

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Paper, Published Version

Westendarp, Andreas

Beton im Wasserbau - Gestern, heute, morgen

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/102064>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

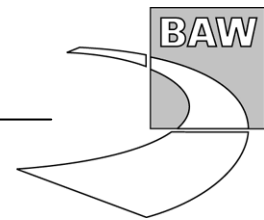
Westendarp, Andreas (2009): Beton im Wasserbau - Gestern, heute, morgen. In: Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.): Baustoffe und Bauausführung im Verkehrswasserbau. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. S. 1-12.

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.

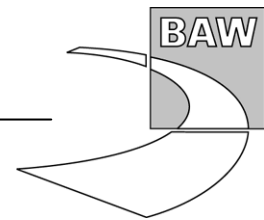




Dies gilt nicht für die Anforderungen der DIN 1045 an Mindestzementgehalte und Mindestfestigkeitsklassen, die zum Teil erheblich über den bislang im Wasserbau praktizierten Anforderungen liegen. Die BAW hat dieser Problematik Rechnung getragen und die Schaffung einer Richtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton "Massige Bauteile aus Beton" /6/ mitinitiiert und hier auch die Obmannschaft übernommen. Diese in 2004 erschienene Richtlinie erlaubt für Beton von massigen Bauteilen deutlich moderatere Zementgehalte und Festigkeiten. Das bisher im Wasserbau gültige und über Jahrzehnte hinweg als angemessen angesehene Niveau bei Mindestfestigkeiten und Mindestzementgehalten konnte allerdings mit der Richtlinie "Massige Bauteile aus Beton" nicht ganz wieder hergestellt werden. Besonders bei massigen Bauteilen mit XF3-Exposition wie beispielsweise Schleusenkammerwänden im Wasserwechselbereich haben sich diese Regelungen eher negativ im Hinblick auf die Minimierung von Spannungen aus frühem Zwang ausgewirkt. Im Jahr 2007 wurden deshalb seitens des BMVBS per Erlass unter bestimmten Randbedingungen norm- bzw. richtlinienabweichende Betone für den Verkehrswasserbau zugelassen, die dem vor Erscheinen der DIN 1045 (2001) im Verkehrswasserbau gültigen Anforderungsniveau entsprechen. Die Regelungen dieses Erlasses wurden in 2008 in ein Änderungsblatt zur ZTV-W LB 215 /2/, dem maßgeblichen Regelwerk für den Neubau von Verkehrswasserbauwerken, integriert.

Handlungsbedarf hinsichtlich normativer Regelungen besteht derzeit noch für Planiebereiche von Schleusen und vergleichbaren Bauteilen, die aufgrund der Taumittelverwendung in die Expositionsklassen XF4 und XD3 eingeordnet werden müssen und damit intensiv mit Taumitteln beaufschlagten Bauteilen wie Brückenkappen gleichgestellt werden. Diese Planiebereiche, in denen aufgrund der andersartigen Expositionen ein von der Kammerwandrezeptur abweichender Beton eingesetzt wird, weisen im Regelfall eine Höhe von etwa 40 bis 70 cm auf und enthalten oftmals zahlreiche Aussparungen. Die aus der Einstufung XF4 / XD3 resultierenden, für die tatsächliche Einwirkungssituation doch eher überzogenen Anforderungen an die Betonzusammensetzung führen zu bautechnischen Nachteilen (Rissbildung infolge frühem Zwang durch hohe Zementgehalte; hohe Betonfestigkeiten). Für diese Bereiche wird deshalb derzeit ebenfalls eine wasserbauspezifische Lösung angestrebt.

Neben Betonen nach DIN EN 206-1 /7/ in Verbindung mit DIN 1045 bzw. Betonen nach ZTV-W LB 215 werden am Markt in den letzten Jahren vermehrt Betone mit Zulassung des Deutschen Institutes für Bautechnik (DIBt) angeboten. Diese Betone unterscheiden sich von den regelwerkskonformen Betonen insbesondere durch geringere Zementgehalte bis hinab zu 180 kg/m³, welche durch höhere Flugaschegehalte bis zu etwa 120 kg/m³ kompensiert werden sollen. Diese Betone sind z. Z. maximal für die Expositionsklassen XC und XF1 zugelassen und könnten damit zumindest für alle Bauteile im Binnenbereich eingesetzt werden, die nicht der XF3-Exposition unterliegen. Bei Wasserbauwerken wäre demnach ein Einsatz als Sohlbeton von Schleusen oder Wehranlagen denkbar. Die Zulassungsverfahren beim DIBt werden durch die BAW begleitet, ein grundsätzliches "Abwehren" derartiger Betone für den allgemeinen Baubereich außerhalb des Verkehrswasserbaus ist nicht möglich. Nach Kenntnis der BAW sind Betone mit DIBt-Zulassung in der Vergangenheit bereits mehrfach für Baumaßnahmen der WSV angeboten, bislang aber wohl noch nicht eingesetzt worden. Einer Verwen-



derung derartiger Betone im Verkehrswasserbau als Sohlbetone steht prinzipiell nichts entgegen, sofern die zusätzlichen Anforderungen der ZTV-W LB 215 an Baustoffe und Bauausführung eingehalten werden.

