

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Article, Published Version

Westendarp, Andreas

Hinweise zu Beton und Bauausführung bei Wasserbauwerken

Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Wasserbau

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/102621>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Westendarp, Andreas (2006): Hinweise zu Beton und Bauausführung bei Wasserbauwerken. In: Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Wasserbau 89. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. S. 103-110.

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.



7 Hinweise zu Beton und Bauausführung bei Wasserbauwerken

Westendarp, A.

7.1 Allgemeines

Zum 1. Januar 2005 ist die neue Normengeneration im Betonbau zusammen mit ergänzenden wasserbauspezifischen Regelungen in den Geschäftsbereich der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) eingeführt worden. Übergangsweise wurden bereits ab Mai 2004 erste Bauwerke der WSV nach neuer Norm konzipiert und ausgeschrieben. Bei einer größeren Zahl von Baumaßnahmen sind die Planung sowie die Ausschreibung und Vergabe bereits nach neuer Norm durchgeführt worden. Für die eigentliche Ausführung, also den Entwurf und die Herstellung des Betons sowie die eigentliche Bauausführung, sind die Praxiserfahrungen jedoch bislang auf einige wenige Maßnahmen beschränkt.

Nachfolgend werden Hinweise und Hintergrundinformationen zu wesentlichen Regelungen der neuen Normung und zu deren Anwendung gegeben. Berücksichtigt werden hierbei auch die zum 1. Januar 2005 erschienene A1-Änderung zur [DIN 1045-2; 2001] und die im August 2005 veröffentlichte neue [DAfStb RL MB; 2005].

7.2 Anforderungen an den Beton

Die Anforderungen an Betone für Wasserbauwerke werden in Teil 2 der [ZTV-W 215; 2004] geregelt. Die ZTV nimmt diesbezüglich vor allem Bezug auf

- die europäische Betonnorm [DIN EN 206-1; 2001]
- das zugehörige nationale Anwendungsdokument [DIN 1045-2; 2001]
- ergänzende Regelungen für massige Bauteile in [DAfStb RL MB; 2005]
- wasserbauspezifische Festlegungen zur Frostprüfung von Beton in [BAW MFB; 2004].

Betone für Wasserbauwerke unterliegen besonderen Beanspruchungen, wie sie in anderen Baubereichen wie dem Hoch- und Ingenieurbau oder dem Brückenbau in dieser Form bzw. Intensität nicht vorkommen. Zu nennen sind hier in erster Linie intensive Frostbeanspruchungen auf Grund hoher Sättigungsgrade in Verbindung mit häufigen Frost-Tauwechseln auf Grund betriebs- bzw. gezeitenbedingter Wasserstandsänderungen, aber auch mechanische Beanspruchungen durch Schiffsanfahrt oder Geschiebetransport. Die Dauerhaftigkeit eines Betons wird in erster Linie durch die Wahl der Ausgangsstoffe und den Wasser/Bindemittel-Wert bestimmt. Hinsichtlich Art und Qualität der Betonausgangsstoffe enthält die [ZTV-W 215; 2004] ergänzende Regelungen zu [DIN EN 206-1; 2001] und [DIN

1045-2; 2001] wie beispielsweise Einschränkungen bei Zementen und Betonzusatzstoffen. Bei den Anforderungen an die Betonzusammensetzung werden hingegen die Normanforderungen im Wesentlichen übernommen. Abweichungen gibt es hier lediglich

- bei den Expositionsklassen XD3 und XS3 mit der Forderung nach Verwendung bestimmter Ausgangsstoffe (Zemente mit Hüttensandanteil $\geq 21\text{M}\%$ bzw. Mindestflugaschegehalt von 50 kg/m^3) zur Sicherstellung eines angemessenen Chloriddiffusionswiderstandes und
- bei den Expositionsklassen XF3 und XF4, bei denen ergänzend der Nachweis des Frostwiderstands des Betons nach CIF- bzw. CDF-Verfahren gefordert wird. Prüfverfahren und zugehörige Prüfkriterien sind in [BAW MFB; 2004] niedergelegt.

Die Dauerhaftigkeit eines Bauteils wird nicht allein durch die Dauerhaftigkeit des Betons an sich, sondern auch durch die Anzahl und Breite etwaiger Risse beeinflusst. Risse entstehen bei massigen Bauteilen, wie sie im Wasserbau der Regelfall sind, insbesondere im jungen Alter durch Zwang infolge Hydratationswärme. Beim Bau solcher Bauteile müssen deshalb Anstrengungen unternommen werden, derartige Zwangsspannungen möglichst gering zu halten. Aus betontechnologischer Sicht sind zur Reduzierung von Zwangsspannungen aus Hydratationswärme vorrangig die Frischbetontemperatur und die adiabatische Temperaturentwicklung niedrig zu halten. Teil 2 der [ZTV 215; 2004] enthält diesbezüglich für massige Bauteile (kleinste Abmessung $> 0,80 \text{ m}$) entsprechende Regelungen:

- Die Frischbetontemperatur wird auf maximal $25 \text{ }^\circ\text{C}$ begrenzt.
- Die adiabatische Wärmeentwicklung des Betons wird limitiert, wobei diese Limitierung wegen der unterschiedlichen Anforderungen an den Mindestzementgehalt expositionsklassenspezifisch erfolgt. Die [ZTV-W 215; 2004] enthält in Tabelle 2.2 Vorgaben für wasserbautypische Expositionsklassenspektren (siehe Tabelle 7.1). Für Bauteile mit Expositionsklassenspektren, die hier nicht abgebildet sind, müssen vom Auftraggeber in der Baubeschreibung angemessene Werte vorgegeben werden.

