



BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU
Karlsruhe · Hamburg · Ilmenau



Tagungsband



BAW-Kolloquium der Abteilung Bautechnik

Ausführung von Wasserbauwerken

8. Juni 2005 in Karlsruhe

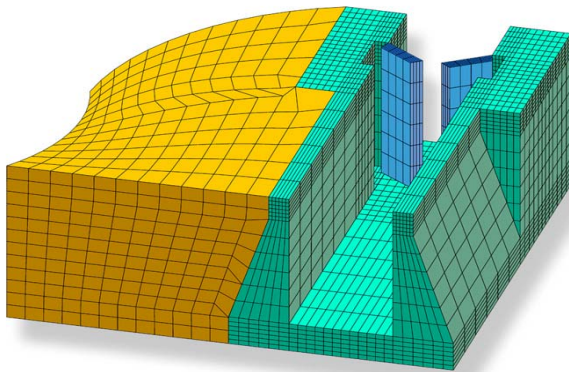
Abteilung Bautechnik

Die Abteilung gliedert sich in folgende Referate:

- B1 - Massivbau
- B2 - Stahlbau, Korrosionsschutz
- B3 - Baustoffe
- B4 - Konstruktive Gestaltung
- BE Bauwerkserhaltung

Aufgaben der Abteilung

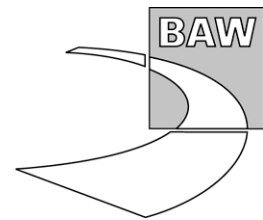
- Beratung bei Neubau, Ausbau und Instandhaltung hinsichtlich statischer, konstruktiver, gestalterischer und baustoffspezifischer Probleme an Bauwerken und ihren stahlwasserbaulichen Ausrüstungen.
- Erarbeitung von Entscheidungsgrundlagen und technischen Lösungen für solche Aufgaben, die besondere sicherheitstechnische Bedeutung haben und die für einen zuverlässigen und wirtschaftlichen Betrieb der Anlagen wichtig sind.



Strukturanalysen für Wasserbauwerke

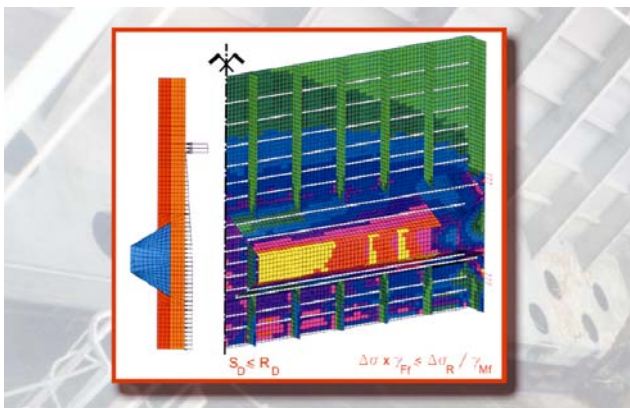
Beratung während der Herstellung (Schleuse Rothensee)

Das Brutto-Anlagevermögen der Wasserbauwerke und der sonstigen Ingenieurbauwerke der WSV beträgt einschl. ihrer Ausrüstung etwa 17 Mrd. €. Im Vergleich zu den Verkehrsträgern Schiene und Straße ist die Vielfalt der Bauwerke wesentlich größer. Ein erheblicher Teil der Bauwerke hat die planmäßige Nutzungszeit von 70 – 90 Jahren erreicht oder überschritten. Aus den unterschiedlichen Nutzungen - außer der Schifffahrt, z. B. Hochwasserschutz und Wasserkraftnutzung - ergeben sich auch die an die Wasserbauwerke zu stellenden Sicherheitsanforderungen.



Daraus leiten sich die fachtechnischen und fachwissenschaftlichen Aufgabenstellungen an die Bautechnik ab:

- Tragwerkssicherheit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit massiver Wasserbauwerke
- Tragwerks-, Funktions- und Betriebssicherheit fester und beweglicher Stahlwasserbauten
- Dauerhaftigkeit (Korrosionsschutz) von Stahlbrücken- und Stahlwasserbauten
- Verwendung von Bauprodukten, die für die speziellen Beanspruchungen von Verkehrswasserbauten dauerhaft geeignet sind
- Gestaltung von Ingenieurbauwerken zur Integration in den Landschaftsraum (Akzeptanz in der Öffentlichkeit)



Statische Nachrechnung eines Schleusentores

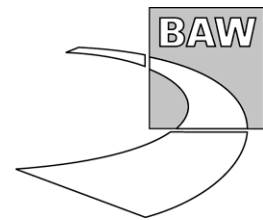


Gestaltungs-Studie für das neue SHW Niederfinow

Die Bautechnik konzentriert sich auf solche Aufgaben, die

- fachwissenschaftlich schwierig sind,
- fachübergreifend zu bearbeiten sind (Massivbau, Baustoffe, Stahlbau in Abstimmung mit Maschinenbau und Elektrotechnik),
- für die Tragsicherheit und Funktionsfähigkeit der Anlagen wichtig sind,
- langjährige Erfahrungen erfordern,
- von baurechtlicher Bedeutung für die WSV sind.

Die Fachkompetenz ergibt sich insbesondere aus der Abhängigkeit und gegenseitigen Befruchtung von Praxisaufgaben und Grundaufgaben. Aus Projektaufgaben der WSV ergeben sich Forschungsthemen, deren Ergebnisse bei weiteren WSV-Projekten genutzt werden und im Regelwerk ihren Niederschlag finden.



Dipl.-Ing. K. Wiese, Dipl.-Ing. Ch. Keller, Wasserstraßen-Neubauamt Hannover

Neubau Schleuse Uelzen II

Die Gewerke und ihre Koordination

Beton aus Sicht der Bauüberwachung

Die Gewerke und ihre Koordination – Dipl.-Ing. Wiese

Beschreibung des Vorhabens

Eine neue Schleusenanlage entsteht derzeit in der Nähe von Uelzen am Elbe-Seiten-Kanal. Der 115 km lange Elbe-Seiten-Kanal verbindet die Seehäfen von Hamburg und Lübeck mit dem europäischen Binnenwasserstraßennetz. Die Schifffahrt über die Elbe würde mehr als doppelt soviel Zeit benötigen. Eine zusätzliche Erschwernis ist das Hoch- und Niedrigwasser der Elbe. Durch die Öffnung der osteuropäischen Märkte ist die Bedeutung des Elbe-Seiten-Kanals gestiegen. Das Verkehrsaufkommen ist auf zuletzt 8,5 Mio. Gütertonnen pro Jahr angewachsen. Mit einem Vertikaltransport von maximal 86 Schiffen pro Tag hat die vorhandene Schleusenanlage Uelzen I die Grenze ihrer Leistungsfähigkeit erreicht. Zur Beseitigung des Engpasses wird die Schleuse Uelzen II gebaut.

Bei beiden Bauwerken handelt es sich um Schachtschleusen mit Sparbecken. Die bestehende Schleuse Uelzen I besitzt drei seitlich und terrassenförmig angeordnete Sparbecken. Mit Uelzen II wird eine Schleuse mit vier integrierten, übereinander angeordneten Sparbecken realisiert, so dass der Wasserverlust auf 30 % der erforderlichen Füllmengen reduziert werden kann.

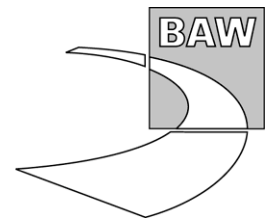
Die Schleusenkammer weist eine Länge von 190 m und eine Breite von 12,50 m auf. Unter Berücksichtigung aller Bauwerksteile in Beton ist die neue Schleuse 311 m lang, 52,50 m breit und 36,50 m hoch. Die Hubhöhe beträgt 23,00 m.

Die Befüllung der Schleuse erfolgt stufenweise aus den Sparbecken über die Sparbeckenbeckenzulaufkanäle und dem unter der Kammersohle liegenden Grundlaufkanal in die Schleusenkammer. Die insgesamt 8 Sparbecken sind dazu jeweils mit 2 Sparbeckenzulaufen mit dem Grundlaufkanal verbunden und dieser über Fülldüsen mit der Kammer.

Erläuterung der Gewerke

Massivbau:

Vom Oberhaupt bis einschließlich des Unterhauptes wurde das Bauwerk ab Gründungsebene auf NN+ 30m bis zur untersten Sparbeckenebene auf NN+ 46m durchgehend bewehrt und ohne Raumbaugliederungen hergestellt. Dadurch entstand ein monolithischer Stahlbetonkörper von 233,70m Länge und 52,50 m Breite. Dieser Körper ist i.B. der Schleusenkammer 3,75m, östlich und westlich des Kammerquerschnittes unterhalb der Sparbecken 16,00 m mächtig. Kanäle und Schächte durchdringen ihn. Die Betonagen erfolgten in Abschnitten, getrennt durch



vertikale, senkrecht zur Schleusenachse, versetzt angeordnete Arbeitsfugen bei Betonierhöhen zwischen 1,00 m und 2,60 m.

Die Gesamtmenge der einzubauenden Rundstahlbewehrung beträgt rund 33.000 to, woraus sich ein mittlerer Bewehrungsgehalt von ca. 140 kg pro m³ Beton ergibt. In der Kammersohle und in den Schleusenhäuptern kam es zu Bewehrungsgehalten > 300 kg pro m³ Beton.

U.a. für die Kammerwände und die Sparbeckenaußenwände kamen Kletterschalungen zur Anwendung. Die Betonierhöhen betragen bis zu 3 m.

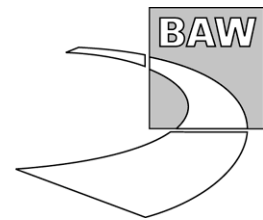
Für die Schalungs-, Bewehrungs-, Betonierungs- und Nacharbeiten wurden 6 Liebherrhochbaukräne installiert: 2 an der Ostseite auf gemeinsamen Gleis mit Auslegerlängen von 70 m, 1 Kran fahrbar auf der Grundlaufsohle, 1 Kran stationär im Auslaufbauwerk / Schleusenachse, 1 Kran stationär auf Sohlenlamelle 1 und 1 Kran stationär auf der unteren Sohle des Einlaufbauwerks.

Die Gesamtmenge des Betons beträgt ca. 250.000 m³. Die Anlieferung der Kiesfraktionen erfolgte mit Binnenschiffen bis zu 5.000 to / Woche. Die Mischleistung betrug 160 m³ pro Stunde bei Betrieb von 2 Mischanlagen. Betonfahrzeuge mit einem Fassungsvermögen von 9 m³ transportierten den Beton zu den mobilen Betonmastpumpen mit einer Mastlänge von vorwiegend 52 m. Für die Betonage des Grundlaufrahmens ist eine ungefähr 250 m lange Förderleitung und ein Betonverteilmast mit einer Reichweite von 32 m installiert. Der Einbau des Betons erfolgte nahezu ausschließlich über Pumpen bis vor Ort, Kleinmengen mit Krankübeln. Die größte durchgeführte Einzelbetonage hatte ein Volumen von etwa 7.200 m³.

Auf der Grundlage der Betonnormen und der im Verkehrswasserbau für den Neubau von Betonbauwerken maßgeblichen ZTV-W LB 215 wurde das sog. „design concept“ verfolgt. Die Erfahrungen von vorherigen, ähnlichen Baustellen sollen so berücksichtigt werden.

Eine Aufteilung nach Art der Beanspruchung wurde u.a. folgendermaßen vorgenommen: Bauteile ohne Frostbeanspruchung (Sohle), Bauteile mit Frostbeanspruchung und hohem Widerstand gegen mechanische Einwirkungen (Kammerwand) oder mit Frost-Tausalzbeanspruchung (Schleusenplanie). Der Einsatz der Betone nicht nur in oberflächennahen Bereichen sondern auch im Innern führte zum Zielkonflikt mit der Begrenzung der Hydratationswärme im jungen Alter zur Minimierung von Zwangsspannungen und ggf. der Rissbildung. Es ergaben sich durch die unterschiedlichen Anforderungen verschiedene Betonzusammensetzungen hinsichtlich der Zementart und des Zementgehalts.

Beim Neubau der Schleuse Uelzen II wurde zum ersten Mal ein neuer Lösungsweg beschritten. In Teilbereichen ist die Dauerhaftigkeits- und Hydratationswärmethematik entkoppelt. Es wurde eine Auflösung in Rand- und Kernbeton vorgenommen und hierzu verschiedene Betonsorten in einem Arbeitsschritt eingebaut.



Diese sog. „zonierte Bauweise“ zeichnet sich dadurch aus, dass in einem zwischen 80 cm und 200 cm breiten Randbereich ein Beton mit den erforderlichen Dauerhaftigkeits-Eigenschaften und relativ hohem Zementgehalt eingebaut wird und im Kernbereich dagegen ein Beton verwendet wird, bei dem ein größerer Anteil Zement durch Flugasche ausgetauscht ist und eine andere Zementart eingesetzt wird, die eine geringere Abbindewärme entwickelt.

Wasserbau – Vorhäfen:

Der Bau des unteren Vorhafens im Einschnitt weist keine bautechnischen Besonderheiten auf.

Die neue Wasserfläche des oberen Vorhafens liegt jedoch 18 m über dem bestehenden Gelände. Zur Herstellung wurden die bestehenden Dämme verbreitert und die neue Uferlinie mit Spundwänden eingebracht. Zur Sicherung des Erdkörpers unter der Hafensfläche und neben den neuen Uferwänden und um ein Aufweichen der Dämme zu vermeiden, ist der Dammkörper mit einem Entwässerungsschlitz hergestellt worden. In diesem Sandschlitz wurden die Spundwände eingebaut. Die alte Streckenspundwand wurde mit einer Hilfsspundwand zu einem 6 m breiten Fangedamm gekoppelt. In dem Erweiterungsbereich zwischen neuer Streckenspundwand und Fangedamm ist somit im Trockenen die Tondichtung eingebaut worden. Nach Flutung des Erweiterungsbereiches wurde der Fangedamm sukzessive zurückgebaut und gedichtet. Die neue Hafensfläche war hergestellt.

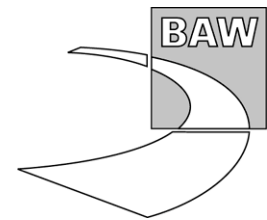
Stahlwasserbau:

Die Schleusenammer wird durch die Häupter begrenzt. Das Oberhaupt integriert das Obertor, das als Zugsegmenttor mit doppeltem Torsionsantrieb ausgebildet ist. Das Untertor im Bereich des Unterhauptes wird als überstautes Stemmtor mit Kopfdichtung gebaut. Die Tore werden von trockenen Antriebsräumen betrieben.

Die insgesamt 4 Längskanalverschlüsse sind Zugsegmente mit einseitigem Torsionsantrieb. Die ebenfalls einseitig angetriebenen 16 Sparbeckenverschlüsse wirken bei gefüllter Kammer und leeren Sparbecken als Drucksegmente und bei vollen Sparbecken als Zugsegmente.

Die genannten Tore und Verschlüsse werden über Elektrohubzylinder angetrieben.

Als „Absperrungen“ für die Revision der Schleusenammer oder einzelner Verschlüsse sind Gleit tafeln für Längskanal- und Sparbeckenverschlüsse und Dammbalkenverschlüsse für das Ober- und Untertor vorgesehen. Durch Pfosten-Tafel-Systeme im Ein- und Auslaufbereich kann die gesamte Schleusenanlage trocken gelegt werden. Das Unterhaupt wird gegen



Anfahrungen mit einem antriebslosen Seil-Stoßschutz geschützt. Insgesamt 16 Schwimmpoller und 4 Bootspoller ermöglichen der Schifffahrt das Festmachen.

E-Technik und Hochbau:

Auch diese beiden Gewerke müssen in das Gesamtvorhaben eingefügt werden. Hier nur einige Daten, die auch die Komplexität des Bauvorhabens verdeutlichen. Auf der Baustelle werden über 80 km Kabel verlegt. Jeder Verschluss bekommt seinen eigenen Antriebsraum mit Schaltschränken. Die Arbeiten des Gewerkes E-Technik sind bereichsweise auf den Massivbau (z.B. Vermeidung von Staubbelastigung und Feuchtigkeit) und den Stahlwasserbau (z.B. Baufreiheit für den Anschluss der Elektrohubzylinder) abzustimmen.

Das gleiche gilt für den Hochbau. So müssen beispielsweise auch die Maurer-, Putzarbeiten und die Arbeiten zum Bau der Kamerabrücke auf die anderen Gewerke abgestimmt werden.

Vernetzte Terminplanung

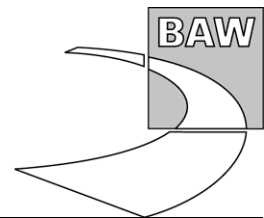
Für die Bereiche Massiv- und Wasserbau, Stahlwasserbau und E-Technik sind separate Bauverträge geschlossen worden. In diesem Fall kommt die VOB / B mit dem § 4, 1. (1) zur Anwendung: „Der Auftraggeber hat das Zusammenwirken der verschiedenen Unternehmer zu regeln.“ Dieser Satz bedeutet in der Praxis intensivste Koordinationspflicht. Der AG hat für die drei o.g. Gewerke einen Gesamtterminplan aufgestellt. Als Meilensteine beinhaltet dieser Plan z.B. die Herstellung der Anschüttung, um den Transport des Obertores zum Oberhaupt zu ermöglichen und die beidseitige Herstellung der Planie, um die Verschlüsse für die Längskanäle, Sparbeckenzulaufkanäle und das Untertor einheben zu können.