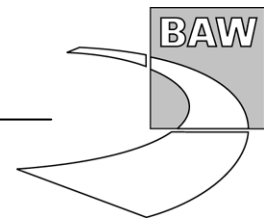
Die BAW will im Rahmen eines FuE-Vorhabens der grundsätzlichen Frage nachgehen, inwieweit ein Abweichen von den Anforderungen der Norm an den Mindestzementgehalt für massive Bauteile von Wasserbauwerken sinnvoll und zulässig ist.

2.2 Frostwiderstand von Beton

Die Frostbeanspruchung gehört zu den wesentlichen Einwirkungen auf Verkehrswasserbauwerke. Untersuchungen der BAW und von ihr beauftragter Institute (RWTH Aachen) haben gezeigt, dass Temperaturbeanspruchung und Wasserangebot zu einer Beanspruchungsintensität bei Wasserbauwerken führen, die zumindest in Deutschland zu den extremalen gehört. Um einen ausreichenden Frostwiderstand sicher zu stellen, werden in der nationalen Betonnormung Anforderungen an Ausgangsstoffe und Betonzusammensetzung gestellt (design concept). Die genannten Anforderungen basieren auf langjährigen Erfahrungen mit Ausgangsstoffen und Betonzusammensetzungen. Prüfungen am fertigen Produkt, also am erhärteten Beton, sind nicht vorgesehen, national einheitliche Frostprüfverfahren und Abnahmekriterien waren bislang nicht verfügbar. Vor dem Hintergrund, dass im Wasserbau einerseits deutlich längere Nutzungsdauern als für Bauwerke gemäß DIN 1045 angestrebt werden, und andererseits bei vielen Ausgangsstoffen und Betonrezepturen die dem design concept zugrunde liegenden Langzeiterfahrungen fehlen, hat die BAW in den letzten etwa 15 Jahren intensiv an der Festlegung eines Frostprüfverfahrens mit ausreichender Wiederhol- und Vergleichspräzision sowie der Definition verkehrswasserbauspezifischer Prüfkriterien gearbeitet. Frostprüfverfahren und Prüfkriterien sind seit 2004 im BAW-Merkblatt "Frostprüfung von Beton" /8/ festgeschrieben. Derzeit wird auf nationaler Ebene bei der Bewertung des Frost- bzw. Frost-Tausalz-Widerstandes von Beton weitestgehend nach diesem BAW-Merkblatt verfahren. Das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) hat in 2008 beschlossen, künftig für seine Zulassungsprüfungen die Prüfverfahren und Prüfkriterien gemäß BAW-Merkblatt zu verwenden.

Die Festlegung der Prüfkriterien im BAW-Merkblatt erfolgte auf Basis der Leistungsfähigkeit im Verkehrswasserbau langjährig bewährter Ausgangsstoffe und Betone mit Zusammensetzungen im Grenzbereich der Norm. Die WSV verfolgt die Philosophie, dass alle Betone, auch solche mit neuen Bindemitteln oder Betonrezepturen, in der Frostprüfung zumindest dieses Leistungsniveau erreichen müssen. Im Umkehrschluss bedeutet dies aber, dass durchaus der Fall auftreten kann, dass in ihrer Zusammensetzung normenkonforme Betone die Frostprüfung gemäß BAW-Merkblatt nicht bestehen. Diesbezüglich besteht in der Praxis oftmals ein gewisses Unverständnis.

In der Diskussion ist derzeit noch die Übertragbarkeit der im Labor in der Frostprüfung ermittelten Ergebnisse auf die Praxis. Hier besteht verständlicherweise der Wunsch, dass die Ergebnisse der Laborprüfung sich in der Praxis in gleicher Weise einstellen. Vergessen wird bei dieser Diskussion allerdings oftmals, dass der Maßstab für die Beurteilung des Praxisverhal-



tens der Betone nicht 5 oder 10, sondern zumindest im Verkehrswasserbau 100 Jahre beträgt. Optimierungspotential im Hinblick auf die Übertragbarkeit von Laborprüfergebnissen auf die Praxis besteht sicherlich noch bei den langsam erhärtenden Betonen, die in der Praxis zu meist zu einem wesentlich späteren Zeitpunkt und damit bei einem höheren Hydratationsgrad ihre erste Frostbeanspruchung erfahren, als dies in der Laborprüfung der Fall ist.