Die Anforderungen hinsichtlich der Dauerhaftigkeit des Betons an sich und der Minimierung der Hydratationswärmeentwicklung sind u. a. hinsichtlich Bindemittelart, Bindemittelgehalt oder Wasser/Bindemittel-Wert gegenläufig. Es gilt hier also, einen möglichst optimalen Kompromiss zu finden. Das Fenster, welches dem

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				

Tabelle 7.1: Anforderungen an Beton für massive Bauteile (Abmessung > 0,80 m) ([ZTV-W 215;2004], Tabelle 2.2)

Betontechnologen für die Betonkonzeption zur Verfügung steht, ist bei bestimmten Expositionsklassen vergleichsweise klein. Dies betrifft insbesondere massive Bauteile, die eine intensive Frostbeanspruchung erfahren (XF3, XF4). Typisches Beispiel ist hier die Schleusenkammerwand im Bereich zwischen Unter- und Oberwasserstand. Bei einer Frischbetontemperatur von 25 °C und einer maximalen Temperatur im Bauteil von 61 °C gemäß Tabelle 1, Spalte 4, darf die quasiadiabatische Temperaturerhöhung $\Delta T_{\text{qadiab},7d}$ nach 7 Tagen maximal 36 K betragen; bei einer Frischbetontemperatur von 20 °C wäre immer noch ein $\Delta T_{\text{qadiab},7d}$ von 41 K einzuhalten. Frischbetontemperaturen von weniger als etwa 22 °C können zumindest bei Betonagen zwischen Frühjahr und Herbst zielsicher nur eingehalten werden, wenn Einrichtungen zur Kühlung des Betons bereitgehalten und im Bedarfsfall eingesetzt werden. Derartige Einrichtungen müssen vom Auftraggeber ausgeschrieben werden (siehe [STLK 215; 2004]).

Die Einhaltung eines $\Delta T_{\text{qadiab},7d}$ von 41 K ist bei einem Mindestzementgehalt von 300 kg/m³, wie er für massive Bauteile in [DAfStb RL MB; 2005], Tabelle F.2.2, für XF3 gefordert wird, und den für diese Exposition in Frage kommenden Zementen (CEM I, CEM II und CEM III mit Hüttensandgehalten von maximal etwa 50 bis 55 M-%) nicht immer zu realisieren. In solchen Fällen sollte von der in [DIN 1045-2; 2001] eingeräumten Möglichkeit Gebrauch gemacht werden, Zement bis zu einem Mindestzementgehalt von 270 kg/m³ durch Flugasche zu ersetzen. Dies ist im Hinblick auf die Hydratationswärmeentwicklung günstig, weil Flugasche in den ersten Tagen nach dem Betonieren keinen nennenswerten Beitrag zur Wärmeentwicklung leistet.

Betonrezepturen mit 270 bis 290 kg/m³ Zement (zumeist CEM III/A), einem Flugaschegehalt von 30 bis 60 kg/m³, einem Wasser/Bindemittel-Wert von maximal 0,55 und Luftporenbildner sind in den letzten etwa 25 Jahren innerhalb der WSV beim Bau der meisten frostbeanspruchten Bauteile von Wasserbauwerke eingesetzt worden. Gerade in den letzten Jahren wurde allerdings auch verschiedentlich festgestellt, dass die Ausbildung eines stabilen Luftporensystems in LP-Betonen durch die Verwendung bzw. Kombination bestimmter Flugaschen und/oder Betonzusatzmittel ungünstig beeinflusst zu werden scheint. Bislang ist es diesbezüglich jedoch noch nicht gelungen, die Ursachen eindeutig zu identifizieren und entsprechende Anforderungskriterien zu erstellen. Es muss allerdings auch beachtet werden, dass derartige Betonzusammensetzungen zumeist nicht zum Standardangebot der Transportbetonhersteller gehören. Diese Betone werden vielfach gezielt für einzelne Bauvorhaben der WSV konzipiert, weshalb Langzeiterfahrungen mit solchen Mischungen und eine kontinuierliche Mischungsoptimierung oftmals nicht gegeben sind. Bei der Betonkonzeption werden vom Betonlieferanten in einem ersten Schritt im Regelfall die im Betonwerk verfügbaren Ausgangsstoffe berücksichtigt, was nicht immer zu einem technisch optimalen Ergebnis führt. Die Suche nach unter technischen Gesichtspunkten möglicherweise geeigneteren Alternativen für Betonausgangsstoffe (insbesondere Zement, Flugasche, Zusatzmittel) bzw. Ausgangsstoffkombinationen wird auf Grund wirtschaftlicher Erwägungen vielfach unterlassen bzw. diesen untergeordnet. Die bauausführende Firma als Auftraggeber des Transportbetonherstellers und die WSV als Auftraggeber der bauausführenden Firma sind des-