Um für die Anschlussarbeiten der Vorhäfen an das Bauwerk ständig 2 Sicherungslinien zu gewährleisten, war es erforderlich, die Fertigstellung und den Einbau der Pfosten-Tafel-Verschlüsse (1. Sicherungslinie), der Dammbalkenverschlüsse und der wasserseitigen Längskanalverschlüsse (2. Sicherungslinie) terminlich zu fixieren.

Und schließlich sollten die Verschlüsse eingebaut und deren Schleifflächen vergossen sein, bevor das Bauwerk abschnittsweise geflutet wird bzw. der Probetrieb beginnt.

Zur Erläuterung der Einzelabhängigkeiten sind die verschiedenen Arbeitsabläufe am Beispiel des Obertores dargestellt:

Herstellung Erstbeton	Massivbau + Wasserbau
Montage Feste Teile (z.B. Wandlager, Lagerkonsolen, Schleifflächen)	Stahlwasserbau
Verguss mit Zweitbeton	Massivbau + Wasserbau
Anlieferung Maschinenbauteile + Transport zum Einbauort	Stahlwasserbau



Montage Maschinenbauteile	Stahlwasserbau
Verguss Lagerbock	Massivbau + Wasserbau
Fertigstellung der Zufahrt zum Antransport des Torkörpers	Massivbau + Wasserbau
Antransport Torkörper und Ablegen in der Torgrube	Stahlwasserbau
Montage Elektrohubzylinder	Stahlwasserbau
Lieferung Schaltanlage (Vorarbeiten)	E-Technik
Anschlussarbeiten Schaltanlage (Vorarbeiten)	E-Technik
Kabelzug nach OH-Westseite (Vorarbeiten)	E-Technik
Anschlussarbeiten Elektrohubzylinder	E-Technik
Inbetriebnahme SPS Oberhaupt	E-Technik
Montage Schwingen	Stahlwasserbau
Montage Torkörper	Stahlwasserbau
Einstellarbeiten an Seiten- und Sohdichtung	Stahlwasserbau
Verguss Seiten- und Sohdichtung	Massivbau + Wasserbau
Montage Fenderung und Leiteinrichtung	Stahlwasserbau
Dichtigkeitsproben	Stahlwasserbau

Da nur einige Vorarbeiten der E-Technik unabhängig ausgeführt werden konnten und der Rest des Zeitplanes für das Obertor End-Anfang-Beziehungen sind, wird deutlich, dass der AG die Einhaltung des Terminplans ständig einfordern muss, um Behinderungen der jeweiligen Folgegewerke zu verhindern.

Diese Koordination ist notwendig für rund 100 Bauteile, z.B. Obertor, Untertor, Sparbecken-, Längskanalverschlüsse, Sparbecken-, Längskanalrevisionsverschlüsse, Schwimmpoller, Bootspoller, Kammerrevisionsverschlüsse.

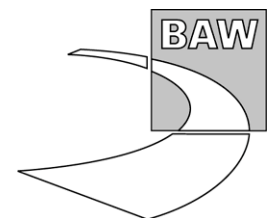
Um diese Koordination zu bewältigen, sind Leistungsfeststellungen durchzuführen. Diese werden im nächsten Abschnitt exemplarisch an der Schnittstelle Massivbau – Stahlwasserbau erläutert.

Schnittstelle Massivbau und Stahlwasserbau

Wenn die Leistungen für diese Gewerke getrennt vergeben sind, müssen umfangreiche Leistungsfeststellungen durchgeführt werden. Unter Berücksichtigung der o.g. 100 Bauteile summieren sich etliche hundert Leistungsfeststellungen.

Wiederum am Beispiel des Obertores ist der Ablauf dargestellt:

Leistungsfeststellung „Erstbeton“	Massivbau – AG AG - Stahlwasserbau
Einbau der „Festen Teile“ , Lagerkonsolen, Wandlager, Sohl- und Seitendichtung	Stahlwasserbau



Leistungsfeststellung „Feste Teile“	Stahlwasserbau – AG AG - Massivbau
Einbau des Zweitbetons i.B. der Lagerkonsolen und Wand-Lager	Massivbau
Leistungsfeststellung „Feste Teile in Zweitbeton“ Lagerkonsolen und Wandlager	Massivbau – AG AG - Stahlwasserbau
Einbau Torsionsrohr, Lagerbock und Antriebsscheibe	Stahlwasserbau
Leistungsfeststellung „Feste Teile“, Lagerbock	Stahlwasserbau – AG AG - Massivbau
Einbau des Zweitbetons i.B. des Lagerbocks	Massivbau
Leistungsfeststellung „Feste Teile in Zweitbeton“ Lagerbock	Massivbau – AG AG - Stahlwasserbau
Einbau des „Beweglichen Teils“, Torkörper	Stahlwasserbau
Leistungsfeststellung „Montage des Beweglichen Teils“	Stahlwasserbau – AG AG - Massivbau
Einbau des Zweitbetons i.B. der Seiten- und Sohldichtung	Massivbau
Leistungsfeststellung „Feste Teile in Zweitbeton“ Seiten- und Sohldichtung	Massivbau – AG AG - Stahlwasserbau
Leistungsfeststellung „Dichtigkeitsproben, trocken und nass“	
VOB – Abnahme	

Am Beispiel der Leistungsfeststellung „Erstbeton“ seien hier kurz die zu überprüfenden Punkte aufgeführt:

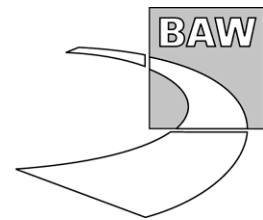
Zu übergebende Festpunkte, Vermessungsprotokolle, Qualität des Erstbetons, Lage der Montageplatten, Sauberkeit, Zuwegung und Baufreiheit.

Bei der Ausschreibung der Gewerke muss sich der Auftraggeber über diese Schnittstelle bei getrennter Vergabe im Klaren sein.

Beton aus Sicht der Bauüberwachung– Dipl.-Ing. Keller

Das Betonierkonzept

Bereits zum Zeitpunkt der Herstellung der Baugrube wurden die Betonrezepturen für die unterschiedlichen Einsatzbereiche weitestgehend eignungsgeprüft und festgelegt. Im gleichen Zuge wurde das Betonierkonzept erstellt und auf die Besonderheiten des Bauvorhabens Schleuse Uelzen II zugeschnitten. Wichtige Kapitel des Betonierkonzeptes bilden die beton-technologischen Aspekte des Massenbetons; die Ausbildung der massigen Bauteile mit unterschiedlichen Rezepturen, sowie der Einsatz von Beton mit einem hohen Widerstand gegen Frost- und Frost-Taumittelangriff. Im Betonierkonzept sind alle wichtigen Daten, von der



Herkunft und Qualität der Betonausgangsstoffe, über die Rezepturen, die Betonherstellung, den Einbau und die Überwachung, bis hin zur Nachbehandlung und Fehlerbeseitigung festgeschrieben. Änderungen, die sich im Bauablauf ergeben, werden in der Fortschreibung des Betonierkonzeptes erfasst. So bedarf beispielsweise ein Wechsel der Sandgewinnungsstätte der erneuten Durchführung der Eignungsprüfung mit positivem Ergebnis, muss vom Auftraggeber genehmigt werden und geht schließlich in das Betonierkonzept ein. Das wesentlichste Problem bei Massenbeton ist die Wärmeentwicklung im Bauwerksinneren und deren Abfluss.

Kern- Randbeton- Konzept

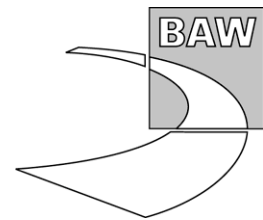
Um die Wärmeentwicklung im massiven Bereich zwischen Unterkante Bauwerk und Sparbeckensohle möglichst gering zu halten, wurde ein besonderes Konzept erdnen, welches auf den Einsatz zweier unterschiedlicher Rezepturen beruht. In den Randbereichen, wie z.B. der Grundlaufsohle, sind die Anforderungen an den Beton höher als in den kaum bewehrten Kernbereichen. Beide Bereiche benötigten jedoch lediglich einen B 25.

Der Beton des Kernbereiches wurde mit einem Hochofenzement hergestellt, der ja bekanntlich eine verlangsamte und geringere Wärmeentwicklung aufweist, wobei ein großer Teil des Zementes durch Flugasche ersetzt wurde. Es wurden in dieser Rezeptur lediglich 180 kg CEM III / A und 120 kg Flugasche je m³ eingesetzt.

In den Randbereichen sind die Einwirkungen auf den Beton größer, zumal sich hier ein hoher Bewehrungsanteil befindet, es wurde auf einen Portlandhüttenzement zurückgegriffen. Für diese Rezeptur kamen 240 kg CEM II / B-S und lediglich 60 kg Flugasche je m³ Beton zum Einsatz. Damit ist der Beton des Randbereiches höherwertig als der Beton des Kernbereiches. Beide Betone erfüllen jedoch nicht nur die geforderten Eigenschaften, sondern führten zu einer starken Reduzierung der anfallenden Hydratationswärme und damit zu einer verminderten Rissneigung. Baupraktisch wurde zunächst der Randbereich mit dem höherwertigen Beton (Regelkonsistenz) und anschließend der Kernbereich mit der anderen Betonsorte (fließfähige Konsistenz) aufgefüllt. Im lagenweisen Einbau wurde der Randbeton stets 10 cm höher eingebaut als der Kernbeton, um zu verhindern, dass der Kernbeton in den Randbereich tritt. Die Konsistenz des Randbetons war jeweils steifer als die des Kernbetons. Diese Betonsorten konnten auf der Baustelle im frischen Zustand an ihrer Färbung, bedingt durch die verschiedenen Zementsorten, unterschieden werden, was die Gefahr einer Verwechslung deutlich verringerte.

Luftporen - Beton

Bei bestmöglicher Vorbereitung lassen sich jedoch nicht alle betontechnologischen Fragestellungen bereits im Vorfeld abschließend klären. Ein besonderes Augenmerk erforderte die Überwachung des Luftporengehaltes im Beton der Kammerwand und der Planie, da dieser mit Hilfe einer Betonpumpe einzubauen war. Der Luftporengehalt des Betons hatte zwischen 3,5 und 5,5 % beim Einbau zu liegen. Es stellte sich jedoch heraus, dass der Einsatz ver-



schiedener Betonpumpen zu einer unterschiedlich starken Abnahme des Luftporengehalts während des Pumpens führte. Ferner ist der LP- Gehalt abhängig von der Betontemperatur und dem Wassergehalt, der leicht variiert. Die Gewährleistung des angemessenen Luftporengehaltes wurde durch ständige Kontrollprüfungen vor und nach der Pumpe erreicht. Der Beton wurde erst zum Einbau freigegeben, nachdem der korrekte LP- Gehalt auch am Einbauort nachgewiesen und konstant war und stichprobenartig bestätigt werden konnte. Ein verlässlicher Zusammenhang zwischen Gehalt an Luftporenbildner und Luftporengehalt am Einbauort ist nicht erkennbar, da die zwischengeschaltete Betonpumpe einen undefinierbaren Einfluss auf den Verlust an Luftporen bei der Förderung hat.

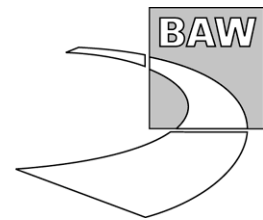
Die Aufgaben der Bauüberwachung

Vorbereitende Maßnahmen

Um eine qualitativ hochwertige Überwachung und Steuerung der Ausführung des Betonbaus vornehmen zu können, ist es erforderlich die Betonierabschnitte bereits im Vorfeld permanent zu begleiten. Gewisse Zustände sind zum Zeitpunkt des Betonagebeginns nicht mehr prüfbar, da sie nicht mehr zugänglich sind. Ein besonderes Augenmerk ist im Vorfeld auf den korrekten Einbau von Montageplatten und Anschlussbewehrung zu legen, denn es hat sich gezeigt, dass diese gelegentlich falsch platziert oder vergessen werden.

Bereits vor dem Einbau von Bewehrung sollte auf die vertragsgerechte Herstellung der Arbeitsfugen hingewirkt werden. Bei horizontalen Arbeitsfugen ist gem. ZTV-W LB 215 das Grobkorngerüst freizulegen. Dies ist allerdings nach dem Einbau von Bewehrung in den meisten Fällen nicht mehr möglich. In den geschalteten Arbeitsfugen zwischen Erst- und Zweitbeton sah der Auftragnehmer ursprünglich die Herstellung der rauen Oberfläche mit Hilfe von Luftpolsterfolie vor. In einigen Bereichen wurden diese Luftpolsterfolie versuchsweise eingesetzt. Es konnte jedoch beobachtet werden, dass sich diese Folie häufig von der Schalung löst und in den Erstbeton wandert. Hierdurch werden Wasserwegigkeiten, oft bis an die Bewehrung heran, bereits mit eingebaut. Des weiteren waren die ausbetonierten Stege der Noppenfolie so schmal, dass sich dort lediglich Zementstein fand, hier konnte nicht mehr von einem homogenen Beton gesprochen werden. Der weitere Einsatz einer Noppenfolie wurde grundsätzlich abgelehnt. Als das günstigste Vorgehen zum Aufräumen der Oberfläche erscheint das Hochdruckwasserstrahlen ca. 20 h nach Abschluss einer Betonage.

Unmittelbar vor einer Betonage ist die Sauberkeit der Arbeitsfuge zu kontrollieren. Als besondere Schwachstelle zeigen sich hier naturgemäß die Bereiche an der Schalung, deren Zugänglichkeit durch Bewehrung und Fugenbleche stark eingeschränkt sind. Besonders diese Bereiche sind es jedoch, die später einer hohen Beanspruchung ausgesetzt werden. Ein weiteres Kriterium ist die Wassersättigung der Anschlussfuge, bevor mit dem Betonieren begonnen wird. Besonders im Sommer und bei größeren Flächen liegt hier eine Fehlerquelle. Im Winterbau besteht eher das Problem dass die Fuge frostfrei sein muss.



Vertikale Arbeitsfugen wurden mit unverzinktem Streckmetall abgeschalt. Streckmetall gewährleistet einen guten Verbund innerhalb der Arbeitsfuge, sofern dieses einlagig angeordnet ist und vor dem weiteren Betonieren der überschüssige Zementleim entfernt wurde, ohne hinter dem Streckmetall Hohlstellen zu erzeugen.

Ein besonderes Augenmerk sollte bereits frühzeitig auf die Betonierbarkeit eines Abschnittes gerichtet werden. Hierzu gehört im Besonderen die regelmäßige Anordnung von Betonier- und Rüttelgassen in enger Bewehrung, sowie die Ausbildung und Anordnung von Schalung und Fugenblechen.

Vor einer Betonage übergibt der Auftragnehmer einen Betonierplan zum jeweiligen Bauteil, dem alle wichtigen Daten, wie z.B. Bauteil, Betonrezeptur, Beginn der Betonage, Förderart des Betons und ggf. die Vorgehensweise beim Betonieren mit verschiedenen Betonsorten entnommen werden kann. Nachdem ein Betonierabschnitt abschließend vorbereitet wurde, erfolgt die förmliche Freigabe zum Betonieren durch die Bauüberwachung. In dem dazugehörigen Protokoll werden alle wesentlichen Punkte wie Bewehrung, Sauberkeit, Einbauteile und isolierter Einbau abgearbeitet.

Der Betoneinbau

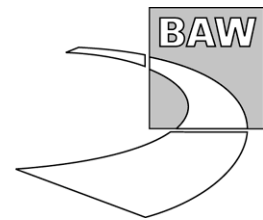
Bevor der erste Beton eines Abschnittes eingebaut wird, erfolgt die Prüfung auf Konformität am Labor. Hierbei wird neben der Lieferscheinkontrolle im Besonderen das Ausbreitmaß, der Luftporengehalt und die Betontemperatur gemessen. Der Beton wird erst zum Einbau in das Bauwerk freigegeben, wenn der Inhalt von drei aufeinanderfolgenden Fahrzeugen den vereinbarten Werten entspricht. Weitere Kontrollprüfungen erfolgen stichprobenartig.

Während einer laufenden Betonage wird besonders auf den handwerkgerechten Einbau geachtet. Es hat sich gezeigt, dass auf die Einhaltung geringer Fallhöhen des Betons gedrängt werden muss. Weiterhin ist das fachgerechte Handling von Flaschenrüttlern keinesfalls eine Selbstverständlichkeit.

Schalfristen und Nachbehandlung

Eine besondere Aufmerksamkeit erfordert die Überwachung der Einhaltung der vertraglich festgelegten Schalfrist, sowie die Durchführung der Nachbehandlung. Für eine praxisnahe Überwachung ist das Führen einer Tabelle empfehlenswert. In dieser werden die zuletzt betonierten Bauteile mit Betonierdatum benannt und das Datum des Ausschalens, sowie die regelmäßige Durchführung der Nachbehandlung dokumentiert. Mit Hilfe dieser Dokumentation ist die Durchsetzung der vertraglichen Vereinbarungen vereinfacht.