Vor dem Hintergrund der Übertragbarkeit von Laborprüfungen auf die Praxis befasst sich die BAW seit 1995, seit 2000 in enger Zusammenarbeit mit dem Institut für Bauforschung (ibac) der RWTH Aachen, mit der Erfassung der für die Intensität eines Frostangriffes relevanten Parameter Temperaturbeanspruchung und Sättigungsgrad der Poren im Beton. Hierzu wurden und werden an verschiedenen Bauwerken der WSV (Schleusen Eckersmühlen, Hilpoltstein und Hohenwarthe) umfangreiche Bauwerksmessungen durchgeführt.

2.3 Begrenzung der Hydratationswärmeentwicklung des Betons

Aus betontechnologischer Sicht ist die Begrenzung der Hydratationswärmeentwicklung die wesentliche Stellschraube zur Minimierung von Spannungen aus frühem Zwang in massigen Betonbauteilen, wie sie für Verkehrswasserbauwerke typisch sind. Die Hydratationswärmeentwicklung wird vor allem beeinflusst durch die Frischbetontemperatur (höhere Frischbetontemperatur gleich höhere Hydratationsgeschwindigkeit gleich höhere Wärmefreisetzung in den ersten Stunden und Tagen) und die insbesondere von Zementart und Zementmenge abhängige Wärmeentwicklung des Betons bei der Hydratation.

Mit der Neufassung der ZTV-W LB 215 im Jahr 2004 wurde die Frischbetontemperatur auf maximal 25 °C begrenzt. Außerdem wurden in der ZTV-W für die quasiadiabatische Wärmeentwicklung des Betons in den ersten 7 Tagen in Abhängigkeit von den Expositionsklassen bzw. des expositionsklassenabhängigen Mindestzementgehaltes maximal zulässige Werte festgelegt. Die Summe aus Frischbetontemperatur und quasiadiabatischer Temperaturerhöhung, welche in grober Näherung der Temperatur im Bauteil bei adiabatischen Verhältnissen gleichgesetzt werden darf, wurde ebenfalls expositionsklassenabhängig begrenzt. Außerdem wurde die Festigkeitsentwicklung des Betons im Alter von 28 Tagen nach oben hin limitiert.

Für die bauausführenden Firmen ist die Einhaltung dieser Anforderungen zur Minimierung von Spannungen aus frühem Zwang in Verbindung mit der Einhaltung der Dauerhaftigkeitsanforderungen an den Beton sicherlich eine betontechnologische Herausforderung. Insbesondere in den ersten Jahren nach erscheinen der ZTV-W LB 215 (2004) wurde seitens der bauausführenden Firmen vereinzelt behauptet, die komplexen Anforderungen der ZTV-W LB 215 seien nicht zu realisieren. Die zwischenzeitlich gewonnenen Erfahrungen mit Betonen für den Sohlbereich (Expositionsklassen XC1, XC2) und den frostbeanspruchten Bereich (Expositionsklassen XC2/XC4, XF3) von massigen Verkehrswasserbauwerken zeigen aber, dass die Grenzwerte der ZTV-W LB 215 (2004) hinsichtlich Frischbetontemperatur und Hydratationswärmeentwicklung angemessen festgelegt worden sind. In den Bildern 1 und 2 ist exemplarisch die adiabatische Temperaturentwicklung von Sohl- und Wandbetonen für Verkehrswasserbauwerke dargestellt. Eingezeichnet ist zudem die maximal zulässige adiabatische Wär-

meentwicklung gemäß ZTV-W LB 215 für die jeweiligen Betone sowie diejenige adiabatische Wärmeentwicklung, die eingehalten werden muss, um eine Frischbetontemperatur von 25 °C realisieren zu können (gestrichelte Linie). Anzumerken ist, dass im Hinblick auf den letztgenannten Aspekt das Optimierungspotential bei der Hydratationswärmeentwicklung wohl noch nicht in allen Fällen ausgenutzt worden ist.