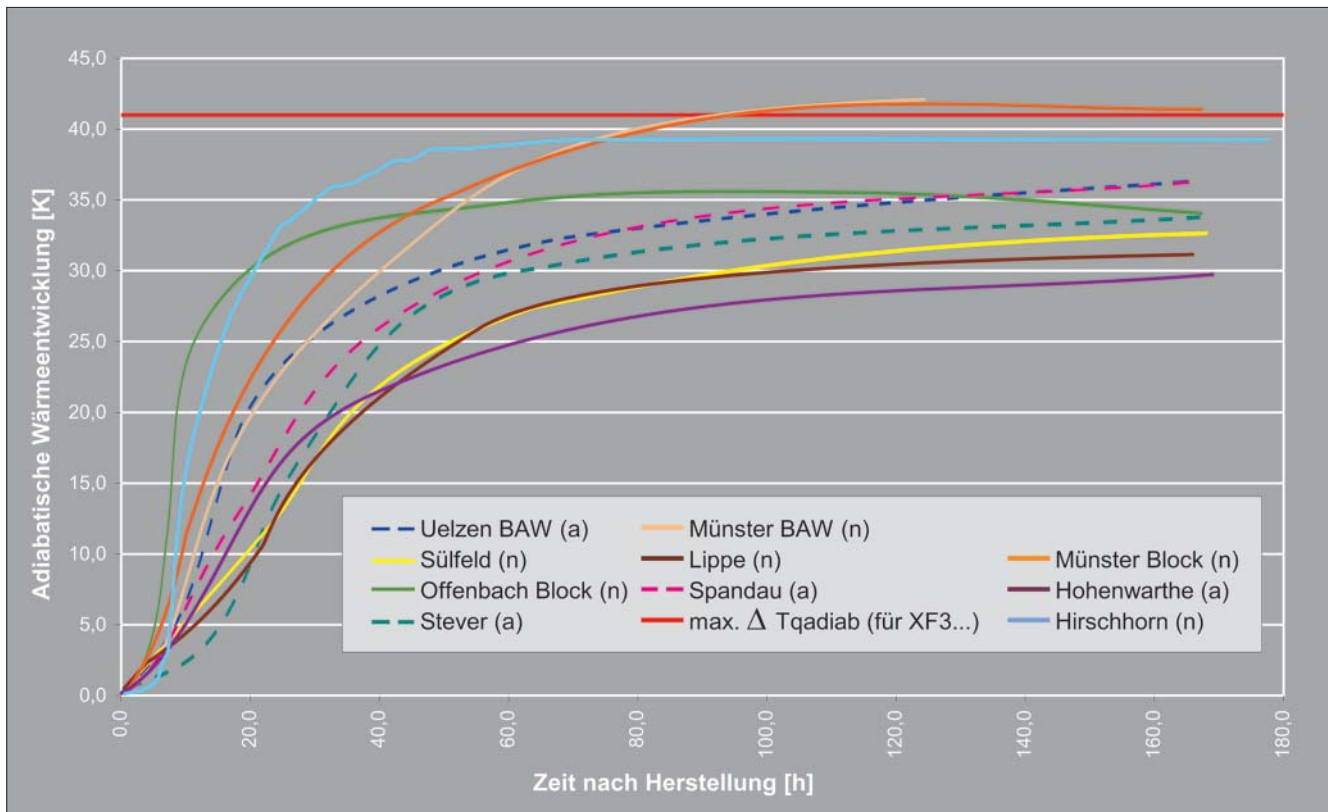


Bild 7.1: Adiabatische Wärmeentwicklung von XF3-Betonen für aktuelle Bauvorhaben der WSV

halb gut beraten, wenn aus diesen Gründen oftmals resultierende Anlaufschwierigkeiten in der Bauablaufplanung durch entsprechende Zeitansätze hinreichend berücksichtigt werden. Nicht unerwähnt bleiben soll, dass es auch heute durchaus noch bauausführende Firmen gibt, welche die Bedeutung der Betonoptimierung für große Wasserbauvorhaben und deren Vorteile für beide Vertragsparteien erkennen. So wurde beispielsweise für den Neubau der Doppelschleuse Hohenwarthe ein eigens für dieses Bauvorhaben konzipierter Zement (Sondermahlung) eingesetzt, für den Neubau der Schleuse Münster ist eine vergleichbare Vorgehensweise geplant.

In Bild 7.1 ist die adiabatische Wärmeentwicklung verschiedener Betone aus aktuellen bzw. in den letzten Jahren realisierten Baumaßnahmen der WSV dargestellt. Hierbei handelt es sich um Betone für Bauteile wie Schleusenkamerwände im Bereich zwischen Unter- und Oberwasserstand, Brückenpfeiler im Wasserwechselbereich oder Wände von Durchlässen, die neben Carbonatisierung (XC) und ggf. mechanischem Angriff aus Schiffsanfahrt (XM1) als maßgebliche Exposition eine Frostbeanspruchung in Verbindung mit hohen Wassersättigungsgraden erfahren (XF3 nach neuer Betonnormung). Die Temperaturverläufe für Betone, die hinsichtlich Ausgangsstoffen und Zusammensetzung den Anforderungen der [ZTV-W 215; 1998] entsprechen, sind in Bild 7.1 mit „(a)“, die nach neuer [ZTV-W 215; 2004] mit „(n)“ gekennzeichnet.

In Tabelle 7.2 sind die zugehörigen Betonzusammensetzungen und maßgebliche Kennwerte aufgeführt.

Die Bestimmung der Wärmeentwicklung erfolgte analog zu den Vorgaben der [ZTV-W 215; 2004] vorzugsweise an großformatigen, wärmeisolierten Betonblöcken ($2 \times 2 \times 2 \text{ m}^3$); alternativ kann im Bauvertrag die rechnerische Bestimmung oder die Bestimmung im adiabatischen Betonkalorimeter vereinbart werden. Der Grenzwert für die adiabatische Temperaturerhöhung innerhalb der ersten sieben Tage $\Delta T_{qadiab,7d}$ für das für derartige Bauteile relevante Expositionsklassenspektrum beträgt gemäß [ZTV LB 215; 2004] 41 K. Dieser Grenzwert wird mit Ausnahme der in einem ersten Entwurf für die Schleuse Münster vorgesehenen Betone in allen Fällen eingehalten.