Lange Schalzeiten bedeuten grundsätzlich eine gute und lange Nachbehandlung, was sich positiv auf die Betonqualität auswirkt. Für die Schleuse Uelzen II sind Schalfristen von 3 Wochen vertraglich vereinbart. Diese Schalfristen stehen jedoch einem zügigen Bauablauf ent-



gegen. Um dennoch beiden Zielen zu entsprechen, wurde dem Auftragnehmer eine Ausschallfrist von einer Woche gestattet, sofern unmittelbar nach dem Ausschalen ein Nachbehandlungsfilm aufgetragen wird. Durch diese Maßnahme können weiterführende Arbeiten in den jeweiligen Bereichen um 2 Wochen früher wieder aufgenommen werden. Der Nachbehandlungsfilm selbst bietet einen effektiven Schutz des jungen Betons vor dem Austrocknen, weit über die vertraglich vereinbarte Schalfrist hinaus. Dieses Nachbehandlungsmittel kam auch bei endgültigen horizontalen Flächen, wie z.B. der Kammersohle, zum Einsatz. Problematisch wird der Nachbehandlungsfilm jedoch auf Arbeitsfugen oder Bereichen die verputzt oder gefliest werden sollen. Das verwendete Nachbehandlungsmittel auf Wachsbasis bildet auf dem Beton eine Trennschicht. Da der aufgetragene Film nur extrem langsam verwittert (je nach Auftragsstärke erst nach Jahren), ist er in den entsprechenden Bereichen grundsätzlich nicht anzuwenden, bzw. muss durch einen sehr hohen Aufwand entfernt werden. Der Nachbehandlungsfilm ist nur durch intensives Hochdruckwasserstrahlen mit heißem Wasser, Granulatstrahlen oder durch Abstemmen des Betons zu entfernen. Bei dem Einsatz von Nachbehandlungsmittel ist also darauf zu achten, dass dieses tatsächlich nur auf endgültigen Oberflächen eingesetzt wird und dass sich evtl. anschließende Arbeitsfugen konventionell nachbehandelt werden.

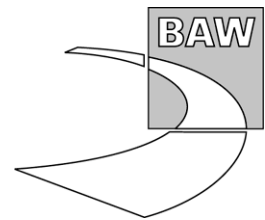
Instandsetzung

Nach dem Ausschalen zeigten sich in verschiedenen Bereichen Mängel die zu beseitigen waren. Hierbei handelte es sich im Besonderen um verunreinigte Arbeitsfugen und ausgelaufenen Zementleim auf Grund undichter Schalung.

Zur Ertüchtigung dieser unterschiedlichen Bereiche hatte der Auftragnehmer ein Instandsetzungskonzept vorzulegen. Dieses Konzept, in Anlehnung an die ZTV – W, LB 219, enthält alle unterschiedlichen Instandsetzungsfälle, die jeweils einzusetzenden Betonersatzsysteme und detaillierte Arbeitsanweisungen. Es sind ausschließlich Instandsetzungsmaterialien einzusetzen, die in der Liste der geprüften Stoffe der Bundesanstalt für Straßenwesen enthalten sind. Ähnlich wie das Betonierkonzept ist das Instandsetzungskonzept kein starres Regelwerk, sondern wird bei Sonderfällen oder Änderungen fortgeschrieben und abgestimmt.

Die Instandsetzung erfolgt stets unter Einbeziehung der Bauüberwachung. Um die einzelnen Bereiche sinnvoll, nachvollziehbar und gemeinsam zu ertüchtigen, meldet der Auftragnehmer die jeweils abzuarbeitenden Stellen im Vorfeld mit einem Formblatt an. Dieses Formblatt begleitet die jeweilige Fehlstelle bis zur endgültigen Abarbeitung und enthält alle Daten der tatsächlichen Ausführung.

Mit Hilfe dieser Formblätter erfolgt die Ertüchtigung von Instandsetzungsbereichen bereits in Hinblick auf die Abnahme des Bauwerks. Werden vom Auftragnehmer Instandsetzungsbereiche nicht benannt, so zeigt der Auftraggeber ihm diese auf. Eine Abnahme der Stahlbetonbauteile kann nur erfolgen, wenn alle Instandsetzungen nach dem abgestimmten Konzept erfolgreich abgearbeitet und dokumentiert sind.

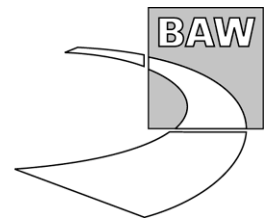


Die Eigenüberwachung des Auftragnehmers

Es ist festzustellen, dass die Eigenüberwachung und damit die Eigenverantwortung zur Qualitätssicherung bei den Auftragnehmern einen stetig geringer werdenden Stellenwert einnimmt. So werden beispielsweise die Frischbetonuntersuchungen vom Auftragnehmer nicht mehr selbst ausgeführt, sondern zu niedrigsten Preisen an einen Nachunternehmer vergeben. Dieser führt nicht mehr als die vereinbarten Mindestprüfungen aus und hat keinerlei Befugnis oder Veranlassung einen direkten steuernden Einfluss auf die Betonqualität zu nehmen.

Weiterhin ist festzustellen, dass aus Kostengründen vermehrt auf den Einsatz von unqualifiziertem Personal zurückgegriffen wird. Dies ist augenscheinlich der Fall, wenn ein Arbeiter nicht in der Lage ist eine Rüttelflasche einzuschalten oder diese zu bedienen.

Die immer geringer werdende Wahrnehmung der Eigenverantwortung durch die Auftragnehmer erschwert die Aufrechterhaltung eines gleichbleibend hohen Qualitätsniveaus und erfordert einen entsprechend deutlich erhöhten Überwachungsaufwand, auch mittels zusätzlicher Kontrollprüfungen, durch den Auftraggeber.



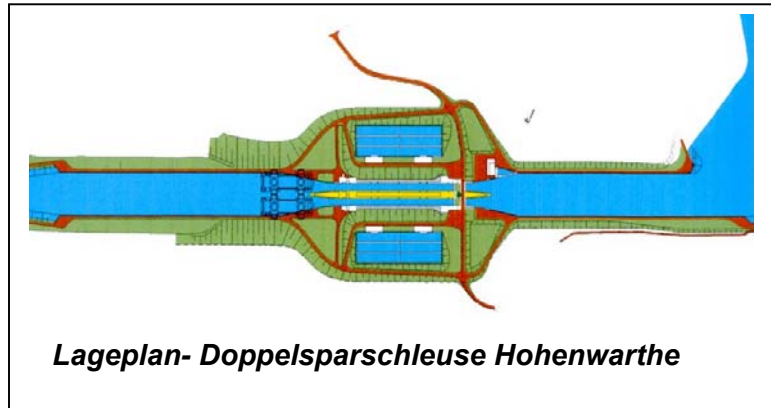
Dipl.-Ing. André Weisner, Wasserstraßen-Neubauamt Magdeburg

Doppelsparschleuse Hohenwarthe - Massivbau

Konstruktion und Funktion der Schleusenanlage

Die Schleusenanlage bildet das östliche Ende der Mittellandkanalhaltung Sülfeld - Hohenwarthe. Das Bauwerk überwindet den Höhenunterschied von 18,55 m zum Elbe-Havel-Kanal.

Die als Sparschleuse konzipierte Anlage besteht i. W. aus den Vorhäfen, den Schleusenammern, einem Betriebsgebäude, der Unterhauptbrücke, den Sparbecken, vier Maschinenhallen sowie einem Pumpwerk im Unterwasser.



Lageplan- Doppelsparschleuse Hohenwarthe

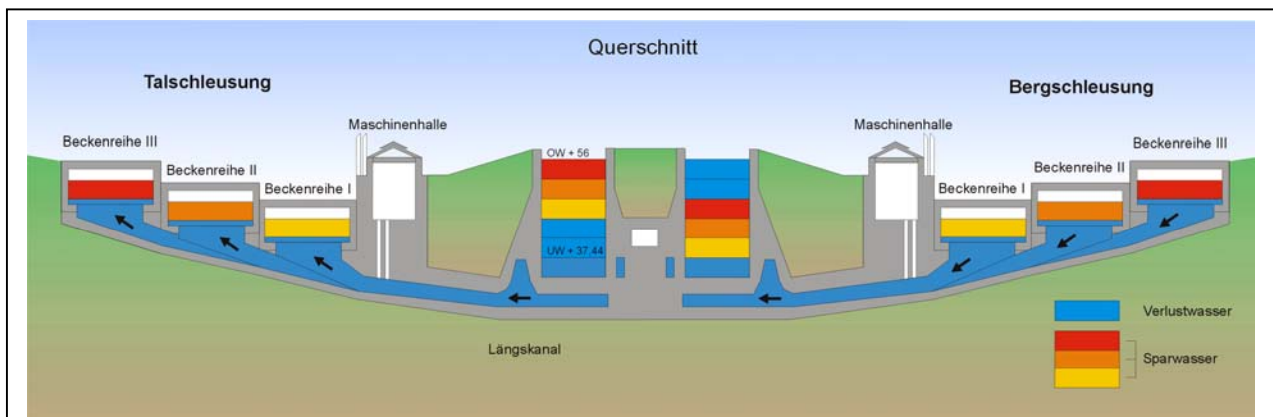
Die nutzbare Kammerlänge beträgt 190 m und die Breite 12,50 m. Eine ebenso breite Mittelmole trennt die beiden Schleusenammern. Die 24,45 m hohen Kammerwände sind durch Dehnfugen getrennt.

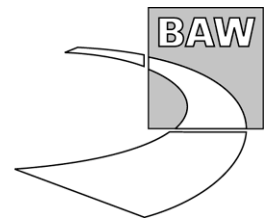
Die Schleuse ist auf 1.248 Großbohrpfählen gegründet. Die darüber liegende 5,50 m dicke Stahlbetonsohle ist vom Unterhaupt bis zum Oberhaupt über eine Länge von 246,50 m dehnfugenlos ausgebildet. Die gewählte Gründung vergleichmäßigt die auftretenden Setzungsdifferenzen und schafft somit die Voraussetzung zur Einhaltung zulässiger Fugenverformungen in den Wänden.

Es wurden Fugenbänder mit Breiten von 3 cm (Kammer) bis zu 14 cm (Oberhaupt / Einlaufbauwerk) eingebaut.

Die zu beiden Seiten der Schleusenammern terrassenförmig gestaffelten und flach gegründeten offenen Sparbecken wurden monolithisch hergestellt. Jedes der insgesamt 6 Sparbecken ist 167 m lang und 15,50 m breit. Die Sparbecken sind durch fugenbehaftete Zulaufkanäle gelenkig mit den Schleusenammern verbunden.

Das Konstruktionsprinzip, die Sparbecken konstruktiv von der als Doppel U Rahmen geplanten Kammer zu trennen, entspricht i. W. dem Prinzip der Schleusen des zweiten Kanalabschnittes des Main-Donau-Kanals.





Im Oberhaupt kamen Zugsegmenttore zum Einsatz. Im Unterhaupt wurden zwei Hubtore mit beidseitig hydraulischem Antrieb eingebaut.

Der Auftrag für den Bau der Schleuse wurde im September 1998 erteilt. Die Verkehrsfreigabe erfolgte im Oktober 2003.

Baumengen des Rohbaus

Einphasendichtwand	44.800 m ²
Baugrubenverbau	7.800 m ²
Erdbau	1.600.000 m ³
Stahlpundwand	20.000 m ²
Großbohrpfähle	1.300 St.
Stahlkonstruktion	2.000 t
Beton / Stahlbeton	320.000 m ³
Schalfläche	180.000 m ²
Bewehrungsstahl ohne Pfähle	33.000 t

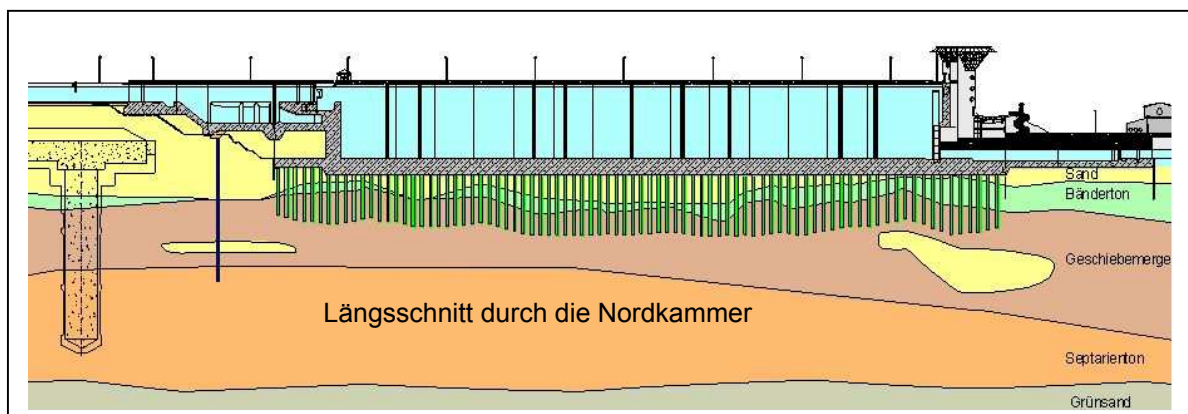
Statische Anforderungen an die Stahlbetonkonstruktion und Baugrund

Die Schleusenanlage Hohenwarthe erfährt durch ihr großes Eigengewicht eine enorme statische Beanspruchung.

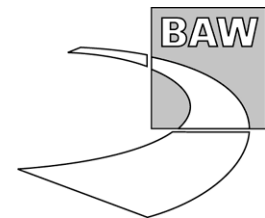
Der Schleusungsvorgang in den Kammern und in den Sparbecken verursacht ferner Wechsellasten (nicht vorwiegend ruhende Belastung). Der Durchfluss erreicht dabei in den Sparbeckenzuläufen 120 m³/s und in den Längskanälen 70 m³/s.

Neben der „üblichen“ statischen Beanspruchung der Schleuse kam hinzu, dass der Bauwerksstandort durch einen sehr inhomogenen Baugrund und eine auf Wechsellasten empfindlich reagierende Gründungsschicht aus Bändertonen und Bänderschluften gekennzeichnet ist.

Ferner wirkt sich ein im direkten Einfahrtsbereich gelegenes und rd. 70 m tief gegründetes altes Doppelhebewerk negativ auf die Gründungssituation aus.

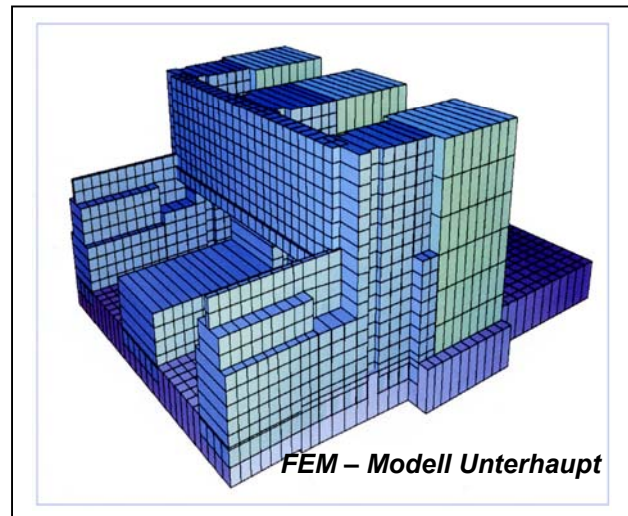


Aufgrund einer geologischen Störzone westlich der Anlage und der Begrenzung durch eine Schiffswendestelle im Osten, blieb dem Bauherrn keine Alternative zum Standort.



Grundlage für die Bemessung der Sohlplatte war die Setzungsberechnung aus Lastbeanspruchung mit den aus den Verformungen resultierenden Zugspannungen an Unter- und Oberseite der Sohlplatte.