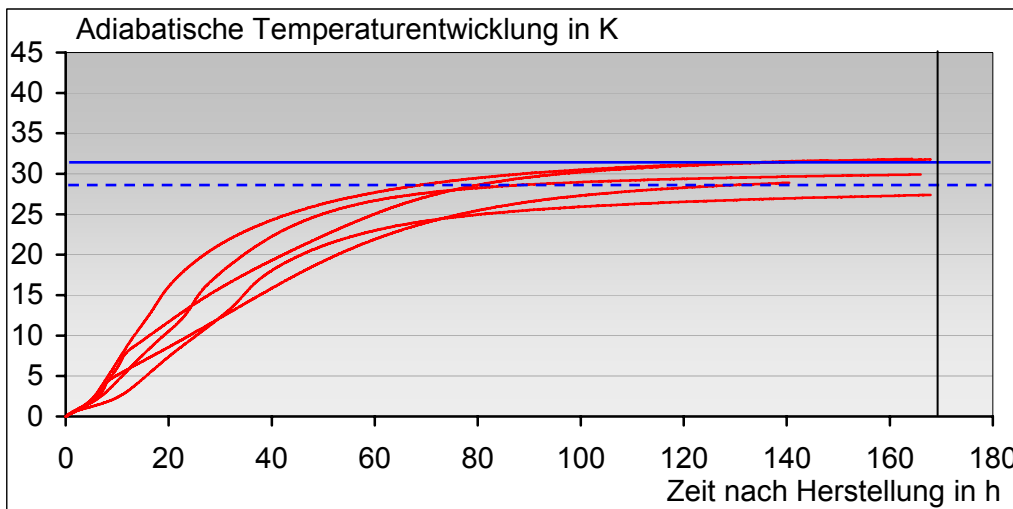


Bild 1: Adiabatische Wärmeentwicklung von Sohlbetonen (XC1, XC2) für WSV-Bauwerke

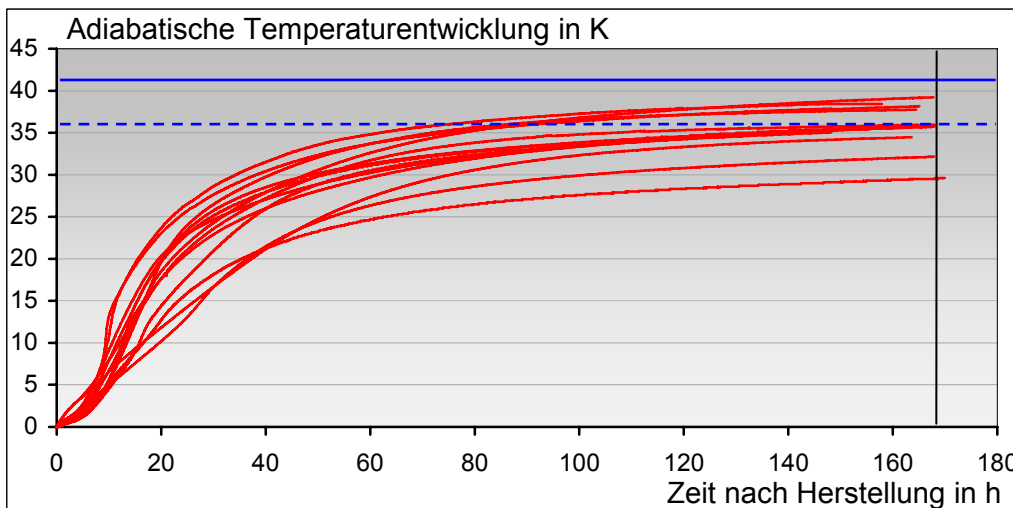
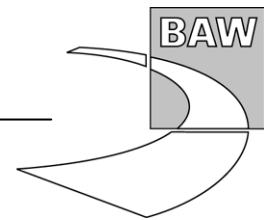


Bild 2: Adiabatische Wärmeentwicklung von Kammerwandbetonen (XF3) für WSV-Bauwerke

Die gewonnenen Erfahrungen haben allerdings auch gezeigt, dass Optimierungsbedarf hinsichtlich der Ausschreibung von Maßnahmen zur Begrenzung der Frischbetontemperatur gegeben ist. Der auch im Standardleistungskatalog 215 (STLK 215) /9/ zur ZTV-W LB 215 berücksichtigte Ansatz der Frischbetonkühlung mittels Stickstoff ist bei großen Betonkubaturen technisch nur schwer zu realisieren. Außerdem führt das Ausschreiben der Frischbetonkühlung dazu, dass alternative Möglichkeiten zur Reduzierung der Frischbetontemperatur wie das Beschatten der Gesteinskörnungen oder die Verwendung von Zementen, die nach dem Brennen ausreichend abkühlen konnten, vom Auftragnehmer kaum durchgeführt werden, weil dieser für solche Maßnahmen keine gesonderte Vergütung erhält. Mit BAW-Brief 2/2008 /10/ hat



die BAW deshalb einen Vorschlag unterbreitet, wonach Maßnahmen zur Begrenzung der Frischbetontemperatur ab einer bestimmten Wetterkonstellation (Tagesmittelwerte der Lufttemperatur am Betoniertag und den beiden Tagen zuvor) in Abhängigkeit von der eingebauten Betonmenge vergütet werden. Dem Auftragnehmer bleibt es hierbei überlassen, ob und welche Maßnahmen er zur Begrenzung der Frischbetontemperatur realisiert. Bei dieser Vorgehensweise hat der Auftragnehmer zudem ein Eigeninteresse an der Verwendung von Betonen mit geringer Hydratationswärmeentwicklung auch unterhalb der Grenzwerte der ZTV, weil sich damit sein Handlungsspielraum bei der Frischbetontemperatur erhöht.