Über die Größenordnung der adiabatischen Temperaturentwicklung im jungen Alter entscheidet nicht nur die Art der Hauptbestandteile des gewählten Zementes, wie beispielsweise der Hüttensandgehalt, sondern u. a. auch dessen Mahlfineinheit. Ein Beton mit CEM II/B-S kann deshalb beispielsweise bei gleichem Zementgehalt durchaus eine gleiche oder sogar günstigere (geringere) Wärmeentwicklung in den ersten Tagen nach dem Betonieren aufweisen wie ein CEM III/A.

Die Anforderungen hinsichtlich der Begrenzung der Hydratationswärmeentwicklung führen dazu, dass in der Praxis Betonzusammensetzungen Verwendung finden, bei denen die unter Dauerhaftigkeitsaspekten

Bauvorhaben	Bauteil	Zementart		Fluga-sche	W/Z-Wert	LP-Beton	Druckfestigkeit				adiabatische Wärmeentwicklung												
		Art	Gehalt				2d	7d	28d	56d	Bestimmung ¹⁾	T ₀	T _{max}	ΔT									
															kg/m ³	kg/m ³	N/mm ²				°C	°C	K
															---	---	---	---	---	---	---	---	---
Schleuse Münster	Kammerwand	CEM III/A 32,5 N	310	---	0,53	X	12	27	45		K (BAW)	23	65	42									
Schleuse Münster	Kammerwand	CEM II/B-S 32,5 N	310	---	0,53	X					B (AN)	20	61	41									
Schleuse Uelzen II	Kammerwand	CEM II/B-S 32,5 R	270	---	0,53	X	---	20	33	35	K (BAW)	20	56	36									
Schleuse Sülzfeld	Kammerwand	CEM III/A 32,5	330	---	0,50	X	4	16	26	30	K (BAW)	20	52	32									
Kanalbrücke Lippe	Pfeilerbeton	CEM III/A 32,5 (60%)	300	50	0,53	---	6	21	39	43	K (BAW)	20	50	31									
Schleuse Hohenwarthe	Kammerwand	CEM III/A 32,5 NW/NA (63%)	270	80	0,48	---	---	23	38	42	K (BAW)	23	53	30									
Schleuse Spandau	Kammerwand	CEM III/A 32,5 NA	310	---	0,48	X	---	15	26	31	K (BAW)	19	55	36									
Schleuse Offenbach	Kammerwand	CEM I 32,5 R	290	60	0,53	X	16	25	33	36	B (AN)	25	61	36									
Steuer-Durchlass	Pfeiler	CEM III/A 32,5 (63%)	320	50	0,49	X	---	---	42	48	K (BAW)	21	59	38									
Schleuse Hirschhorn	Kammerwand	CEM II/B-S 32,5 R	320	---	0,53	X	14	26	35	40	B (AN)	27	67	40									
Schleuse Hirschhorn	Planie (XF3)	CEM II/B-S 32,5 R	330	---	0,53	X	17	27	37		B (AN)	30	72	42									

¹⁾ K (BAW): Bestimmung mittels adiabatischem Betonkalorimeter durch BAW; B (AG): Bestimmung am Betonblock 2x2x2 m³ durch bauausführende Firma

Tabelle 7.2: Zusammensetzung und Kennwerte von XF3-Betonen für aktuelle Bauvorhaben der WSV

festgelegten Mindestanforderungen gemäß [DIN 1045-2; 2001] bzw. [ZTV-W 215; 2004] zumeist gerade eben eingehalten werden. Hinzu kommt, dass im Hinblick auf die Hydratationswärmeentwicklung z. T. langsam erhärtende Bindemittel verwendet werden, deren Stärken nicht unbedingt im Frostwiderstand zu suchen sind. Da auf der anderen Seite die Frostbeanspruchung von Wasserbauwerken auf Grund hoher Wassersättigungsgrade des Betons und betriebs- bzw. gezeitenbedingt häufiger Frost-Tau-Wechsel vergleichsweise hoch ist, wird in der [ZTV-W 215; 2004] ergänzend für XF3- und XF4-Betone eine Frostprüfung nach dem CDF-/CIF-Verfahren gefordert. Die anfänglich vergleichsweise konservativ festgelegten Abnahmekriterien für diese seit 1997 in der WSV eingesetzten Frostprüfverfahren wurden mit Einführung des BAW-Merkblattes „Frostprüfung“ ([BAW MFB; 2004]) Anfang 2005 angepasst. Betone, die den aktuellen Anforderungen nicht genügen, sollten auch bei regelwerkskonformer Zusammensetzung für frostbeanspruchte Bauteile mit den Expositionsklassen XF3 bzw. XF4 nicht eingesetzt werden.