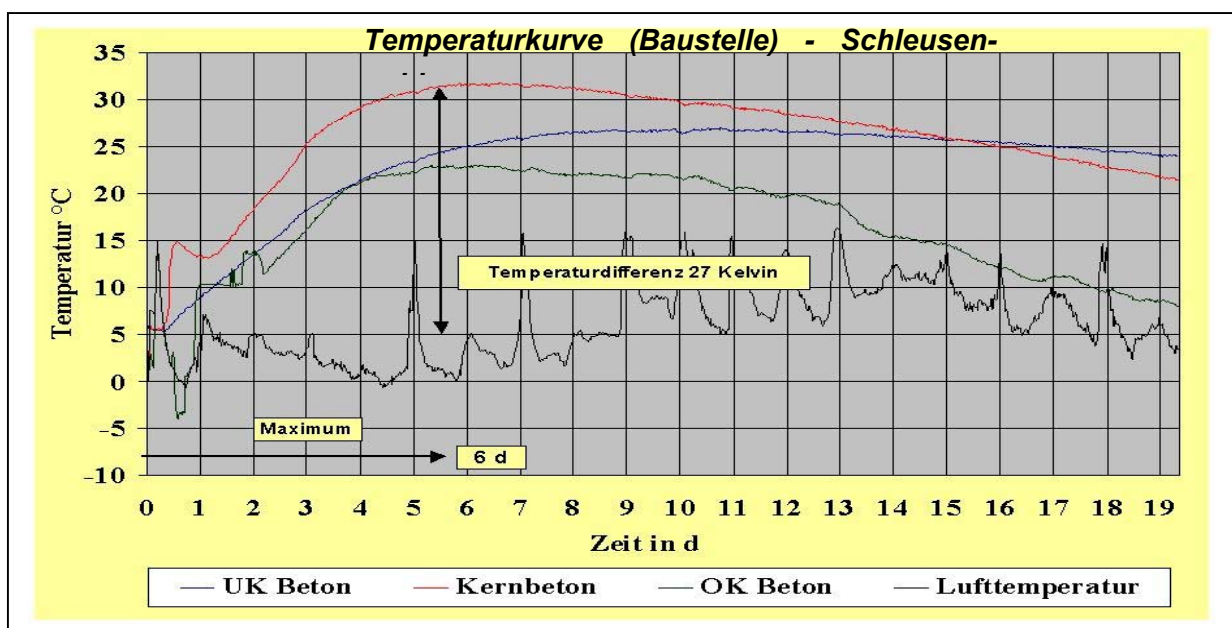
Für die Zwangsbeanspruchung aus abfließender Hydratationswärme ist für den gesamten Bauablauf eine instationäre Wärmeberechnung durchgeführt worden. Die Berechnungen erfolgten für die Kammerblöcke an einem ebenen System und für das Ober- und Unterhaupt an räumlichen Systemen.



Anforderungen an den Festbeton

Neben den "normalen" betontechnologischen Anforderungen, die sich aus der Statik, der Beanspruchung und den Dauerhaftigkeitsanforderungen ergaben, sind vor allem die Besonderheiten und Eigenschaften von Massenbeton wesentlich für die Konzeption des Betons. Die Wasserundurchlässigkeit des Bauwerkes und die überdurchschnittliche Beanspruchung durch Frost-Tauwechsel, insbesondere in der Wasserwechselzone sind ebenso signifikant. Um allen Forderungen zu entsprechen ergibt sich zwangsläufig eine Gratwanderung bei der Aufstellung der Betonrezepturen.

Bei der Wahl der Betonzusammensetzung für die Erstellung von massigen Bauwerken ist die sichere Vermeidung von Rissen aus inneren und äußeren Zwang, insbesondere durch die Temperaturbeanspruchung während der Hydratation, wichtigste Aufgabe. Für alle massigen Bauteile wurde ein Hochofenzement CEM III/A 32,5 N-NW/NA verwendet. Die Hydratationswärmeentwicklung des Zementes durfte dabei 230 J/g nach 7 Tagen nicht überschreiten (normativ: 270 J/g).



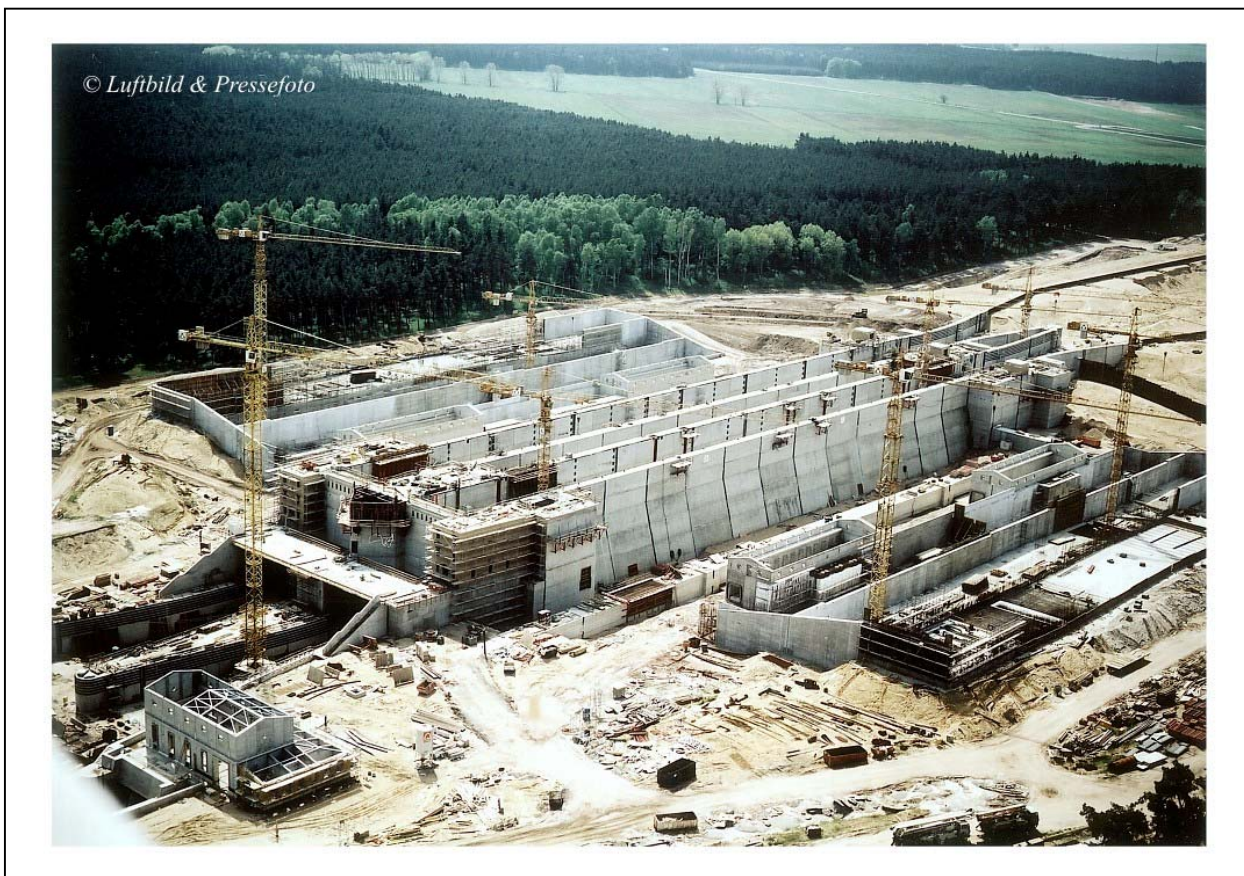
Zur Anwendung im Bereich der frostbeanspruchten Schleusenammerwände kam ein Beton ohne Luftporen (LP). Der Frost-Tauwiderstand sollte gemäß ZTV- W 215 (1998) mit einem äquivalenten Wasserzementwert von $\leq 0,5$ sichergestellt werden. Im Zuge der Eignungsprüfungen wurde der Grenzwert verschärft auf $\leq 0,47$.

Zur Sicherstellung des Grenzwertes auf der Baustelle wurden über 650 Darrproben durchgeführt.

Der Nachweis des hohen Frostwiderstandes erfolgte in Anlehnung an das CIF- Verfahren. Mittlerweile gibt es mit dem „BAW Merkblatt Frost“ eine Verfahrensbeschreibungen, die das Verhalten zur Frostsicherheit (insbesondere für den hier gewählten Beton ohne LP) realistischer abbildet.

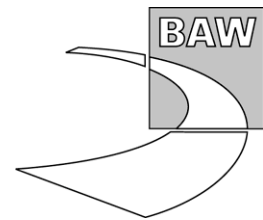
Betontechnologie und Anforderungen an den Frischbeton

Das angestrebte Ausbreitmaß lag bei den Konstruktionsbetonen bei 45 cm mit einer zugelassenen Toleranz von 3 cm (F3). Neben der augenscheinlichen Kontrolle wurden über 7000 Konsistenzprüfungen durchgeführt. In gleicher Anzahl wurde die Frischbetontemperatur ermittelt ($+5^{\circ}\text{C}$ / $+10_{(\text{NW})}^{\circ}\text{C}$ bis $+25^{\circ}\text{C}$). Im Winter 1999/2000 war das Beheizen der Zuschläge erforderlich. In den Sommermonaten wiederum wurden die Großbetonagen in die Abend- und Nachtstunden gelegt, um Temperaturproblemen vorzubeugen.



Bei den Sparbeckenwänden und in Planiebereichen wurde ein Portlandzement mit LP eingebaut.

Der Einbau des Betons erfolgt i. W. durch Autobetonpumpen. Dabei waren bei den großen Abschnitten der Sohle bis zu fünf Pumpen im Einsatz. Je Kammer wurde eine stationäre Pumpe am Unterhaupt installiert, die über 230 m lang mit einem schienengeführten Kranverteilungsmast verbunden wurde.



Schalung und Nachbehandlung

Grundlage waren vom Auftragnehmer ausgearbeitete Schal-, Anker- und Konenverschlusskonzepte. Diese wurden im Rahmen der Arbeitsvorbereitung mit dem Neubauamt abgestimmt.

Für die unterschiedlichen Anforderungen wurde vor Beginn der Stahlbetonarbeiten eine Probewand betoniert. Dabei wurden unterschiedliche Schalungsbeläge und Trennmittel getestet.

Als Nachbehandlungszeit waren 21 Tage gefordert, wobei die Schalzeit von 7 Tage mit angerechnet wurde.

Zur Nachbehandlung kamen bei massigen Bauteilen Dämmmatten zur Anwendung. Hierzu zählten neben den Sohlen auch die bis zu 12,50 m breiten ersten Betonierabschnitte der Kammerwände.

Mit zunehmender Wandhöhe führte die Nachbehandlung mit Folien zu erheblichen Problemen, deshalb kam ein flüssiges Nachbehandlungsmittel zur Anwendung.

Die horizontalen und flach geneigten Bauwerkssohlen wurden zur Nachverdichtung mit einer Rüttelbohle abgezogen und mittels Teller- oder Flügelglätter zu bearbeiten.

Qualitätssicherung und Bauüberwachung

Zur Qualitätssicherung im Betonbau wurde ein QS-Plan zwischen den Vertragspartnern vereinbart. Dieser wurde je nach Erfordernis überarbeitet, ergänzt und gemeinsam abgestimmt.

Die Bewehrungs- und Schalungsabnahmen aller Betonierabschnitte erfolgten durch die Bauüberwachung des WNA vor Ort. Vor der eigentlichen Abnahme erstellte der Auftragnehmer ein Vermessungsprotokoll, der die Angaben zur Nachrichtung der Schalung enthielt.

Neben den auf Großbaustellen „üblichen“ zusätzlichen Kontrollprüfungen des Auftraggebers wurden auch die Ausgangsstoffe und die Bewehrung geprüft. Dazu zählten insbesondere folgende vom Institut für Brandschutz und Massivbau an der TU Braunschweig durchgeführten Untersuchungen:

- regelmäßige Messungen der Kernfeuchte der Zuschläge,
- stichprobenartige chemische Untersuchungen des Zementes,
- stichprobenartige chemische Untersuchungen der Flugasche,
- stichprobenartige Prüfung der Zugfestigkeit der Bewehrung,
- stichprobenartige chemische Analyse des Bewehrungsstahls.

Während aller Betonierarbeiten war neben dem Betontechnologen der Bauüberwachung auch ein Vertreter des AN mit erweiterter betontechnologischer Ausbildung (E-Schein) auf der Baustelle anwesend.

Erfahrungen mit der teilmonolithischen Bauweise – Ausblick

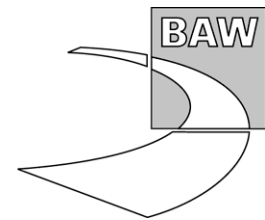
Aufgrund der großen Setzungsdifferenzen wurde in Hohenwarthe eine monolithische Schleusensole gebaut. Ferner wurden, um den Setzungen in Querrichtung zu begegnen, die Sparbecken dehnfugenlos konstruiert. Die Erfahrungen in Hohenwarthe zeigen, dass die gewählte Lösung nicht nur beherrschbar sondern auch besonders robust ist. Die im Nachgang durch die BAW gemessenen Rissbreiten zeigen positive Ergebnisse.



Diese Erfahrungen der WSV führten dazu, dass monolithische Schleusensohlen heute bereits Stand der Technik sind. Die Innovation wird im WNA Magdeburg unter wesentlicher Mitwirkung der BAW für die Schleuse Wusterwitz fortgeführt. Bei dieser Schleuse soll die gesamte Konstruktion dehnfugenfrei gestaltet werden.

Literatur

- [1] Andreas Westendarp, Betoninformation 1-2001, Entwicklung und Tendenzen bei Baustoffen und Bauausführung im Schleusenbau
- [2] Ottokar Hallauer, Betoninformation 4-2000, Hochofenzement im Wasserbau
- [3] H.-W. Partenscki, Binnenverkehrswasserbau Schleusenanlagen, 1986
- [4] André Weisner, Betoninformation 1-2003, Betonanforderungen und Betontechnologie beim Bau der Doppelschleuse Hohenwarthe am Wasserstraßenkreuz Magdeburg



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.

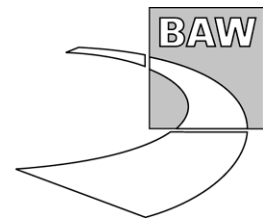
Tabelle 1: Wesentliche Regelwerke für den Neubau von Wasserbauwerken

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.

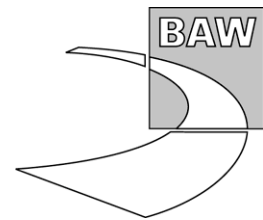


Die Druckfestigkeitsklasse wird in DIN 1045-2 in allererster Linie als Kontrollinstrument für die Einhaltung des für die Dauerhaftigkeitseigenschaften wesentlichen w/z-Wertes herangezogen. In bestimmten Expositionsklassen (XD2, XS2, XF2 ohne LP, XF3 ohne LP, XA2) ist die Mindestanforderung an die Druckfestigkeit 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 Nachweialter 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.

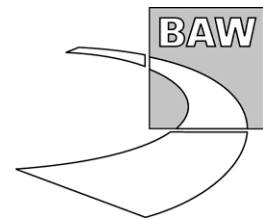
Die bis zum 31.12.2004 noch gültige ZTV-W LB 215 (1998) stellte insbesondere im Hinblick auf die Dauerhaftigkeit (Betonzusammensetzung, Betondeckung) z.T. deutlich schärfere Anforderungen als die Bezugsnorm DIN 1045:1988. Die neue Betonnormung (DIN EN 206-1, DIN 1045:2001) setzt im Vergleich zur bisherigen 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.

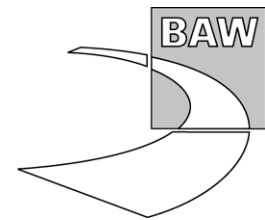


Tabelle 2: Anforderungen an Beton für massige Bauteile (Abmessung > 0,80 m) (ZTV-W LB 215, Tabelle 2.2)

1	2	3	4	5
Beton mit Expositionsklassen	Beispiel (informativ)	$\Delta T_{\text{qadiab},7\text{d}}$	$\Delta T_{\text{qadiab},7\text{d}} + T_{\text{Beton}}$	$f_{\text{cm},28\text{d}}^{1)}$
	---	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.

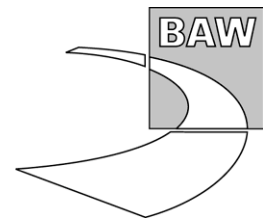
Bei Beton für Wasserbauwerke darf ein w/z-Wert von 0,65 nur mit Zustimmung des Auftraggebers überschritten werden.

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.

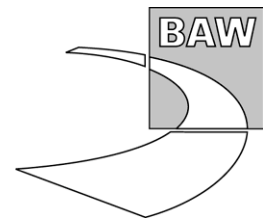
Bei der Durchführung der Eignungsprüfungen sind alle für den Beton relevanten Einflüsse (klimatische Randbedingungen, Transport, Förderung, Verarbeitung, Nachbehandlung, etc.) zu berücksichtigen. Die vorgesehenen Ausgangsstoffe und Betonrezepturen, der Betontransport sowie die geplante Bauausführung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

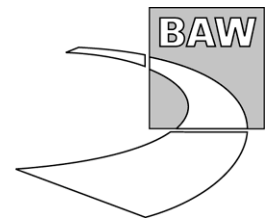
Das Prinzip der Betonfamilien unter den in DIN EN 206-1 / DIN 1045-2, 8.2.1.1, genannten Voraussetzungen darf nicht angewendet werden. Das bedeutet, dass jeder Beton separat zu überwachen und die Konformität für jeden Beton separat nachzuweisen ist.

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 ($+10 \text{ kg/m}^3$) 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.

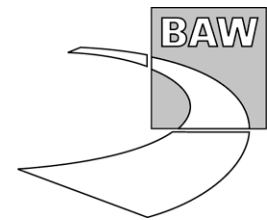
Viele Probleme im Verhältnis zwischen Bauherrn und bauausführender Firma resultieren aus mangelnder oder nicht zeitgerechter Kommunikation. Mit der Vorlage von Betonierkonzept und Betonierplan soll sichergestellt werden, dass der Auftraggeber frühzeitig und umfassend über die Vorstellungen des Auftragnehmers 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 $+30 \text{ °C}$ nicht überschreiten.
- Für massige Bauteile (Abmessung $> 0,80 \text{ m}$) gilt:
 - Die Frischbetontemperatur an der Einbaustelle darf $+25 \text{ °C}$ 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.