2.4 Chlorideindringwiderstand von Beton

Bei bewehrten Betonbauteilen, die der Einwirkung von Chloriden aus Meerwasser oder aus Taumitteln unterliegen, besteht die Gefahr der chloridinduzierten Bewehrungskorrosion. Bei dieser Form der Korrosion dringen Chloride über die Betondeckung bis an den Bewehrungsstahl und führen hier zu dessen Depassivierung. Der Korrosionsprozess selbst ist bei chloridinduzierter Bewehrungskorrosion typischerweise zunächst lokal eng begrenzt, verläuft aber sehr rasch in die Tiefe und weist kein signifikantes Ankündigungsverhalten beispielsweise durch Rostfahnen oder Betonabplatzungen auf. In DIN 1045 und ZTV-W LB 215 fanden sich in der Vergangenheit keine ausreichenden Regelungen zur Begrenzung des Eindringens von Chloriden in den Beton. Als Folge sind bei vielen Brücken, aber auch bei Bauwerken im Meerwasserbereich trotz Verwendung vermeintlich hochwertiger Betone (weil Betone mit hohen Festigkeiten) und zumindest im Wasserbau hoher Betondeckungen ausgeprägte Schäden bereits nach wenigen Jahrzehnten zu diagnostizieren. Die Instandsetzung dieser Schäden ist zumeist aufwendig und unter technischen und/oder wirtschaftlichen Gesichtspunkten oftmals nicht möglich bzw. sinnvoll.

Erst mit DIN 1045 (2001) wurden die Chlorideinwirkungen über die Expositionsklassen XD (Taumittel) bzw. XS (Meerwasser) berücksichtigt und auf der Widerstandsseite Grenzwerte für den Wasser/Zement-Wert aufgestellt. Aktuelle Erkenntnisse zeigen, dass mit dieser Begrenzung des w/z-Wertes selbst die in DIN 1045 zugrunde gelegte Nutzungsdauer von lediglich 50 Jahren nicht mit allen zulässigen Ausgangsstoffen zielsicher erreicht werden kann. Eine weitere Reduzierung der zulässigen w/z-Werte bei Chloridexposition dürfte aber weder für den üblichen Hoch- und Ingenieurbau noch für den Wasserbau mit seinen zumeist massigen Bauteilen möglich sein.

Eine signifikante Verbesserung des Chlorideindringwiderstandes des Betons lässt sich neben der Wahl niedriger w/z-Werte insbesondere durch Verwendung bestimmter Betonausgangsstoffe (hüttensandhaltige Zemente, Flugasche) erzielen (siehe Bild 3).