Der Nachweis der Druckfestigkeitsklasse ist gemäß [DIN 1045-2; 2001] an Probekörpern im Alter von 28 Tagen zu führen. Bei langsam und sehr langsam erhärtenden Betonen (Festigkeitsentwicklung $r = f_{cm,2} / f_{cm,28} < 0,30$) ist gemäß A1-Änderung zur [DIN 1045-2; 2001] für bestimmte Expositionsklassen eine um eine Klasse niedrigere Mindestdruckfestigkeitsklasse einzuhalten. Auch hier ist aber der Nachweis der Druckfestigkeits-

klasse an Prüfkörpern mit einem Alter von 28d zu führen. Abweichungen von diesem Prüfalter sind nur für Betone gemäß [DAfStb RL MB; 2005] zulässig. Bei Anwendung dieser Richtlinie ist ein Nachweis im Alter von 56 bzw. 91d gestattet, wobei die [ZTV-W 215; 2004] den Nachweis im Alter von 91d von der Zustimmung des Auftraggebers abhängig macht.

7.3 Bauausführung

Teil 3 der [ZTV-W 215; 2004] enthält in Ergänzung zu [DIN 1045-3; 2001] wasserbauspezifische Regelungen zur Bauausführung.

Mit der ZTV-Forderung nach Aufstellung eines Betonierkonzeptes spätestens vier Wochen vor dem ersten Betoneinbau und eines Betonierplans spätestens drei Tage vor jedem Betoniertermin durch die bauausführende Firma wird aus Sicht des Auftraggebers das Ziel verfolgt, mit einer gewissen Systematik rechtzeitig Informationen über die beabsichtigte Vorgehensweise der bauausführenden Firma zu erlangen und ggf. noch eingreifen zu können. Das Betonierkonzept soll grundsätzliche Aussagen zu Betonherstellung und -einbau enthalten (Transport- oder Baustellenbeton, Art der Betonförderung auf der Baustelle durch Pumpen oder Kübel etc.), während der Betonierplan sich mit den spezifischen Aspekten für den einzelnen Betonierabschnitt befasst (Zeitplan, Personal, Berücksichtigung von Witterungseinflüssen). Einzelheiten sind in einer Anlage zur [ZTV-W LB 215; 2004] geregelt. Betonierkonzept

und Betonierplan als Bestandteile des Qualitätssicherungsplans sind bei den ersten Baumaßnahmen nach neuer [ZTV-W 215; 2004] erfolgreich umgesetzt worden.

Ein häufig diskutierter Aspekt der Bauausführung ist die sicherlich arbeitsintensive Behandlung von Arbeitsfugen (siehe [ZTV-W 215; 2004], Teil 3, Abschnitt 8.4). Neben einer ausreichenden Nachbehandlung des Betons auch im Arbeitsfugenbereich ist insbesondere der Vorbehandlung der Arbeitsfuge vor dem nächsten Betonieren erhöhte Aufmerksamkeit zu schenken. Bei nicht mit Streckmetall abgeschalteten Arbeitsfugen ist das Grobkorngerüst des Betons vor dem An- bzw. Aufbetonieren freizulegen. Nach Abschluss der Vorbehandlung müssen also auch Körner der oberen Siebgröße (D) zumindest kuppenartig frei liegen. Diese Vorbehandlung ist erforderlich, weil sich an der Oberseite von Betonierabschnitten beispielsweise auf Grund von Wasserabsonderung, Sedimentation oder Schaumbildung geringer feste Schichten mit Dicken bis in den Zentimeterbereich hinein ausbilden können, die sowohl unter statischen wie dauerhaftigkeitsrelevanten Aspekten Schwachstellen darstellen können. (Bild 7.2)



Bild 7.2: Nicht vorbereitete (Bild links) bzw. fachgerecht vorbereitete Arbeitsfugenflächen (Bild rechts)

Die Vorbehandlung der Arbeitsfugen erfolgt zweckmäßigerweise bereits wenige Tage nach dem Betonieren, wenn der Beton eine noch vergleichsweise geringe Festigkeit besitzt. Als Verfahren bietet sich hier das Hochdruckwasserstrahlen an. Nach dem Freilegen des Grobkorngerüsts ist die Nachbehandlung der Betonflächen bis zum Ende der planmäßigen Nachbehandlungsdauer fortzusetzen. Unmittelbar vor dem Betonieren sind die Arbeitsfugenflächen ggf. nochmals zu reinigen. Eine nicht sachgemäße Behandlung der Arbeitsfugen kann mittel- und langfristig zu Dauerhaftigkeitsproblemen wie Durchströmungen des Bauteils oder frostbedingten Abwitterungen von der Bauteiloberfläche in das Bauteil hinein führen.

Zur Erzielung einer sauberen Begrenzung horizontaler Arbeitsfugen an der Bauteiloberfläche hat sich die Einlage von Rechteckleisten (Dachlattenquerschnitt) an der Schalung an der Obergrenze des Betonierabschnittes bewährt. Bild 7.3 zeigt eine solche Arbeitsfuge, bei der die Holzlatte bereits entfernt und das Grobkorngerüst des Betons freigelegt worden ist. Zu bemängeln ist an diesem Beispiel allerdings, dass die Abstellung mittels Rechteckleiste nur annähernd gerade ausgeführt worden ist.



Bild 7.3 Arbeitsfuge nach Entfernen der Begrenzung (Dachlatte) und Vorbehandlung

Vertikale bzw. stark geneigte Arbeitsfugen sollen gemäß [ZTV-W 215; 2004], Teil 3, Abschnitt 8.4, mittels Streckmetall als verlorene Schalung abgeschalt werden. Mehrfachlagen von Streckmetall, wie sie beispielsweise bei Durchführungen von Bewehrung oftmals zu sehen sind, sollten hierbei allerdings unbedingt vermieden werden, da zwischen solchen Mehrfachlagen oftmals Hohlräume im Beton mit nachteiligen Folgen für die Dauerhaftigkeit verbleiben.