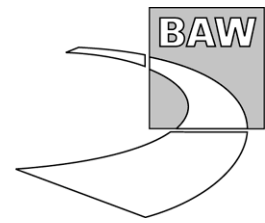
Der Verzicht auf eine Festlegung der Nachbehandlungsdauer in Abhängigkeit von der Oberflächentemperatur erfolgte nicht zuletzt im Hinblick auf die Vermeidung absehbarer Streitfälle auf der Baustelle. Das Belassen in der Schalung kann durch die Art der Ausführung kaum beeinträchtigt werden: Die Wahrscheinlichkeit, 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 Überwachungskategorie 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.

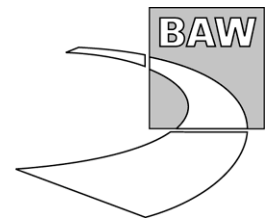
Bei Beton mit den Expositionsclassen XF3 (Variante ohne Anforderungen an den Mindest-Luftgehalt) oder XF4 muss eine Prüfung gemäß BAW-Merkblatt "Frostprüfung" mindestens einmal während der Bauzeit erfolgen, sofern nicht anders vereinbart. Die Proben sind unmittelbar an der Einbaustelle zu entnehmen.

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:

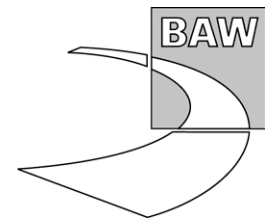
- Die für die Intensität eines Frostangriffes maßgebliche Wassersättigung wird durch die dauernde bzw. temporäre Wasserbeaufschlagung begünstigt.
- Die Anzahl der Frost-Tau-Wechsel resultiert nicht nur aus Änderungen der Lufttemperatur und der Sonneneinstrahlung, sondern in vielen Fällen zusätzlich aus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

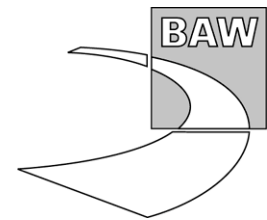
DAfStb-Richtlinie "Massige Bauteile aus Beton"

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.

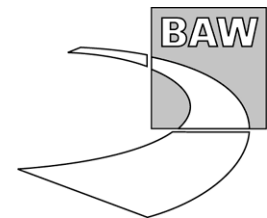
^h Es dürfen nur Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620 unter Beachtung der Festlegungen von DIN V 20000-103 verwendet werden.

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

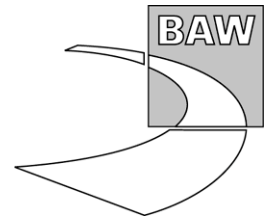
^l Schutzmaßnahmen siehe 5.3.2



Anlage 2.1

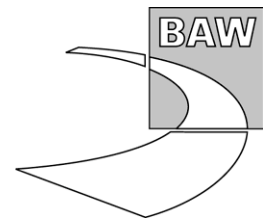
ZTV-W LB 215, Tabelle 2.1: Expositionsklassen

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.		



Dipl.-Ing. U. Beuke, Bundesanstalt für Wasserbau Karlsruhe

Architekturdetails von Wasserstraßen

1 Einleitung

Die Ingenieurbauwerke der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung sind nach innen und nach außen ein guter Imageträger für den hohen Grad der Ingenieurbaukunst dieser Verwaltung. Sie zeigen, dass die WSV eine ausgezeichnete Technologiekompetenz besitzt und auch international Maßstäbe setzt. Die Ingenieurbauwerke werden unter ganzheitlichen Gesichtspunkten und unter dem Primat der Nachhaltigkeit entworfen. Um auch dem wichtigen Aspekt eines Kulturbeitrages gerecht zu werden, entstehen unsere Wasserbauwerke in der Zusammenarbeit zwischen Ingenieur und Architekt. Über eine Vielzahl von Gesprächsschleifen eines iterativen Prozesses wird der Fachbeitrag Architektur (Produkt 30108) optimiert und führt zu einer Summe ansehnliche Bauwerke, die durch verschiedene Architekturpreise hervorgehoben wurden und auch auf einer aktuellen Briefmarke dargestellt sind.

Um diesen hohen Standard zu halten, bedarf es eines konsequenten Qualitätsmanagement. Der Vortrag soll den Focus auf die vorhandenen Vorschriften lenken und an Hand von Beispielen Verbesserungsvorschläge für die unterschiedlichsten Architekturdetails an den Wasserbauwerken anbieten.

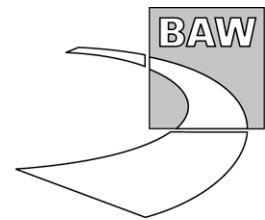
2 Rechtsquellen

Die Erfahrung hat gezeigt, dass es genug Rechtsquellen gibt, die, konsequent angewandt, zu einer fehlerfreien und unterhaltungsarmen Ausführung von Architekturdetails an den Wasserbauwerken führen. Grundvoraussetzung ist jedoch die Erkenntnis, dass auch die gestalterischen Bauwerksteile der gleichen Aufmerksamkeit bedürfen, wie alle anderen funktionalen Teile des Wasserbauwerkes. Nicht nur die Gebrauchstauglichkeit hat ihren Stellenwert, auch der Bildwert eines Gebäudes leistet einen wichtigen Beitrag für die Dachmarke des Unternehmens. Viele Firmen benutzen Gebäude bzw. Gebäudeteile als Logo um ihren Bekanntheitsgrad zu erhöhen.

Für den Architekturentwurf eines Wasserbauwerkes werden die folgende Leistungsphasen des § 15 (2) der Honorarordnung für Architekten (HOAI) gebraucht: Vorplanung, Entwurfsplanung, Ausführungsplanung, Vorbereitung der Vergabe, Objektüberwachung (partiell und temporär) sowie die Leistungsphase Dokumentation für den Architekturteil.

Besonders interessant für den Vortrag ist die Leistungsphase **>Ausführungsplanung<**. Für den Architekten gehörte die Darstellung eines Gebäudes bis in den Maßstab 1:1 schon immer zu den überlicherweise abzuarbeitenden Leistungen seines Auftrages. Dabei ist es nicht ungewöhnlich, wenn über den Grundleistungen hinaus, auch die „**Besonderen Leistungen**“ der HOAI beauftragt werden. Das kann z.B. die Detaillierung eines Geländers oder die Erfolgskontrolle über ein Detailmodell im Maßstab 1:1 sein. Dazu gehört auch das so wichtige **>Prüfen und Anerkennen von Plänen Dritter<**. Gerade hier kann das sachkundige Auge des Architekten wertvolle Hilfe leisten.

Die Unterstützung durch die BAW setzt viel früher an. Durch die Darstellung von Regeldetails wird die Architekturidee weiterentwickelt und über ein Controlling von Vorplanung und Detail werden die Vorgaben in mehreren Vertiefungsschleifen für die eigentliche Ausführungsplanung nach HOAI festgeschrieben. Nur über die qualitative Beschreibung des Bau-



werkes in der Ausführungsplanung durch die Zeichnung bin ich später in der Lage das Bauwerk auch bei der Aufstellung der Leistungsbeschreibung in der Textdarstellung effizient und umfassend zu beschreiben. Dabei darf vernünftigerweise auch auf vorhandene Textbausteine anderer oder ältere Bauwerke zurückgegriffen werden. Jedoch ist sorgfältig zu prüfen, ob der Text auch exakt die neue Leistung beschreibt. Abweichungen führen in der Regel zu Mißverständnissen und damit zu Nachträgen.

Wie wichtig diese Erkenntnis ist, die Ausführungsplanung vertieft darzustellen, sieht man auch den vielen hier zitierten Rechtsverordnungen und Verwaltungsvorschriften, die alle eine Ausführungsplanung für unabdingbar halten:

Das fängt mit der DurchführungsVO zum Haushaltsgesetz, der Bundeshaushaltsordnung (BHO), an. Hier heißt es in § 54: **Baumaßnahmen dürfen nur begonnen werden, wenn ausführliche Entwurfszeichnungen und Kostenberechnungen vorliegen, ...**

Schaut man weiter in die HOAI steht in § 15 (2) unter 5. Ausführungsplanung folgte Leistungsaufzählung: **...Zeichnerische Darstellung des Objektes mit allen für die Ausführung notwendigen Einzelangaben, z.B. endgültige, vollständige Ausführungs-, Detail- und Konstruktionszeichnungen im Maßstab 1:50 bis 1:1, ...**

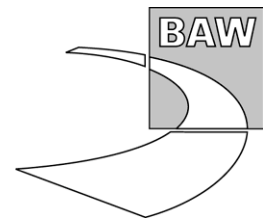
Nicht zu vergessen ist hier auch die optionale Beauftragung von >Besonderen Leistungen< zu den Grundleistungen der Leistungsphasen des §15 (2) der HOAI. Für den Pkt. 5 <Ausführungsplanung> ist es wichtig auch das **Prüfen und Anerkennen von Plänen Dritter nicht an der Planung fachlich beteiligter auf Übereinstimmung mit den Ausführungsplänen (z.B. Werkstattzeichnungen von Unternehmen), ...**als <Besondere Leistung> zu vereinbaren. Für schwierige Detaillösungen sollte auch das Herstellen von Detailmodellen als <Besondere Leistung> vereinbart werden.

Auch die WSV-eigenen Verwaltungsvorschriften, wie die VV-WSV 2107 - Entwurfsaufstellung, sagen ganz deutlich in §8 <Entwurf AU>. **Der Entwurf AU umfaßt folgende Bestandteile: 9. Entwurfszeichnungen.** Interessanterweise war die Fassung von 1987 wesentlich präziser; sie sprach nämlich von **Ausführungsplänen** und nicht von Entwurfsplänen. Die Entwurfspläne sind nach HOAI §15 (2) die vertieften Pläne der Vorplanung im Maßstab 1:100 als Basis für die Genehmigungspläne zum Bauantrag nach Landesbauordnung.

Ich habe auch keine Hilfestellung in der VV-WSV gefunden, über die Inhalte und Maßstäbe der Entwurfs- oder Ausführungszeichnungen. Hier hilft nur die analoge Anwendung der RBBau des BMVBW und der HOAI der Architekten- und Ingenieurkammern.

Danach reichen die og. Entwurfspläne im Maßstab 1:100 nicht aus, um die Leistung „...**mit allen für die Ausführung notwendigen Einzelangaben**“ darzustellen, das geht nur mit der VV-WSV 2107 von 1987 und der darin geforderten Ausführungsplanung in Kombination mit der Beschreibung der Darstellungsinhalte aus dem §15 (2) Pkt. 5 der HOAI.

Die HOAI ist der Schlüssel für die Anforderungen und Inhalte der Ausführungsplanung. Auch die oben schon angesprochenen Richtlinien für die Durchführung von Bauaufgaben des Bundes (RBBau), herausgegeben vom Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (BMVBW), als Durchführungsverordnung der staatlichen Bauverwaltung zur Bundeshaushaltsordnung (BH), gibt keine genauere Inhaltsangaben vor und bezieht sich in weiten Teilen auf die HOAI.



Bleiben wir bei der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI) als prozessstrukturierenden Leitfaden, so kommt nach der Ausführungsplanung folgerichtig die Leistungsphase „Vorbereitung der Vergabe“ nach Punkt 6 des §15 (2).

Hier lesen wir auch in der Vergabe- und Verdingungsordnung für Bauleistungen (VOB) nach; dort heißt es in § 9 Beschreibung der Leistung – Allgemeines: **Die Leistung ist eindeutig und so erschöpfend zu beschreiben, dass alle Bewerber die Beschreibung im gleichen Sinne verstehen müssen...**

Eine eindeutige und erschöpfende Beschreibung ist nur möglich, wenn ich vorher in der Ausführungsplanung und in der Baubeschreibung die Anforderungsprofile genau dargestellt habe. Auch hier wird noch einmal deutlich, dass eine vertiefte Ausführungsdarstellung unabdingbar ist.

Die Verwendung von Textbausteinen bei der Aufstellung der Leistungsbeschreibung aus anderen bzw. fertiggestellten Bauvorhaben ist sinnvoll und erleichtert die Arbeit. Es muß jedoch penibel darauf geachtet werden, dass die Texte des Standardleistungsbuches (StLB) bzw. des Standardleistungskataloges (StLK) dann auch für die neue Aufgabe passen. Die geänderten Parameter müssen eingepflegt werden. Die Nichtbeachtung veränderter Leistungsbilder kann zu Mißverständnissen und damit zu Nachträgen führen.

Der Aufsteller der Leistungsbeschreibung benutzt die Baubeschreibung des Architekten als Einstieg in die exakte Textfassung.

Die Leistungsphase 6 „Vorbereitung der Vergabe“ kann auch an externes Architekturbüro im Rahmen der Gewährleistungsverantwortung vergeben werden.

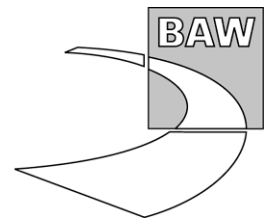
Handelt es sich um eine funktionale Ausschreibung wird die <Besondere Leistung> vergeben bzw. sie wird gegen die Grundleistung ausgetauscht.

Auch die Leistungsphase 8. <Objektüberwachung>, ist mit den Architektenkollegen abzuarbeiten und garantiert damit gelungene Bauwerksdetails. In bestimmten Abständen ist der Architekt auch auf der Baustelle gefordert und muß vor Ort mit der <Örtlichen Bauüberwachung> des Amtes die Bauausführung überwachen und sicherstellen, dass das Bauwerk auch die ausgeschriebene Qualität erhält. Bei diesen Baustellenbesuchen können auch die Werkpläne der ausführenden Firma, Detailmodell, Referenzflächen für Strukturen und Farben und Bemusterungen besprochen werden.

Auch die Abnahme der Schalungsformen für die gerne verwendeten Betonfertigteile in der Fabrikationsstätte des Herstellers sollte in das Arbeitsprogramm des Architekten aufgenommen werden.

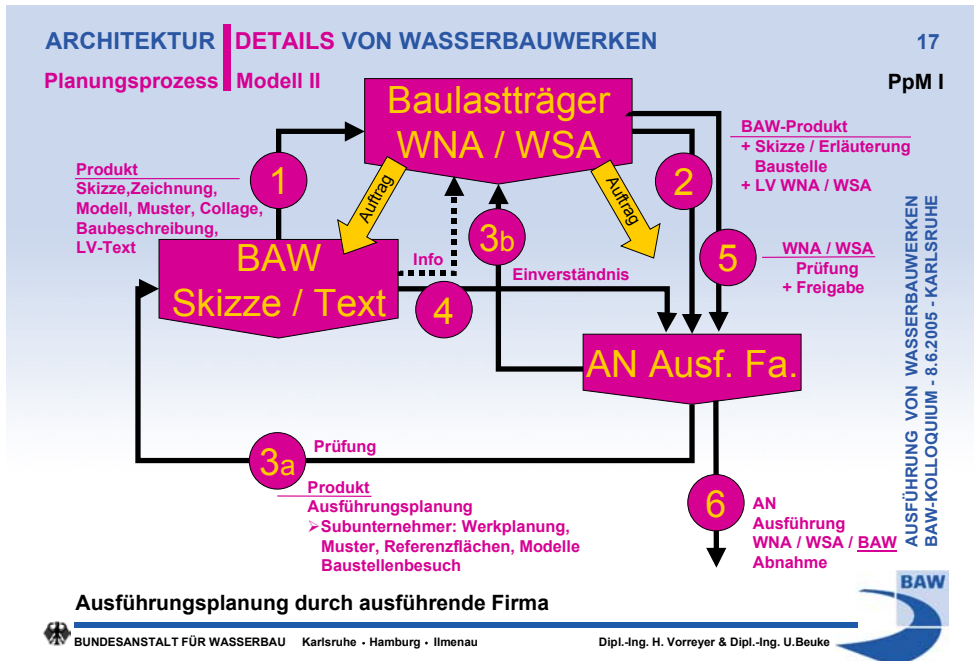
In zwei Ablaufdiagrammen wird die Beteiligung der BAW dargestellt:

Im Planungsprozess-Modell I läuft die Erarbeitung der Ausführungsplanung über die bauausführende Firma. Sie erhält direkt oder über das WNA / WSA die Detailskizzen des Referates B4. In der bauausführenden Firma werden die Skizzen in die vertragliche Ausführungsplanung nach HOAI übernommen. Wichtig ist, dass eine solche Ausführungsplanung für die Architektur-Details auch im Vertrag vorgesehen ist. Oft ist die Ausführungsplanung für das reine Ingenieurbauwerk gemeint und es werden dann Schalungs- und Bewehrungspläne vorgelegt. Mangelnde Klarheit führt dann dazu, dass die Architektur-Ausführungspläne nur über einen Nachtrag zu erhalten sind.

