender Umgebung	Unbewehrter Kernbeton bei zonierter Bauweise
2 Bewehrungskorrosion, ausgelöst durch Karbonatisierung		
XC1	trocken oder ständig nass	Sohlen von Schleusenammern, Sparbecken oder Wehren, Schleusenammernwände unterhalb UW, hydraulische Füll- und Entleersysteme
XC2	nass, selten trocken	Schleusenammernwände im Bereich zwischen UW und OW (sinngemäß Sparbeckenwände)
XC3	mäßige Feuchte	Nicht frei bewitterte Flächen (Außenluft, vor Niederschlag geschützt)
XC4	wechselnd nass und trocken	Freibord von Schleusenammern- oder Sparbeckenwänden, Wehrpfeiler oberhalb NW, freibewitterte Außenflächen
3 Bewehrungskorrosion, verursacht durch Chloride, ausgenommen Meerwasser		
XD1	mäßige Feuchte	Wehrpfeiler im Sprühnebelbereich von Straßenbrücken
XD2	nass, selten trocken	
XD3	wechselnd nass und trocken	Plattformen von Schleusen, Verkehrsflächen (z.B. Hafensflächen), Treppen an Wehrpfeilern
4 Bewehrungskorrosion, verursacht durch Chloride aus Meerwasser		
XS1	Salzhaltige Luft, aber kein unmittelbarer Kontakt mit Meerwasser	Außenbauteile in Küstennähe
XS2	unter Wasser	Sperwerksohlen, Wände und Gründungspfähle unter NNTnW
XS3	Tidebereiche, Spritzwasser- und Sprühnebelbereiche	Gründungspfähle, Kajen, Molen und Wände oberhalb NNTnW
5 Frostangriff mit und ohne Taumittel/Meerwasser		
XF1	mäßige Wassersättigung mit Süßwasser ohne Taumittel	Freibord von Sparbeckenwänden, Wehrpfeiler oberhalb HW
XF2	mäßige Wassersättigung mit Meerwasser und/oder Taumittel	Vertikale Bauteile im Spritzwasserbereich und Bauteile im unmittelbaren Sprühnebelbereich von Meerwasser
XF3	hohe Wassersättigung mit Süßwasser ohne Taumittel	Schleusenammernwände im Bereich zwischen UW-1,0 m und OW+1,0 m (Sparbeckenwände sinngemäß), Ein- und Auslaufbereiche von Düken zwischen NW und HW, Wehrpfeiler zwischen NW und HW
XF4	hohe Wassersättigung mit Meerwasser und/oder Taumittel	Vertikale Flächen von Meerwasserbauteilen wie Gründungspfähle, Kajen und Molen im Wasserwechselbereich, meerwasserbeaufschlagte horizontale Flächen, Plattformen von Schleusen, Verkehrsflächen (z.B. Hafensflächen), Treppen an Wehrpfeilern



Anlage 2.2

Klassenbezeichnung	Beschreibung der Umgebung	Wasserbauspezifische Beispiele ¹⁾ für die Zuordnung von Expositionsklassen (informativ)
6 Betonkorrosion durch chemischen Angriff		
XA1	chemisch schwach angreifende Umgebung	
XA2	chemisch mäßig angreifende Umgebung und Meeresbauwerke	Betonbauteile, die mit Meerwasser in Berührung kommen (Unterwasser- und Wasserwechselbereich, Spritzwasserbereich)
XA3	chemisch stark angreifende Umgebung	
7 Betonkorrosion durch Verschleißbeanspruchung		
XM1	mäßige Verschleißbeanspruchung	Flächen mit Beanspruchung durch Schiffsreibung (z.B. Schleusenkammerwände oberhalb UW-1,0 m), Flächen mit mäßiger Geschiebefracht und mäßiger Strömungsgeschwindigkeit, häufig befahrene horizontale Verkehrsflächen (z.B. bei Güterumschlag), Eisgang
XM2	starke Verschleißbeanspruchung	Wehrrücken und Tosbecken mit mäßiger Geschiebefracht und hoher Strömungsgeschwindigkeit
XM3	sehr starke Verschleißbeanspruchung	Tosbecken mit starker Geschiebefracht und hoher Strömungsgeschwindigkeit
¹⁾ Diese Beispiele gelten für die überwiegende Beanspruchung während der Nutzungsdauer. Abweichende Umgebungsbedingungen während der Bauzeit oder Nutzung (z.B. Trockenlegung) führen erfahrungsgemäß nicht zu Schäden.		