Bei den Anforderungen an die Nachbehandlung des Betons orientiert sich Teil 3 der [ZTV-W 215; 2004] wie die [DIN 1045-3; 2001] an der Erhärtungscharakteristik des Betons. In der [ZTV-W 215; 2004] wurden die Anforderungen an die Nachbehandlungsdauer wegen der besonderen Beanspruchungen der Bauteile von Wasserbauwerken und der hohen Relevanz der Nachbehandlung für deren Dauerhaftigkeit schärfer formu-

liert als in [DIN 1045-3; 2001]. Um sicherzustellen, dass gerade in den ersten Tagen nach dem Betonieren auch tatsächlich eine wirksame Nachbehandlung erfolgt, wurde bei geschalteten Bauteilflächen in Ergänzung zu [DIN 1045-3; 2001] zudem eine Mindestdauer des Belassens in der Schalung festgelegt. Grund hierfür ist, dass bei Nachbehandlung durch Belassen in der Schalung, anders als bei nahezu allen anderen Nachbehandlungsverfahren, die Wirksamkeit der Nachbehandlung durch den Bauablauf oder äußere Einflüsse kaum beeinträchtigt werden kann (Ausführungswahrscheinlichkeit nahe 100 %).

7.4 Ausschreibung

Die Anforderungen an den Beton und an die Ausführung von Betonarbeiten für Wasserbauwerke werden über die [ZTV-W 215; 2004] umfassend beschrieben. Die Vereinbarung weitergehender bzw. abweichender Anforderungen über den Bauvertrag hinaus ist **im Regelfall nicht erforderlich** und kann sehr rasch zu Problemen und Widersprüchen im komplexen Anforderungssystem führen. Die Vorgabe eines Zementes CEM I bei massigen Bauteilen kann beispielsweise zur Folge haben, dass die Kriterien hinsichtlich der adiabatischen Temperaturerhöhung nicht eingehalten werden können. Die Vorgabe eines CEM III/B für Bauteile mit der Expositionsklasse XF3 oder XF4 kann dazu führen, dass ein Nachweis des Frostwiderstands gemäß BAW-Merkblatt nicht erbracht werden kann. Sofern ergänzender Regelungsbedarf über den Bauvertrag besteht, wird hierauf in der [ZTV-W 215; 2004] bzw. im zugehörigen Standardleistungskatalog direkt oder indirekt hingewiesen (siehe beispielsweise [ZTV-W 215; 2004], Absatz (63)).

Bei der Ausschreibung von Beton nach [STLK 215; 2004] war es bislang üblich, eine bestimmte Betonfestigkeitsklasse explizit vorzugeben. Bei Anwendung der neuen Norm ist zu unterscheiden nach Festigkeitsanforderungen aus Statik und Festigkeitsanforderungen aus Dauerhaftigkeit. Festigkeitsanforderungen, die aus statischen Überlegungen resultieren, müssen in der Ausschreibung angegeben und als solche gekennzeichnet werden (z. B.: Mindestdruckfestigkeitsklasse aus Statik: C25/30).

Die Mindestdruckfestigkeitsklasse aus Dauerhaftigkeit ergibt sich hingegen indirekt über die dem Bauteil zugeordneten Expositionsklassen aus [DIN 1045-2; 2001], Tabellen F.2.1 und F.2.2, bzw. den entsprechenden Tabellen in der [DAfStb RL MB; 2005]. Die Dauerhaftigkeit eines Betons wird in erster Linie bestimmt durch den Wasser/Bindemittel-Wert, die Zementart und den Zementgehalt. Für den Wasser-Bindemittelwert als maßgebliche Dauerhaftigkeitsgröße stehen bis heute keine praxisgeeigneten Prüfverfahren zur Überwachung seiner Einhaltung zur Verfügung. Da die Druckfestigkeit ebenfalls in Relation zum Wasser/

Bindemittel-Wert steht, versucht man deshalb, über die Festlegung von Anforderungen an die Festigkeit indirekt die Einhaltung des Wasser/Bindemittel-Wertes sicherzustellen (Druckfestigkeit als Kontrollinstrument für den Wasser/Bindemittel-Wert). Eine explizite Vorgabe der Druckfestigkeit unter Dauerhaftigkeitsaspekten ist **nicht erforderlich** und sollte auch unterlassen werden, weil hierdurch der durch die Norm vorgegebene Ermessensspielraum der bauausführenden Firma unnötig eingeschränkt werden könnte. Bei den Expositionsklassen XF3 und XM2 sind beispielsweise je nach weiterer Ausprägung unterschiedliche Wasser/Bindemittel-Werte und damit unterschiedliche Mindestdruckfestigkeitsklassen möglich. So steht es dem Auftragnehmer bei einem Beton der Expositionsklasse XF3 z. B. frei, diesen mit oder ohne Luftporenbildner herzustellen. Im ersten Fall ist unter Dauerhaftigkeitsaspekten mindestens eine Druckfestigkeitsklasse C25/30, im zweiten Fall mindestens C35/45 nachzuweisen.

Bei der Erstellung der Ausschreibung bzw. des Bauvertrages ist grundsätzlich zu beachten, dass über [DIN EN 206-1; 2001] und [DIN 1045-2; 2001] hinausgehende Vorgaben und Einschränkungen hinsichtlich des Betons im ungünstigen Fall dazu führen können, dass unter vertragsrechtlichen Gesichtspunkten der „Beton nach Eigenschaften“ verlassen und an dessen Stelle der „Beton nach Zusammensetzung“ tritt, was zu einer signifikanten Verlagerung der Verantwortlichkeiten für die Betoneigenschaften vom Auftragnehmer auf den Auftraggeber führen würde. Mit den zusätzlichen Anforderungen der [ZTV-W LB 215; 2004] bewegt man sich diesbezüglich bereits nahe am Grenzbereich, weitergehende Anforderungen sollten auf begründete Ausnahmefälle beschränkt bleiben.