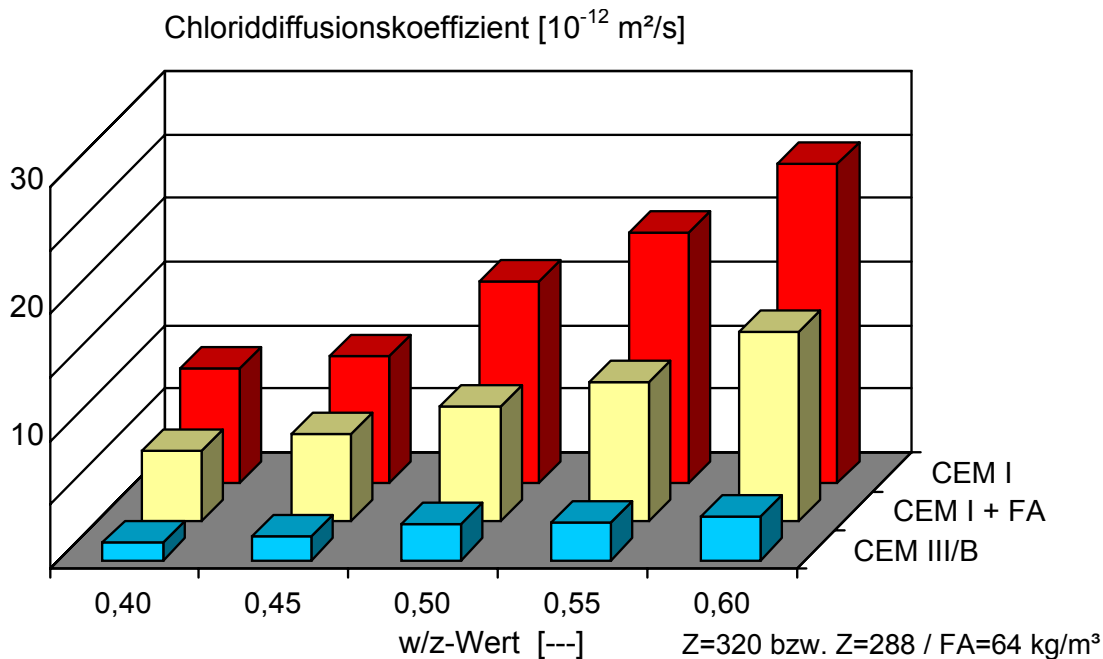


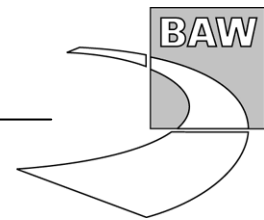
Bild 3: Chloriddiffusionswiderstand von Beton in Abhängigkeit von Betonausgangsstoffen und w/z-Wert

Die WSV geht seit 2004 diesen Weg und fordert in der ZTV-W LB 215 ergänzend zur w/z-Wert-Begrenzung der Norm den Einsatz der o. g. Ausgangsstoffe. Alternativ kann ein ausreichender Chlorideindringwiderstand des Betons über die Einhaltung bestimmter Chloridmigrationskoeffizienten gemäß BAW-Merkblatt "Chlorideindringwiderstand von Beton" /11/ nachgewiesen werden. Weitere Informationen zur Thematik und insbesondere zur Frage, ob die genannten Regelungen einen ausreichenden Chlorideindringwiderstand tatsächlich auch bei Nutzungsdauern von 100 Jahren sicherstellen, finden sich im Beitrag "Dauerhaftigkeit von Wasserbauwerken unter Chlorideinwirkung". Einer dringenden Erörterung bedarf die Frage, ob die Regelungen für Wasserbauwerke nicht auch für Brückenbauwerke der WSV übernommen werden müssten.

2.5 Hydroabrasionswiderstand von Beton

Unter Hydroabrasion wird gemeinhin die Einwirkung sich in Bewegung befindlichen Wassers in Verbindung mit mitgeführtem Geschiebe o. ä. auf Betonbauteile verstanden. Hydroabrasion stellt beispielsweise bei Wehrschwellen oder Tosbecken von Wasserbauwerken eine wesentliche Einwirkung dar, für die auf der Widerstandsseite, also beim Beton, entsprechende Vorkehrungen getroffen werden müssen.

In der nationalen Betonnormung finden sich in DIN 1045-1 und DIN 1045-2 die Expositionsklassen XM1 bis XM3, die die Betonkorrosion durch Verschleißbeanspruchung erfassen (siehe Tabelle 1). Unter XM3 ist hier auch ein Beispiel aus dem Wasserbau aufgeführt. Die europäische Betonnorm, aus der die Expositionsklassen gemäß DIN 1045 ansonsten übernommen



worden sind, kennt die Exposition "Verschleißwiderstand" (XM) im Übrigen nicht, dies ist eine ausschließlich nationale Regelung.

Tabelle 1: Betonkorrosion durch Verschleißbeanspruchung gemäß DIN 1045-2, Tabelle 1

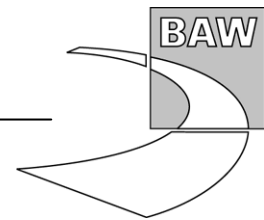
7 Betonkorrosion durch Verschleißbeanspruchung		
XM1	mäßige Verschleißbeanspruchung	Tragende oder aussteifende Industrieböden mit Beanspruchung durch luftbereifte Fahrzeuge
XM2	starke Verschleißbeanspruchung	Tragende oder aussteifende Industrieböden mit Beanspruchung durch luft- oder vollgummibereifte Gabelstapler
XM3	sehr starke Verschleißbeanspruchung	Tragende oder aussteifende Industrieböden mit Beanspruchung durch elastomer- oder stahlrollenbereifte Gabelstapler; Oberflächen, die häufig mit Kettenfahrzeugen befahren werden; Wasserbauwerke in geschiebebelasteten Gewässern, z. B. Tosbecken

Zur Sicherstellung eines ausreichenden Widerstandes gegenüber Beanspruchung infolge Verschleiß werden in DIN 1045-2, Tabelle F.2.2, Vorgaben hinsichtlich Ausgangsstoffen, Betonzusammensetzung und etwaiger zusätzlicher Maßnahmen gemacht.