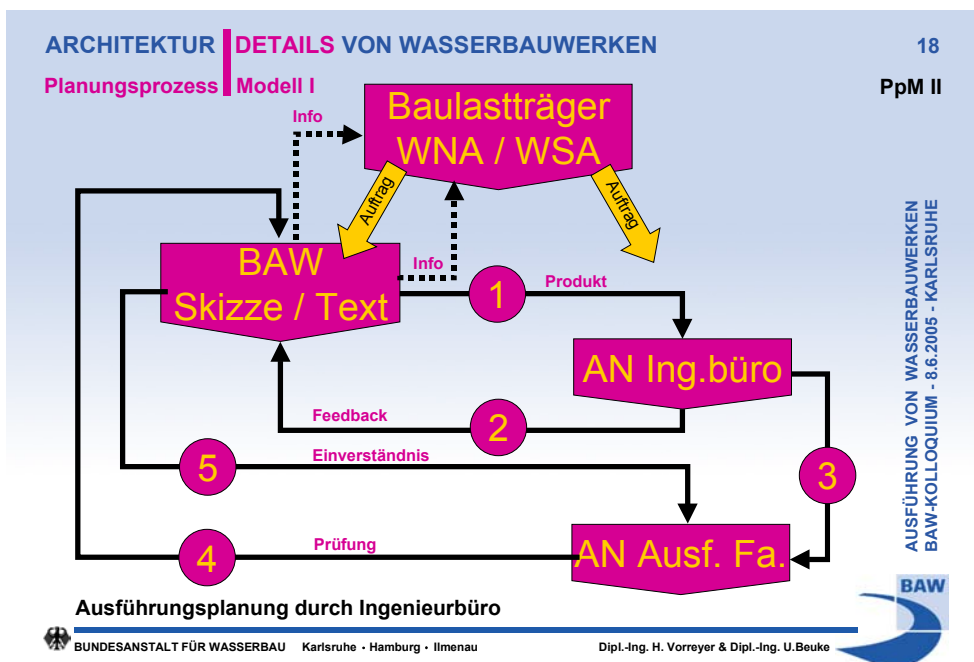


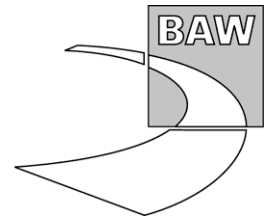
Änderungen sind auch schwer durchzusetzen, weil sich der Auftragnehmer auf den Bauvertrag beruft und die ihm ausgehändigten Pläne nur marginale Angaben zur Architektur enthalten.

3 Planungsprozess-Modelle I und II



Sicherer ist die Vergabe der Ausführungsplanung an ein Architektur- oder Ingenieurbüro nach dem Planungsprozess-Modell II. Auch hier werden die Regeldetails und Skizzen der BAW in die Ausführungsplanung übernommen. Da wir noch in der Planungsphase sind, ist das Eingehen auf Änderungen wesentlich leichter.





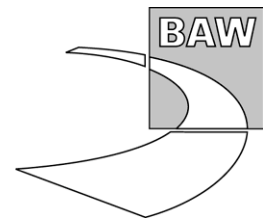
In mehreren Abstimmungsschleifen wird die Planung optimiert, auch durch Einarbeiten der Beiträger anderer Fachdisziplinen, wie z. B. der Fachstellen für Maschinenwesen, der Fachstelle der WSV für Verkehrstechniken und privater Fachbeiträge (Beleuchtungskonzept).

Die BAW-Referat B4 prüft auch die Ausführungspläne unter Gestaltungsaspekten und gibt sie mit dem Stempel „In gestalterischer Hinsicht einverstanden“ an das Amt zurück.

Diese Prüfung bezieht sich auch auf die Werkpläne der Subunternehmer und sollte immer als „Besondere Leistung „ nach § 15 (2) 5. HOAI vergeben werden.

4 Architekturdetails am Wasserbauwerk - Beispiele von der Baustelle

Mit zwei Beispielen möchte ich den Focus auf einige problematische Architekturdetails richten und überleiten zu dem Vortrag von Herrn Vorreyer, der Ihnen weitere Beispiele aus der täglichen Baustellenpraxis des operativen Geschäftes des Wasserstraßen-Neubauamtes Magdeburg vorstellen wird.



Dipl.-Ing. R. Vorreyer, Wasserstraßen-Neubauamt Magdeburg

Architekturdetails von Wasserstraßen

1. Allgemeines

Im Geschäftsbereich der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) wurden bis zum Jahr 1998 die Entwurfsaufstellungen und Erstellung der Ausschreibungsunterlagen durch das Hochbaubüro der WSV, nunmehr Referat B 4 der BAW, begleitet.

Für die architektonische Gestaltung der Einzelbauwerke am Wasserstrassenkreuz Magdeburg zeichnet das Referat B4 der BAW verantwortlich.

Die positiven Bekundungen der zahlreichen Besucher aus Fachkreisen sowie die zahlreichen Gäste aus dem In- und Ausland, die das Wasserstrassenkreuz Magdeburg als Touristen besuchten, zeigen die Wirkung der Einzelbauwerke auf den Betrachter.

Das Referat B4 beschränkt sich daher auf spezielle verkehrswasserbauliche "Fälle", die entsprechende Erfahrungen auf diesem Gebiet erfordern.

Es entwickelt konstruktive Gestaltungsvorschläge und Regeldetails, insbesondere zur Integration von WSV- Bauwerken in den umgebenden Landschafts- und Stadtraum.

Für die Belange der WSV und zur Sensibilisierung der "ausschreibenden" Mitarbeiter wurde die "Arbeitshilfe Konstruktive Gestaltung" von der BAW Ref. B4 entwickelt und als Entwurf veröffentlicht.

Neben den Verweisen auf aktuelle Regelwerke "Bau" und Hinweisen zur Vorplanung finden sich aus dem reichen Erfahrungsschatz des Hochbaubüros auch viele Detaildarstellungen aus verwirklichten Hochbauten in der WSV wieder.

Hier lassen sich Anregungen und Hinweise zu Details am Bauwerk finden, die für die Erstellung einer Ausschreibung hilfreich sind. Wichtig ist es jedoch, dass diese Arbeitshilfe immer aktuell gehalten wird.

2. Architekturentwurf

Für die Erarbeitung der Ausschreibungsunterlagen der Einzelbauwerke am Wasserstraßenkreuz Magdeburg wurde die Beteiligung des Referates B4 notwendig. In enger Zusammenarbeit mit den Planungsbüros wurden neben den notwendigen, grundlegenden Fragen auch schon Detaillösungen erarbeitet und in die Ausschreibungsunterlagen integriert.

Sie finden sich zum Beispiel in vielen Ausschreibungszeichnungen als Ansichten und Schnitte wieder.



Bild 1/1a: Schleusenanlage Hohenwarthe - Ansicht Einstiegshaus Oberhaupt - Entwurf & Ausführung-

Weitere Beispiele für die Detailtreue der Ausschreibungszeichnungen finden sich zum Beispiel bei den Ingenieurbauwerken am Wasserstraßenkreuz Magdeburg wieder.

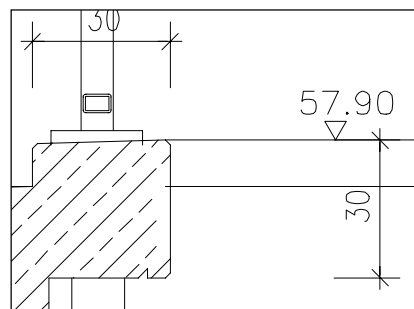


Bild 2/2a: Schleusenanlage Hohenwarthe - Ansicht Gesims - Entwurf & Ausführung-

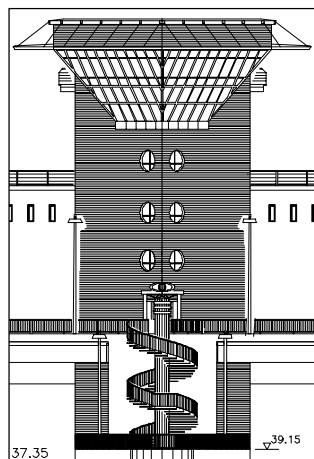
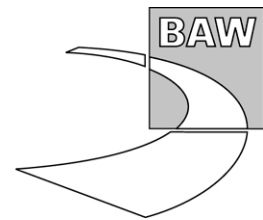


Bild 3/3a: Schleusenanlage Hohenwarthe - Schleusenbetriebsgebäude - Entwurf & Ausführung-



3. Ausführungsplanung

Zu Beginn der Planungsphase für den Massivbau wurden gemeinsame Besprechungen mit Auftraggeber- und Auftragnehmerseite und der BAW durchgeführt.

Hier wurden auch die bis dahin aufgetretenen Fragen und Probleme erörtert und soweit möglich einer Lösung zugeführt.

Im Zuge der Ausführungsplanungen kam es zu Abweichungen in Ausführungsdetails.

Die Abweichungen erklären sich aus den verschiedensten Ursachen. Viele Änderungen an der Schleusenanlage Hohenwarthe resultieren aus den Erfahrungen und durchgeführten Änderungen an der Schleuse Rothensee. Lösungen, die sich dort bewährt hatten, wurden auf die Schleusenanlage Hohenwarthe übertragen.

Im Rahmen der Ausschreibungsplanung ist es nicht immer möglich und auch nicht sinnvoll, eine absolute Detailtiefe zu erreichen.

Es zeigte sich aufgrund der langjährigen Erfahrungen der Planer, dass es auch andere Möglichkeiten der Ausführung gibt, die zum Teil einfachere Konstruktionen oder andere Vorteile mit sich brachten.

Um bei Änderungsvorschlägen und Problemen des Auftragnehmers in der Planungs- und auch der Bauphase eine rasche Beantwortung der Fragen oder eine Mitwirkung bei Vorschlägen zu erreichen, wurden Besprechungen mit der BAW bei Bedarf durchgeführt.

Als ein weiteres sehr wichtiges Instrument zur Bewältigung der Aufgaben hatten sich die sogenannten "Klärungsblätter" bewährt, die durch den Planer an den Auftraggeber herangetragen wurden. Gerade im Zuge des Hoch- und Ausbaues wurde durch die zügige Beantwortung von Fragen durch die BAW und das WNA Magdeburg ein stabiler Planungs- und Bauablauf erreicht.

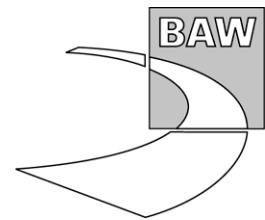
Bei Fragen, die nicht durch das WNA MD zu beantworten waren, hatte sich die Mitarbeit der BAW bewährt.

4. Bauausführung und Resümee

Bei der Gestaltung der Einzelelemente der Fassaden an den Bauwerken des WKM wurden Änderungen im Zuge der zuerst begonnenen Schleusenanlage Rothensee wirksam, die bei laufendem Bauvertrag auch für die Kanalbrücke über die Elbe und die Schleusenanlage Hohenwarthe übernommen wurden.

Zielstellung war es, ein möglichst gleiches äußeres Erscheinungsbild, welches einen hohen Wiedererkennungswert besitzt, zu entwickeln.

So finden wir am Wasserstraßenkreuz Magdeburg die primären Farben *Grau* für den Beton der Massivbauwerke, *Gelb* für die Klinker an den wichtigen Fassadenflächen der Einzelbauwerke, *Saphirblau* für Stahlbauteile sowie *Fernblau* für die Aluminiumfenster und -türen. Im Innenbereich ist diese Farbgebung für Stahlbauteile ebenfalls anzutreffen.



Zu Beginn der Bauphase für die aufgehenden Bauwerksteile wurden gemeinsame Besprechungen mit Auftraggeber- und Auftragnehmerseite vor dem Hintergrund der Problemerkennung und - beseitigung fortgesetzt.

Der Baufortschritt zeigte, wie auf jeder Baustelle, auch schnell Schwachstellen oder Unzulänglichkeiten auf, die bis dahin noch nicht erkannt worden waren.

Das Instrument der Klärungsblätter hat sich auch hier bewährt und wurde über die gesamte Bauzeit beibehalten.

Frühzeitig wurde im Bereich der Schleusenanlagen Rothensee und Hohenwarthe durch den Auftragnehmer damit begonnen, den Einsatz von Fertigteilen zu favorisieren.

Besonders bei den in großer Zahl notwendigen Gesimsen und Außenfensterbänken wurden bei relativ komplizierten Geometrien sehr gute Ergebnisse erzielt. Eine Fertigung auf der Baustelle hätte diese Qualität nicht erreicht.

Die notwendige Rückverankerung und Befestigung der Fertigteile für die Gesimse von Unterhaupt und Schleusenbetriebsgebäude an der Schalung führten auch zu erhöhten Aufwendungen. Der Aufwand für eine Ortbetonschalung hätte eventuell einen vergleichbaren Aufwand erfordert.

Wie in Bild 2/2a und 4/4a zu erkennen, wurde der Entwurf in der Bauphase optimiert, so dass es auch deshalb zur Wahl der Fertigteile kam.

Die Integration der Außenfensterbänke in die Verblendschale war sehr gut möglich. Die Befestigung bereitete ebenfalls keinerlei Probleme. Der Betonrähm an den Einstiegshäusern und am Pumpwerk der Schleusenanlage Hohenwarthe wurde ebenfalls als Betonfertigteil ausgebildet. Sie bilden hier den Übergang von Verblendmauerwerk zur Blechfassade.

Die ursprünglich geplante Fertigung des Rähms aus Ortbeton an der Wand des entsprechenden Bauteiles hätte eine relativ aufwendige Schalung erfordert.

Die Betonfertigteile wurden mit Ankern und Winkeln an einbetonierten Halfenschienen befestigt. So war hier eine Justierung der Fertigteile am Übergang zwischen Verblendmauerwerk und Blechfassade problemlos möglich.

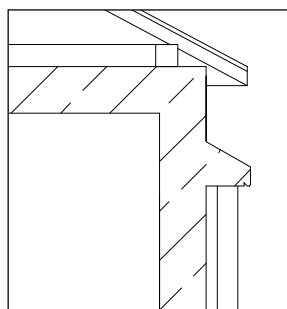


Bild 4/4a: Schleusenanlage Hohenwarthe - Einstiegshaus Betonrähm - Entwurf & Ausführung-

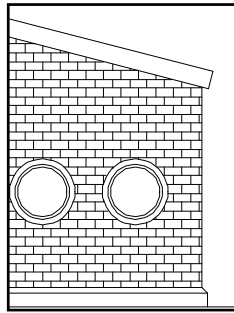


Bild 5/5a: Pumpwerk Hohenwarthe - Sockel und Fensterleibung -Beton -FT - Entwurf & Ausführung-

Im Bereich des Pumpwerkes und der Einstiegshäuser wurden anstelle eines Ortbetonsokkels für die Verblendschale und die runden Fensterleibungen ebenfalls Betonfertigteile verwendet. Der Auftragnehmer hatte sich auch bei den Außenwänden für das Pumpwerk für Filigranwandelemente entschieden.

Mit dieser Lösung wurden sehr gute, saubere Ergebnisse erzielt. Einzig das Einfädeln der Anschlussbewehrung der Fundamentplatte in die Filigranwandelemente war recht aufwendig.

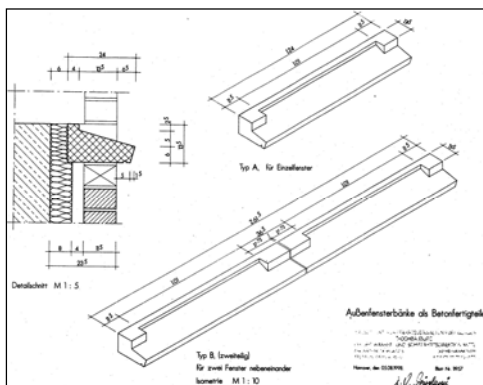
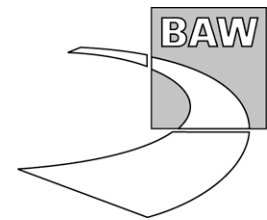


Bild 6/6a: Schleusenanlage Hohenwarthe - Fensterbank -Beton -FT - Entwurf & Ausführung-

Für die in der Schleusenanlage Hohenwarthe verwendeten zahlreichen Treppenläufe und Podeste kamen vorgefertigte Betonfertigteile zum Einsatz. Die Rutschsicherheit ist hier durch entsprechende Kantenschutzschienen mit rutschhemmender Profilierung gegeben. Die sofortige Nutzung der Treppenhäuser, von Bauabschnitt zu Bauabschnitt, ist ein sehr wichtiger Aspekt für diese Wahl gewesen. Die hohe Qualität der Fertigteiltreppen überzeugte Auftragnehmer wie Auftraggeber. Generell ist die Verwendung von Fertigteilen zu begrüßen.

Einiger Klärungsbedarf ergab sich aus Details für die bauliche Durchbildung von Übergängen von Verblendmauerwerk zu Gesimsen, Blechfassaden, Fenster- und Türstürzen. Hier wurden seitens der BAW Vorschläge erarbeitet, die so detailliert waren, dass sie unmittelbar umgesetzt werden konnten.



Weiterhin mussten Lösungen für Details (z.B. Unterhangdecken im Eingangsbereich) gefunden werden, damit ein ordentlicher Gesamteindruck entsteht und die Funktionsfähigkeit gewährleistet ist. Die im Bild 7 dargestellte Lösung der BAW wurde 1:1 umgesetzt.