Irritationen hat es verschiedentlich auch bei der Ausschreibung von Prüfungen für Eignungs- und Gütenachweise für Ausgangsstoffe und Betone nach neuer Betonnormung gegeben. Generell gilt, dass nur die nicht gemäß [ATV DIN 18331; 2002] als Nebenleistungen zu erbringenden Nachweise explizit ausgeschrieben werden müssen. Hierfür sind im [STLK 215; 2004] zwei entsprechende Positionen enthalten (Nr. 215 750 / Zusätzliche Eignungsnachweise und Nr. 215 755 / Zusätzliche Gütenachweise). Diese Positionen müssen pauschal formuliert sein, weil Art und Umfang der Nachweise zum Teil abhängig sind von Entscheidungen des Auftragnehmers. So sind bei XF3-Betonen beispielsweise nur Frostprüfungen im Rahmen der Überwachung der Ausführung durch das bauausführende Unternehmen erforderlich, wenn kein Luftporenbildner verwendet wird.

7.5 Qualitätssicherung

Hinsichtlich der Qualitätssicherung von Betonen für Wasserbauwerke enthält die [ZTV-W 215; 2004] über die Anforderungen von [DIN EN 206-1; 2001], [DIN 1045-2; 2001] und [DIN 1045-3; 2001] hinausgehende Anforderungen. Hierbei sind die verschiedenen Verantwortungsbereiche und Schnittstellen zu beachten. Bei der in der Praxis üblichen Verfahrensweise (Beton nach Eigenschaften; Betonherstellung durch einen Transportbetonhersteller im Transportbetonwerk (welches auch unmittelbar am/im Baustellenbereich installiert sein kann) regeln [DIN EN 206-1; 2001], [DIN 1045-2; 2001] und [ZTV-W 215; 2004], Teil 2, die Qualitätssicherung der Betonherstellung. Die Annahme des Betons durch das bauausführende Unternehmen und die Weiterverarbeitung des Betons auf der Baustelle wird hingegen im Wesentlichen in [DIN 1045-3; 2001] und [ZTV-W LB 215; 2004], Teil 3, behandelt.

Vertragspartner des Auftraggebers WSV für Lieferung und Einbau des Betons ist im Regelfall das bauausführende Unternehmen. Über die [ZTV-W LB 215; 2004] werden

- indirekt dem Betonhersteller ergänzende Vorgaben zu Betonausgangsstoffen und Betonzusammensetzung gemacht (siehe beispielsweise [ZTV-W 215; 2004], Abschnitte (107) und (114));
- Ergänzungen zu Prüfumfang und Prüfhäufigkeit bei der Übergabe des Betons vom Betonhersteller an das bauausführende Unternehmen vereinbart (siehe beispielsweise [ZTV-W 215; 2004], Abschnitt (198));
- ergänzende Prüfungen zur Überwachung des Einbaus von Beton durch das bauausführende Unternehmen definiert (siehe beispielsweise [ZTV-W 215; 2004], Abschnitt (198), letzte zwei Spiegelstriche).

In der Praxis hat es sich in den letzten Jahrzehnten als sinnvoll erwiesen, dass sich Auftraggeber und bauausführende Firma nach Vertragsabschluss und zeitlich deutlich vor Beginn der Betoneignungsprüfungen zusammensetzen und ihre Vorstellungen und Vorgehensweisen hinsichtlich der Nutzung des von Regelwerken und Bauvertrag gelassenen Handlungsspielraums erörtern. Hierbei hat sich die Einbeziehung der BAW zur fachlichen Beratung des Auftraggebers bewährt.

Die [ZTV-W 215; 2004] fordert vom bauausführenden Unternehmen vor der eigentlichen Bauausführung eine Eignungsprüfung für den Beton. Mit dieser Eignungsprüfung soll sichergestellt werden, dass der Beton mit den in Aussicht genommenen Ausgangsstoffen unter den Verhältnissen der jeweiligen Baustelle zuverlässig verarbeitet werden kann und dass die geforderten Eigenschaften zielsicher erreicht werden. [DIN EN 206-1; 2001] und [DIN 1045-2; 2001] kennen den Begriff der „Eignungsprüfung“ nicht mehr. Die nach diesen Regel-

werken durch den Transportbetonhersteller zu erbringende Erstprüfung des Betons kann gemäß [ZTV-W 215; 2004] Bestandteil der Eignungsprüfung sein.