Die Expositionsklassensystematik gemäß DIN 1045 wurde in die ZTV-W LB 215 (2004) übernommen, hier wurden lediglich in der rechten Spalte der entsprechenden Tabelle 2.1 der ZTV wasserbauspezifische Beispiele angeführt (siehe Tabelle 2). Differenzierungsbasis sind gemäß ZTV-W LB 215 Geschiebefracht und Strömungsgeschwindigkeit. Diese Kriterien dürften auch unter heutigen Gesichtspunkten zur Beschreibung der Einwirkung infolge Hydroabrasion angemessen sein, die bei der Erstellung der ZTV gewählte, relativ grobe qualitative Differenzierung ("mässig" bzw. "hoch") bedarf aber sicherlich einer weiteren Spezifizierung.

Tabelle 2: Betonkorrosion durch Verschleißbeanspruchung gemäß ZTV-W LB 215, Tabelle 2.1

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



Die Vorgaben der ZTV zur Sicherstellung eines ausreichenden Widerstandes gegen Hydroabrasion entsprechen denen der DIN 1045-2 für die Expositionsklassen XM1 bis XM3. Bereits bei der Erstellung der ZTV-W LB 215 (2004) war aber klar, dass die Einwirkungen gemäß Hydroabrasion sich eigentlich signifikant von den Einwirkungen aus Verkehr unterscheiden und deshalb auf der Widerstandsseite möglicherweise anderer Regelungen bedürfen. Ausreichende Erkenntnisse und Untersuchungsergebnisse zur Festlegung geeigneter Kriterien lagen aber zum damaligen Zeitpunkt noch nicht vor.

Im Rahmen eines FuE-Vorhabens will die BAW versuchen, die offenen Fragen zum Thema "Hydroabrasion" (angemessene Beschreibung der Einwirkungen, angemessene Festlegungen auf der Widerstandsseite) zu beantworten. Eine wesentliche Voraussetzung hierfür ist die Schaffung eines geeigneten Prüfverfahrens zur Bewertung der Leistungsfähigkeit von Betonen bei Hydroabrasion. Ein solches Verfahren dürfte in Kürze mit Abschluss einer Promotion an der TU Karlsruhe zur Verfügung stehen (siehe gesonderten Vortrag "Widerstand von Beton gegen Hydroabrasion").

3. Bauausführung

3.1 Arbeitsfugen

Arbeitsfugen, also die Kontaktzone zwischen zwei nicht frisch-in-frisch hergestellten Betonierabschnitten, bilden potentielle Schwachpunkte hinsichtlich

- Wasserwegigkeiten innerhalb des Bauteils
- Dauerhaftigkeitsproblemen im Bereich der Betondeckung
- Beeinträchtigung der Kraftübertragung im Fugenbereich.

Der Wasserdurchtritt innerhalb der Arbeitsfuge lässt sich, bestimmte Mindestarbeitsfugenbreiten vorausgesetzt, durch entsprechende Ausbildung der Oberfläche des ersten Betonierabschnittes, ggf. in Verbindung mit der Verwendung einer Anschlussmischung zu Beginn des zweiten Betonierabschnittes, zielsicher unterbinden. Alternativ bzw. ergänzend können Dichtelemente (Arbeitsfugenbleche, Arbeitsfugenbänder, Injektionsschläuche etc.) eingesetzt werden.

Von besonderer Bedeutung für die Dauerhaftigkeit eines Betonbauteils ist neben der Minimierung des Wasserdurchtrittes insbesondere die Arbeitsfugenausbildung im Bereich der Betondeckung. Über unzureichend ausgebildete Arbeitsfugen eindringendes Wasser in Verbindung mit Frosteinwirkung kann die Dauerhaftigkeit des Betons, eindringende Schadstoffe wie Kohlendioxid oder chloridhaltige Wässer die Dauerhaftigkeit der Bewehrung beeinträchtigen.

Die Kraftübertragung innerhalb eines Betonbauteils im Bereich der Arbeitsfuge entspricht insbesondere bei Scher- oder Zugbeanspruchung bei unzureichender Arbeitsausbildung nicht der in den benachbarten Bauteilbereichen. Die in DIN 1045-1 im Hinblick auf die Schubkraftübertragung definierten Kategorien hinsichtlich der Art der Arbeitsfugenausbildung werden in DIN 1045-3 nicht in gleicher Weise aufgenommen und berücksichtigt (Schnittstellenproblematik). Bild 4 zeigt eine Arbeitsfuge mit kritischer Ausführungsqualität.