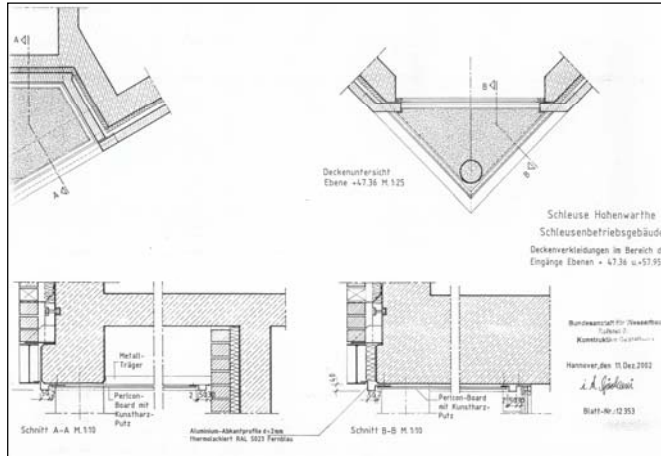


Bild 7: Schleusenanlage Hohenwarthe - Unterhangdecken der Eingangsbereich des SBG -

Ein "Sorgenkind" war die Herstellung der Fenster- und Türanschlüsse an die vorhandene Massivbaukonstruktion. Im Leistungsverzeichnis wurde die "Befestigung am Beton" ausgeschrieben.

Damit wäre die Befestigung am Beton mit einfachen Schrauben und Dübeln möglich gewesen. In unserem Fall befinden sich, wie bei Verblendschalen häufig der Fall, die Aluminiumaußenfenster und -türen quasi im Bereich der Luftschicht der Verblendschale. Eine Standardlösung war hier nicht in Sicht.

So erfolgte der Einbau der Aluminiumaußenfenster und -türen mittels umlaufender Aluminiumblechzarge in Hohenwarthe, an der Schleusenanlage Rothensee mit Stahlblechwinkeln. Auch bei der Einbindung der verschiedenen Einbauteile, wie z.B. der kreisrunden Lüftungsöffnungen in den beiden Pumpwerken in die Blechfassade, gab es hier keine Standardlösungen. Gemeinsam mit den entsprechenden Vertragspartnern wurden auch hier praktikable Lösungen gefunden.

Im Bereich der Außengeländer konnten für die Schleusenanlagen einheitliche Geländertypen als Aluminiumholmgeländer und Aluminiumfüllstabgeländer verwendet werden. Bei der Planung der Außengeländer ist die Unterscheidung in öffentliche und nicht öffentliche Bereiche von entscheidender Bedeutung.

Bei den Innengeländern an der Schleusenanlage Rothensee ließen sich die Flachstahlhandläufe und deren Kunststoffhüllen sehr schlecht in den geforderten Radien mit der notwendigen Steigung verlegen.

Diese Erfahrungen führten dazu, dass in der Schleusenanlage Hohenwarthe ein "Einheitsgeländer" konzipiert wurde, welches den Anforderungen voll gerecht wurde.

Die Wahl fiel auf ein 1,10 m hohes Stahlrohrgeländer, welches als Geländerfeld treppenlaufweise gefertigt bzw. an einbetonierten Ankerplatten befestigt wurde. Dieses Geländer wurde

auch mehrfach als demontierbares Geländer hergestellt. Das ist in Bereichen der Schleusenanlage, in denen Montagearbeiten an Bauteilen notwendig werden, der Fall.

Weitere Abstimmungen zu den Außengeländern an den Schleusenanlagen wurden für die Treppenaufgänge zu den Besucherplattformen sowie den Balkonen an den Steuerständen notwendig.

Auch gab es Änderungen in der Ausführung, die in architektonischen Anforderungen begründet sind. Die erzielten Ergebnisse sind durchweg als gelungen zu bezeichnen.



Bild 8: Schleusenanlage Hohenwarthe - Stahlbau für Geländer des SBG –

Die Ausstattung mit Rettungsmitteln wurde für beide Schleusenanlagen einheitlich festgelegt. Diesen Festlegungen gingen Recherchen an anderen Schleusen im Bundesgebiet voraus.

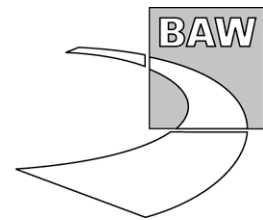
Wichtig ist hierbei die frühzeitige Beteiligung der zuständigen Stellen (z.B. Arbeitssicherheitsstelle).

In den Bereichen, in denen temporär Absturzgefahr besteht (z.B. bei Revisionen), ist ein Steckgeländer mit entsprechenden Hülsen im Bauwerk vorzusehen. Bei dem Steckgeländer an der Schleusenanlage Hohenwarthe handelt es sich um zwei unterschiedlich dimensionierte Geländerfelder mit Fußleiste, die universell verwendbar sind. Die Geländerfelder werden in Lagergestellen bereitgehalten, um bei Bedarf aufgestellt werden zu können.

Für die Lage der Außenwandleuchten an den Einzelbauwerken gab es nur unzureichende Angaben, die für die Kabelverlegung im Zuge der Erstellung der Fassaden notwendig waren. Hier wurden im Vorfeld gemeinsame Überlegungen angestellt und in Ansichten dargestellt, so dass eine Kabelverlegung und Anbringung der Leuchten möglich wurde.

Ein Raumbuch erleichtert die Arbeit des Planers, der Bauleitung und der Bauüberwachung erheblich. Auch wenn sich Änderungen unter Umständen nicht vermeiden lassen, so ist ein umfangreiches Raumbuch eine wichtige Grundlage für eine ordnungsgemäße Umsetzung der ausgeschriebenen Leistung.

Einige Probleme hätten vermieden werden können, wenn das Raumbuch mit der Ausschreibungsunterlage zusammen vorgelegen hätte.



Auch hier konnten in enger Abstimmung mit der BAW B4 beispielsweise Fliesenverlegepläne erstellt werden, die im Schleusenbetriebsgebäude der Schleusenanlage Hohenwarthe recht kompliziert waren. Der dreieckige Grundriss führte hier zu einigen "verzwickten" Ecken.

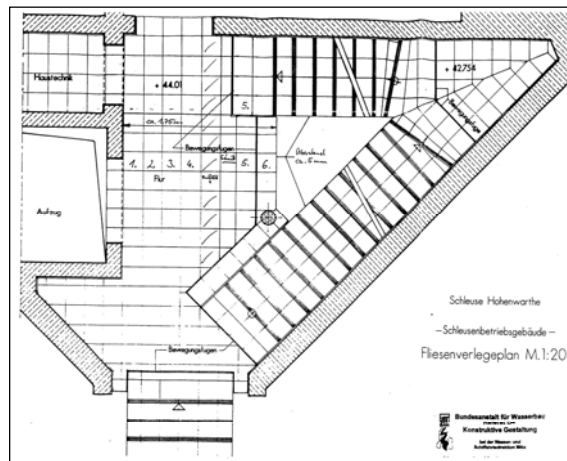


Bild 9: Schleusenanlage Hohenwarthe - Fliesenverlegeplan Treppenhaus im SBG -

Für den Bereich Heizung, Lüftung und Sanitär (HLS) gab es ebenfalls intensiven Abstimmungsbedarf, da die Umsetzung der Ausschreibung in Teilbereichen schwierig war. Der relativ große Raum des Steuerstandes Hohenwarthe mit beinahe 80 % Glasfassade (Schrägverglasung, 60°) sollte mit Unterflurkonvektoren mit natürlicher Konvektion als Alleinheizung beheizt werden.

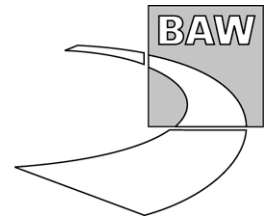
In der ersten Heizperiode 2003/2004 musste festgestellt werden, dass die notwendige Raumtemperatur nicht erreicht werden konnte.

Nach bisherigem Kenntnisstand lag dies daran, dass die kalte Luft an der Innenseite der Schrägverglasung so stark beschleunigt wird, dass sie nicht in die Konvektoren sondern darüber hinweg strömt.

Die Konvektoren wurden bei identischen Abmessungen auf gebläseunterstützte Konvektion umgestellt, die sehr gut einstellbar ist. In der Heizperiode 2004/2005 hat sich das System bewährt.

Die erforderlichen Schließanlagen sind unbedingt mit dem zukünftigen Nutzer soweit abzustimmen, dass es zu möglichst wenigen Änderungen kommen kann. Nachträgliche Erweiterungen von Schließanlagen sind sehr kostenintensiv.

Hier sollten im Vorfeld der Ausschreibung Türlisten erstellt werden, die alle notwendigen Angaben zur Tür und deren Ausrüstung enthalten. Weiterhin ist ein Verzicht auf Sondermaße von Türen anzuraten, da auch hier meist erhebliche Mehrkosten entstehen können.



Abbildungsverzeichnis:

Bild 1/1a: Schleusenanlage Hohenwarthe - Ansicht Einstiegshaus Oberhaupt - Entwurf & Ausführung-

Bild 2/2a: Schleusenanlage Hohenwarthe - Ansicht Gesims - Entwurf & Ausführung-

Bild 3/3a: Schleusenanlage Hohenwarthe - Schleusenbetriebsgebäude - Entwurf & Ausführung-

Bild 4/4a: Schleusenanlage Hohenwarthe - Einstiegshaus Betonrähm - Entwurf & Ausführung-

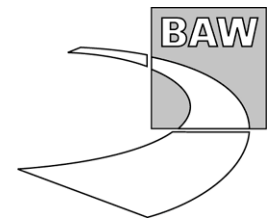
Bild 5/5a: Pumpwerk Hohenwarthe - Sockel und Fensterleibung -Beton -FT - Entwurf & Ausführung-

Bild 6/6a: Schleusenanlage Hohenwarthe - Fensterbank -Beton -FT - Entwurf & Ausführung-

Bild 7: Schleusenanlage Hohenwarthe - Unterhangdecken der Eingangsbereich des SBG -

Bild 8: Schleusenanlage Hohenwarthe - Stahlbau für Geländer des SBG -

Bild 9: Schleusenanlage Hohenwarthe - Fliesenverlegeplan Treppenhaus im SBG -



Dipl.-Ing. A. Jander, Wasserstraßen-Neubauamt Datteln

Planung und Ausführung für Stahlwasserbauten

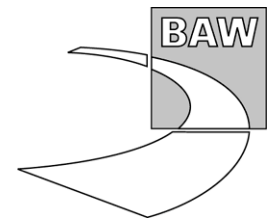
Nachdem das richtige Verschlusssystem gewählt ist, gilt besonders der Qualität der Ausführung die besondere Aufmerksamkeit. Mit der ZTV-W LB 216/1 ist zwar eine Standardanhebung gegenüber den einschlägigen Normen möglich. Aber allein nur durch die Beigabe einer ZTV-W in der Ausschreibung ist oft eine gute Ausführungsqualität nicht zu erwarten.

An Hand von Erfahrungen mit der ZTV-W und der DIN 19704 sowie an einzelnen Beispielen soll in diesem Vortrag versucht werden, die Qualität des gewählten Verschlusses zu verbessern.

Erfahrungen mit der ZTV-W 216/1:

- Schleusenverschlüsse müssen auch noch bei Minus-Temperaturen sicher dynamischen Belastungen sowie Schiffsanfahrungen standhalten. Daher sollten nur Stähle mit einer Mindest-Kerbschlagzähigkeit von ≥ 27 Joule bei einer Prüftemperatur von $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ eingesetzt werden. Stahlsorten wie –S 235 J2G3 oder S355 J2G3- sind hierfür geeignet. Hierbei gibt die Kurzbezeichnung „J2“ einen Stahl mit einer Kerbschlagarbeit mit ≥ 27 Joule bei einer Prüftemperatur von $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ an.
 Stähle mit der Kurzbezeichnung „JR“ garantieren bei Raumtemperatur $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ und „J0“ garantieren bei $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ Temperatur eine Kerbschlagzähigkeit von ≥ 27 Joule. Diese Stahlsorten sind für den Stahlwasserbau ungeeignet.
- Für den zul. Leckwasserverlust sollte in der Baubeschreibung nachfolgender Text eingefügt werden:“ Bei Schleif-, Anschlag- und Aufsatzdichtungen beträgt der zulässige Leckwasserverlust auf einer Länge von 1000 mm maximal 0,05 L/s.“. Eine Messung der Wassermenge ist nicht erforderlich da die noch freien Poren sich nach kurzer Zeit durch Schwebstoffe schließen.
- Die zusätzlichen Anforderungen an die Schweißverbindungen, wie in der ZTV-W unter Ziffer 55 geregelt, sind durch nachfolgende rote Ergänzungen in der Baubeschreibung zu erweitern.

zu Nr.	Merkmal	zusätzliche Anforderung
3	Porosität und Poren	einzelne kleine Poren zulässig
4	Porennest	Größtmaß der Summe: 2 %
5	Gaskanal, Schlauchporen	keine größeren Schlauchporen/nicht zulässig
10	schlechte Passung, Kehlnähte	Stirnlängskante muss sicher erfasst sein, geringer Wurzelrückfall ist stellenweise zulässig; $b \leq 0,3 + 0,10 a$, jedoch maximal 1 mm b: Spaltbreite bzw. Wurzelrückfall
11	Einbrandkerbe, Stumpfnah	gering örtlich zulässig, $h \leq 0,5$ mm
	Einbrandkerbe, Kehlnah	senkrecht zur Spannungsrichtung sind Einbrandkerben nicht zulässig; örtlich aufgetretene sind flach auszusleifen
18	Kantenversatz	$h \leq 0,1 t$, maximal 2 mm, scharfe Übergänge sind zu überarbeiten
21	Wurzelrückfall/Wurzelkerbe	$h \leq 0,5$ mm/gering örtlich zulässig
24	Zündstelle	außerhalb der Schweißfuge unzulässig
26	Mehrfachunregelmäßigkeiten im Querschnitt	nicht zulässig
25	Angeschmolzene Schweißspritzer	sind zu entfernen (mit Ausnahme in dichten unzugänglichen Hohlkästen)
6/7	feste Einschlüsse	nicht zulässig

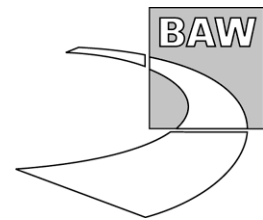


Erfahrungen mit der DIN 19704:

- Die in der DIN 19704-1, Tabelle 1, angegebenen Härtewerte bei nichtrostenden Stählen können oft von den Herstellern nicht geliefert werden. Daher sollte in der Baubeschreibung nachfolgender Text aufgenommen werden :“Der mögliche Härtewert von nichtrostendem Stahl ist vor Aufstellung der statischen Berechnung beim Hersteller verbindlich anzufragen. Als zul. Höchstwert in der Berechnung darf maximal der Mittelwert angesetzt werden“.
- Für die in der Tabelle 7 der DIN 19704-2 aufgeführten Werkstoffkennwerte von Dichtungen haben sich zwischenzeitlich Prüfverfahren und Normen geändert, sowie Ergänzungen ergeben. In der Baubeschreibung sollte nachfolgende Tabelle aufgenommen werden:

DIN 19704-2, Tabelle 7: Werkstoffkennwerte von Dichtungen aus Elastomeren				
Seite 11 DIN 19704-2: 1998-05				
Tabelle 7: Werkstoffkennwerte von Dichtungen aus Elastomeren				
Eigenschaften	Einheit	Prüfung nach	Elastomer	
			Härte: (65 ± 5) Shore A	
			NR	CR
			SBR	
Zugfestigkeit	N/mm ²	DIN 53504	≥ 20	≥ 17
Druckverformungsrest 24 h; 70 C	%	DIN ISO 815	≤ 25	≤ 20
Ozonbeständigkeit 24 h; 50 pphm; 40°C; 30 %	-	DIN 53509-1	Rißbild Stufe 1	Rißbild Stufe 1
Abrieb	mm ³	DIN 53516	≤ 120	≤ 100
Wasseraufnahme 25° C	%	-	≤ 5	≤ 5
Meerwasserbeständigkeit ¹⁾ 28 d; 95° C		DIN 86076		
Härteänderung Volumenänderung	%	DIN 53505 ISO 2781	-	≤ 5 ≤ 5
Ölbeständigkeit ²⁾	-	TL 91843 DIN EN 681-1	-	G II
Weiterreißwiderstand	N/mm²	DIN ISO 34-1, Methode A	≥ 8	≥ 8

Kurzzeichen nach DIN ISO 1629:
 NR Naturkautschuk
 SBR Styrol-Butadien-Kautschuk
 CR Chloropren-Kautschuk
 1) Für Dichtungen, die in See- oder Brackwasser eingesetzt werden.
 2) Für Dichtungen, die mit Ölen und Fetten in Verbindung kommen.



Reduzierter Einsatz von nichtrostendem Stahl verringert die Korrosionsschutzprobleme:

Durch den verstärkten Einsatz von nichtrostendem Stahl in Kombination mit unlegiertem Stahl kommt es seit einiger Zeit an Stahlwasserbaukonstruktionen zu vermehrten Korrosionsschäden.