Ein Beispiel für die Notwendigkeit von Eignungsprüfungen ist die Einhaltung des Luftgehaltes im Frischbeton bei LP-Betonen, die über längere Strecken gepumpt werden. Der erfolgreiche Nachweis des LP-Gehaltes in einer im Labor hergestellten Mischung ist keine Garantie dafür, dass der geforderte LP-Gehalt zielsicher und kontinuierlich am Ausgang der Betonpumpe auf der Baustelle oder gar am Ende einer oft mehrere hundert Meter langen Pumpstrecke eingehalten werden kann. Selbstverständlich lassen sich die Baustellenverhältnisse im Vorfeld einer Baumaßnahme im Rahmen von Eignungsprüfungen nicht immer umfassend abbilden. Wenn aber beispielsweise mehrere tausend Kubikmeter LP-Beton eingebaut werden sollen, sind Pumpversuche im Rahmen der Eignungsprüfung zumindest über kurze Strecken durchaus gerechtfertigt. Alternativ kann eine endgültige Freigabe des Betons gemäß [ZTV-W 215; 2004], Abschnitt (92), unter dem Vorbehalt erfolgen, dass bestimmte Eigenschaften zu Beginn der Betonierarbeiten nachgewiesen werden. Diese Vorgehensweise birgt allerdings gewisse Risiken für den Bauzeitenplan, hier sind ggf. entsprechende Zeitpuffer einzuplanen.

In der neuen [ZTV-W 215; 2004] erstmals verankert ist die Bestimmung der Hydratationswärmeentwicklung des Betons (s. o.). Da die Verfügbarkeit geeigneter Betonkalorimeter derzeit in Deutschland noch begrenzt ist, sollen die entsprechenden Untersuchungen im Rahmen der Eignungsprüfungen gemäß [ZTV-W 215; 2004] an großformatigen Blöcken (isolierte Würfel mit Kantenlänge 2 m) erfolgen. Sofern im Bauvertrag vereinbart, ist alternativ eine rechnerische Bestimmung oder eine Bestimmung mittels Betonkalorimeter möglich. Die Verfahrensweisen zur Bestimmung der Hydratationswärmeentwicklung des Betons sind in einem Anhang zur [ZTV-W 215; 2004] beschrieben.

Die Blöcke können neben der Hydratationswärmebestimmung auch genutzt werden, um sich einen Eindruck von weiteren Eigenschaften des Betons wie Absetzverhalten oder Wasserabsonderung zu verschaffen, die sich bei kleinen Betonchargen bzw. kleinformatigen Prüfkörpern so nicht beobachten lassen. Diese Eindrücke sind sicherlich subjektiv, praxisgeeignete Prüfverfahren für derartige Eigenschaften sind nicht verfügbar. Sie können aber wichtige Erkenntnisse für die Bauausführung liefern. Beispielsweise sollte bei einem Beton, der an der Oberseite des Blocks eine mehrere Zentimeter starke minderfeste Schicht auf Grund hoher Wasserabsonderung aufweist und dennoch vom Auftragnehmer für die Bauausführung ausgewählt wird, seitens des Auftraggebers während der Bauausführung ein besonderes Augenmerk auf die Vorbehandlung von Arbeitsfugen gerichtet werden

(s. o.). Bild 7.4 zeigt exemplarisch einen Beton, der zunächst für die Schleuse Uelzen II vorgesehen war, u. a. auf Grund übermäßiger Schaumbildung jedoch wieder verworfen worden ist.

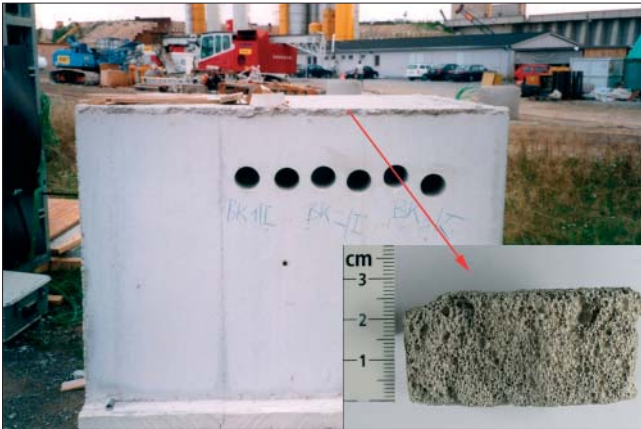


Bild 7.4: Beton mit übermäßiger Schaumbildung

Maßgebend für den Nachweis der vertraglich vereinbarten Betoneigenschaften durch das bauausführende Unternehmen gegenüber dem Auftraggeber ist, dass der Frischbeton an der Einbaustelle und der erhärtete Beton im Bauteil die vereinbarten Eigenschaften aufweisen.

Die in der [ZTV-W 215; 2004] verankerten Kontrollprüfungen des Auftraggebers (siehe [ZTV-W 215; 2004], Abschnitt 91) dienen dazu, die Eignungsprüfungen des Auftragnehmers zu verifizieren. Auch wenn diese Kontrollprüfungen im Regelfall auf Laborprüfungen beschränkt bleiben, haben sie ihre Effektivität beim Aufdecken von Problemen und Widersprüchen in den letzten Jahrzehnten immer wieder unter Beweis gestellt. Die Kontrollprüfungen zur Verifizierung der Eignungsprüfungen sind in den letzten Jahrzehnten für nahezu alle großen Baumaßnahmen der WSV von der BAW durchgeführt worden.

Neben Kontrollprüfungen im Rahmen der Eignungsprüfungen sollten auftraggeberseits auch Kontrollprüfungen während der Bauausführung vorgesehen werden. Diese Kontrollprüfungen sind in der Vergangenheit bei den großen Baumaßnahmen der WSV von der BAW selbst oder von Ingenieurbüros bzw. Materialprüfanstalten durchgeführt worden. Empfehlenswert ist die Durchführung derartiger Kontrollprüfungen bereits zu einem sehr frühen Zeitpunkt während der Ausführungsphase, um der bauausführenden Firma zu signalisieren, dass die Einhaltung der vertraglich vereinbarten Anforderungen auch tatsächlich hinterfragt wird.