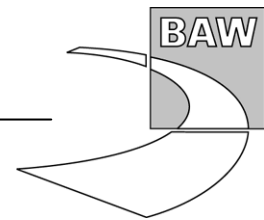
Bild 4: Vertikale Arbeitsfuge mit kritischer Ausführungsqualität

Die Anzahl vertikaler Arbeitsfugen nimmt derzeit im Verkehrswasserbau mit der Verbreitung der fugenreduzierten bzw. fugenlosen Bauweise erheblich zu.

Auf den Baustellen der WSV kommt es immer wieder zu Problemen hinsichtlich der Bewertung der Qualität der Arbeitsfugenausbildung, weil quantitative Bewertungsverfahren zumeist fehlen bzw. nicht Vertragsgrundlage sind. Ein weiterer Problembereich resultiert aus der Anordnung zusätzlicher Dichtelemente in Arbeitsfugen. Hier stehen den prinzipiellen funktionalen Vorteilen von Arbeitsfugenblechen oder Arbeitsfugenbändern Probleme bei der Ausführung (bei horizontalen Arbeitsfugen: Reinigung der Flächen, Entfernen von Wasser, Strahlgut, Abfällen; bei vertikalen Arbeitsfugen: Verdichtungsprobleme im Bereich unterhalb der Dichtelemente) entgegen.

Im Rahmen eines FuE-Vorhabens der BAW in Zusammenarbeit mit der Universität Bochum/Prof. Breitenbücher wird derzeit ein Sachstandsbericht zur Arbeitsfugenausbildung erarbeitet. In einem zweiten Schritt werden großformatige Probekörper hergestellt, an denen folgende Varianten bzw. Untersuchungen realisiert werden sollen:

- Arbeitsfugenausbildung gemäß DIN 1045-1 (Typ „rau“ und Typ „verzahnt“)
- Horizontale Arbeitsfugen (Rauheit durch Hochdruckwasserstrahlen oder Oberflächenverzögerer, Strahlzeitpunkt → Grobkorn freigelegt oder gebrochen, Auswirkungen einer Anschlussmischung)

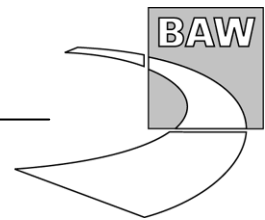


- Vertikale Arbeitsfugen (Brettschalung plus Hochdruckwasserstrahlen bzw. Oberflächenverzögerer bzw. Streckmetall)
- Wirkung verschiedener Dichtungselemente (Arbeitsfugenbleche, Injektionsschläuche)
- Maßgebende Eigenschaften im Arbeitsfugenbereich (Wasserdurchlässigkeit, Zugfestigkeit, Scherfestigkeit)
- Konzept für Qualitätssicherung der Arbeitsfugenausbildung inkl. quantitativer Arbeitsfugenebewertung.

Die Ergebnisse des FuE-Vorhabens sollen möglichst zeitnah in das WSV-Regelwerk einfließen.

Literatur

- /1/ ZTV-W LB 215 (2004), Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen - Wasserbau für Wasserbauwerke aus Beton und Stahlbeton (LB 215), Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Abteilung Eisenbahnen, Wasserstraßen; Ausgabe 2004
- /2/ Änderung 1 (2008) zur ZTV-W LB 215 (2004), Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Abteilung Wasserstraßen, Schifffahrt; Ausgabe 2008
- /3/ DIN 1045-1:2008-08, Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton - Teil 1: Bemessung und Konstruktion
- /4/ DIN 1045-2:2008-08, Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton - Teil 2: Beton - Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität - Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1
- /5/ DIN 1045-3:2008-08, Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton - Teil 3: Bauausführung
- /6/ DAfStb-Richtlinie Massige Bauteile aus Beton, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton; Ausgabe März 2005
- /7/ DIN EN 206-1, Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; Deutsche Fassung EN 206-1:2000; Ausgabe 2001-07
- /8/ BAW-Merkblatt "Frostprüfung von Beton", Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe; Ausgabe 2004
- /9/ STLK 215; 2004: Standardleistungskatalog für den Wasserbau, Leistungsbereich 215: Wasserbauwerke aus Beton und Stahlbeton (STLK LB 215); Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Abteilung Eisenbahnen, Wasserstraßen; Ausgabe 2004



- /10/ Westendarp, A.; Rode, U.; Weisner, A.: Einhaltung der Frischbetontemperatur bei massigen Betonbauteilen; BAW-Brief 2/2008; Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe (www.baw.de)

- /11/ BAW-Merkblatt "Chlorideindringwiderstand von Beton", Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe; Ausgabe 2004