Diese Schäden entstehen überwiegend infolge elektrochemischer Korrosion. Da die verschiedenen, leitend miteinander verbundenen Metalle unterschiedlichen elektrochemischen Potentials, die sich im gleichen Elektrolyt (Wasser) befinden, ein galvanisches Element bilden. Elektrochemische Vorgänge und die damit verbundenen Veränderungen sind nur durch den Austausch elektrischer Ladungen möglich, d.h. durch den Austausch von Elektronen und Ionen, die Träger solcher elektrischen Ladungen sind.

Zudem zeigte sich in letzter Zeit, dass Auftragnehmer die Gewährleistung für Neubeschichtungen, z. B. für neu gebaute Verschlüsse, nicht übernehmen wollen, da sie einen unmittelbaren Zusammenhang zwischen dem verstärkten Einsatz der legierten Stähle und damit einhergehend Schäden an der Beschichtung und der Stahlkonstruktion vermuten (vertragsrechtliche Aspekte).

Minimierung bzw. Vermeidung des Einsatzes von nichtrostendem Stahl:

Auf Grund der Schäden wird empfohlen, den Einsatz von nichtrostenden Stählen generell zu minimieren bzw. zu vermeiden. Bei unvermeidbarer Verwendung von nichtrostendem Stahl ist dessen Fläche gering zu halten. Generell empfiehlt es sich, während der Planungsphase von Stahlwasserbauten alle Flächen aus nichtrostendem Stahl zu ermitteln, eine chemische Analyse des Wassers durchzuführen und die Leitfähigkeit des Elektrolyten zu messen, um das mögliche schädigende Potential zu bestimmen. Danach sollte über den Einsatz eines Kathodischen Korrosionsschutzes (KKS) in Form von Opferanoden oder Fremdstrom entschieden werden. Der KKS schützt die Flächen am unlegierten Stahl, an denen Schadstellen an der Beschichtung entstanden sind (siehe dazu auch ZTV-W 220, Ausgabe 11/95). Auch das Beschichten von nichtrostenden Flächen kann das Potential verringern, da nur unbeschichtete Flächen von nichtrostendem Stahl zur elektrochemischen Korrosion führen.

Verbindungsmittel

Es empfiehlt sich, Schraubverbindungen aus nichtrostendem Stahl nicht mehr zu verwenden. Anstatt der Schrauben aus nichtrostendem Stahl sollten wieder Schrauben aus unlegiertem bzw. verzinktem Stahl zum Einsatz gelangen.

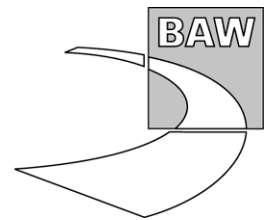
Verzinkte Schrauben sind grundsätzlich, wie auch das angrenzende Bauteil, zu beschichten, da sich im eingetauchten Bereich das Zink als unedelster Werkstoff der Materialpaarung im galvanischen Element auflöst.

Achsen

Achsen sind, bis auf die Sitz- und Lagerflächen, aus unlegiertem Stahl auszuführen.

Einbauteile

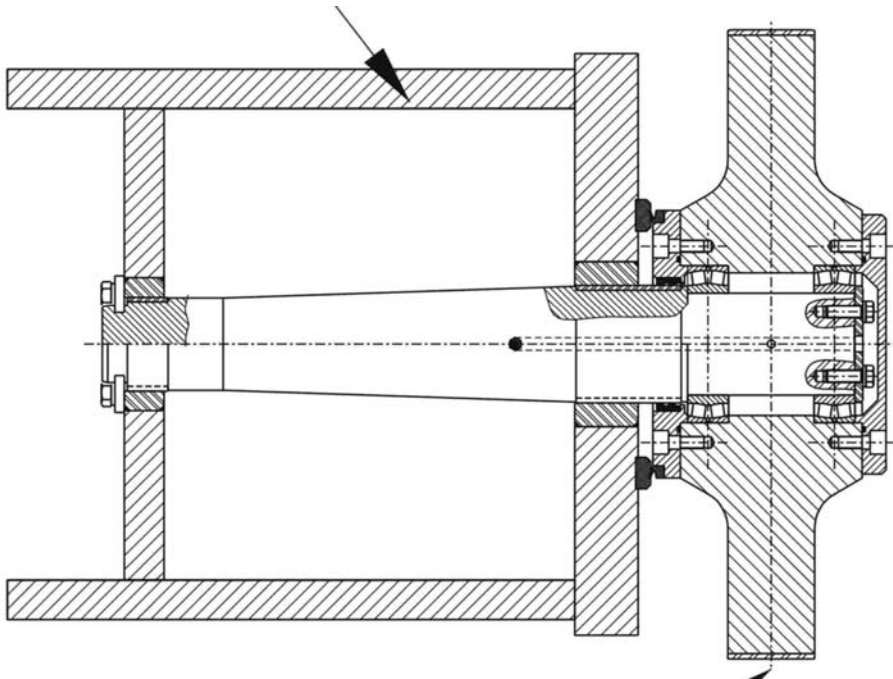
Nischenarmierungen, senkrechter Kantenschutz, usw. sollten aus unlegiertem Stahl gefertigt werden. Um möglichen Abrostungen entgegen zu wirken, könnte ein Dickenzuschlag auf den erforderlichen Querschnittswert aufaddiert werden.



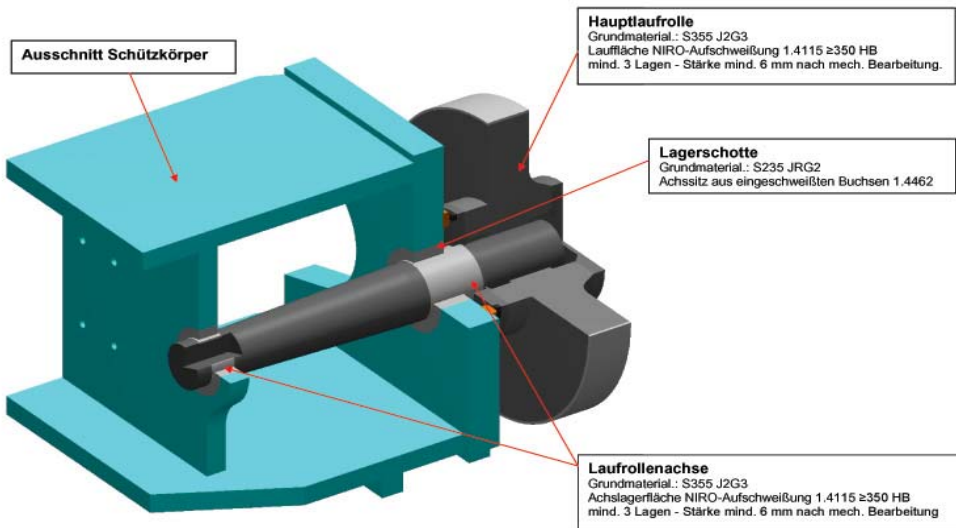
Luftsprudelanlagen und Pegelschutzrohre

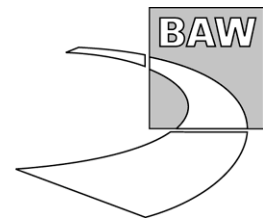
Für Rohre sollte das Material „HD-PE verwandt werden.

Ausführungsbeispiel:



Lagerung der Laufrollachse - Prinzipskizze





Beschichtungsvorschläge für Flächen aus nichtrostendem Stahl:

Beschichtungsvorschlag der Firma Bergolin:

- Fettbehaftete Teile mit geeignetem Lösemittel/Entfettungsmittel entfetten und reinigen
- Mit eisenfreiem Strahlmittel z. B. Glas, die Teile auf eine Rautiefe von 40 – 50 µm strahlen oder schleifen
- Strahlmittel der Firma Würth / Glasstrahlkorn, Kornklasse 300 - 800 µm
- 1. Grundbeschichtung mit Epoxid Zinkstaub > Tenaxon T 569; (1x40 µm)
- 2. Grundbeschichtung mit EPEX Eisenglimmer 80 (1 x 60 µm)
- Deckbeschichtung mit COPRENAL 242 (3 x 250 µm)

Beschichtungsvorschlag der Firma Sika:

- Fettbehaftete Teile mit geeignetem Baureiniger (keine Zusätze, die auf der Oberfläche verbleiben) entfetten und reinigen
- Mit eisenfreiem, möglichst kantigem Strahlmittel die Teile auf eine Rautiefe von 40 – 50 µm strahlen oder schleifen
- Strahlmittel der Firma Würth / Glasstrahlkorn, Kornklasse 300 - 800 µm
- Grundbeschichtung mit Icosit EG 1 80 µm (TFD)
- Deckbeschichtung mit Icosit SW 500 (3 x 250 µm)

Die v. g. Beschichtungsvorschläge werden zu Zeit noch untersucht. Erste Ergebnisse liegen Ende 2005 vor.

Mit Einführung der DIN EN 10204 Ausgabe 2005-01-Prüfbescheinigungen für metallische Erzeugnisse- haben sich einige Änderungen ergeben:

Einführung neuer Begriffe:

- Hersteller
- Händler
- Erzeugnisspezifikation
- Änderung der deutschen Bezeichnung "Sachverständiger" in „Abnahmebeauftragter“

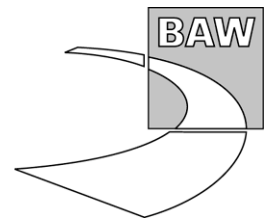
Verringerung der Anzahl von Prüfbescheinigungen

- Streichung des Werkszeugnisses 2.3 der früheren Ausgabe
- Abnahmeprüfzeugnis 3.1 ersetzt 3.1B der früheren Ausgabe
- Abnahmeprüfzeugnis 3.2 ersetzt 3.1A, 3.1C und 3.2 der früheren Ausgabe

D.h. das ehemalige Abnahmeprüfzeugnis „3.1C“ heißt neu nun „3.2“. Dieser Hinweis sollte in der Baubeschreibung aufgeführt werden.

Schleusenverschlüsse allein nur rechnerisch Betriebsfest auszulegen ist nicht ausreichend:

Trotz Betriebsfestigkeitsnachweis kommt es an den Verschlusskörpern immer wieder zu Ermüdungsschäden. Diese Schäden entstehen durch Konstruktionsfehler, Wahl einer zu günstigen Kerbfallgruppe, Kerben, zu hohe Eigenspannungen usw.



Derartige Mängel können verringert werden durch die Festlegung bewährter Konstruktionsdetails in sogenannten Richtzeichnungen. Weiterhin sollten für bestimmte Anschlussdetails Kerbfallgruppen in einen Katalog vorgegeben werden, da die in der DIN V ENV 1993 (Eurocode 3) angeführten Beispiele oft nur bedingt anwendbar sind. Dies führt mit dem Auftragnehmer immer wieder zu Diskussionen.

Auch die Wahl der richtigen Schweißnaht, sowie die Wahl der Schweißnahtstärke im Verhältnis zur Blechdicke, ist von entscheidender Wirkung. Weiterhin ist die Anordnung von Schraublöchern in unmittelbarer Nähe von Schweißnähten nicht sinnvoll.

Bei Zusammenstoßen dreier Ebenen sollte nicht immer ein Viertelkreisausschnitt/ Freischnitt vorgesehen werden. Untersuchungen der Schweißtechnischen Lehr- und Versuchsanstalten (SLV) weisen darauf hin, dass bei Blechstärken ≤ 16 mm der Verzicht auf einen Viertelkreisausschnitt konstruktiv und dynamisch günstiger ist. Zum Beispiel bei einer Konstruktion mit einem Hohlkörper wird auch selbstverständlich in den Eckbereichen auf einen Freischnitt verzichtet.

Eine große Verantwortung obliegt auch dem Werkstattpersonal. Die Qualität der Werkstattleistung entscheidet maßgeblich mit, über die Lebensdauer einer Konstruktion. Werden die Schweiß- und Brennarbeiten sorgfältig ausgeführt, so ist die Gefahr von Kerben sehr gering. Durch eine hohe Passgenauigkeit können die Eigenspannungen erheblich vermindert werden. (Maximal zul. ist ein Spaltmaß von 1mm, laut ZTV-W)

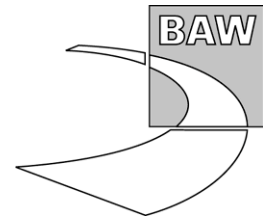
Die Bauüberwachung durch das eigene Personal oder das vom Auftraggeber beauftragte Personal ist für den Erfolg einer guten Qualität ebenfalls von sehr entscheidender Wirkung. Hier hat der Arbeitskreis 16/17 ein Muster für eine effektive Werkstattüberwachung erarbeitet. Dieses Muster wird zur Zeit noch mit dem DVS und der SLV abgestimmt. Nach Zustimmung kann diese Überwachungsscheckliste jeder WSV zur Verfügung gestellt werden.

Stand 23.05.2005

Baumaßnahme/Objektbenennung:									
AG:									
Kontrollplan: Stahlwasserbau - Werksfertigung für Neukonstruktionen									
AN:		Objektteil:		Einzelheit:		Blatt Nr.:		Werk:	
Muster									
Nr.		Beschreibung		Unterlagen, Normen Vorschriften Richtlinien		Erlidigungsvermerk AN		Erlidigungsvermerk AG	
						AN Do Datum Stempel/ Unterschrift/AN		AG Datum Stempel/ Unterschrift/AG	
1		Grundsätze Es gilt der Bauvertrag (BV)		BV, ZTV-W 216/1 u.218, DIN 19704, DIN 12944 T 1-8 DIN 18800-7					
1.1		Zulassung als Schweißbetrieb a) Großer Eignungsnachweis mit Erweiterung für nicht vorwiegend ruhende Beanspruchung b) Festlegung /Überprüfung der anzuwendenden Schweißverfahren		DIN 19704, Teil 2, Abs.5.1 DIN 18800-7 Tab. 14, KI.E DIN EN 288, Teil 3		Doku *		R	
2		Überwachung der Baustoffe, Baustoffsysteme und Bauteile							
2.1		Baustoff-/ Materialeingangsprüfung a) Vollständigkeit, Maße, Identität (Stempelung), sichtbare Fehler, Beschädigungen b) nicht sichtbare Fehler (Dopplungen, Einschlüsse, Poren, Lunken, usw.)		DIN EN 970 DIN EN 10160, S2:E2		P P *			
2.2		Kontrolle der Ausführungsunterlagen auf Vollständigkeit und Überprüfung der Prüfbescheinigungen (erf. Abnahmeprüfzeugnisse vgl. Stückliste auf genehmigten Zeichnungen a) Würden besondere Anforderungen an einzelne Bauteile, Bleche usw. entspr. entspr. genehm. Zeichn. überprüft (z. B. Aufschweißbiegeversuche, Z-Güten) b) Liegen alle Ausführungsunterlagen geprüft/ genehmigt vor (Konstruktionszeichnungen, Arbeitsanweisungen, Schweißfolgepläne, Schweißanweisungen, Schweißprüfpläne) c) Werkstoffe für tragende Bauteile mit 3.2 Abnahmeprüfzeugnis d) Sonstige nach Baubeschreibung e) Sonstige Schrauben/ Nieten: HV/HVP mit 3.2 f) Ü-Zeichen nach Bauregelliste A für sonstige Materialien		DIN EN 10025 /10204		P * P * P * P * P *		R R R R S	
Legende: R = Kontrolle der vorgelegten Dokumente P = Durchführung der Prüfung / Inspektion Doku = Dokumenten-Vorlage M = Meldung HP = Haltepunkt (Teilnahmepflichtig) S = stichprobenartige Kontrolle (min. 20%) * = in die Enddokumentation durch AN einfügen WPS = Schweißanweisung des Herstellers									

Seite: 1 von 6

Kontrollplan: Stahlwasserbau- Werksfertigung für Neukonstruktionen



Dr. rer. nat. G. Binder, Bundesanstalt für Wasserbau Karlsruhe

Planung und Ausführung des Korrosionsschutzes

Zusammenfassung

Stahl in Wasser korrodiert, da er unter den Bedingungen der Atmosphäre und des Wassers instabil ist. Grundsätzlich bieten sich zwei Möglichkeiten des Schutzes an: Passiver Schutz durch Beschichten und aktiver Schutz durch elektrochemische Verfahren. Letztere ist auch eine Methode zum Schutz von Stahl im Beton.

Unter Berücksichtigung der Bauwerksdaten kann der Korrosionsschutz bereits in der Planungsphase vollständig entwickelt werden. Die wesentlichen Faktoren für die Gesamtkonzeption sind dabei die Belastungen und die Konstruktion des Bauwerkes, sowie die Einwirkungen durch das lokale Immersionsmedium. Bei Neubaumaßnahmen bietet sich dabei der Vorteil, dass bauliche Notwendigkeiten, wie z.B. Kabelschächte für elektrochemische Anlagen bereits vorgesehen werden können. Umgekehrt bewirken die zuletzt häufig im Neubau eingesetzten korrosionsbeständigen Stähle (CrNi-Stahl bzw. „Niro“) generell eine Verlagerung und Beschleunigung der Korrosion auf die Baustahlseite, selbst in beschichteten Bereichen. Zusätzlich installierter aktiver Schutz und/oder vollkommene Überarbeitung des passiven Korrosionsschutzes bereits nach kurzer Nutzungsdauer ist die oftmals erforderliche Konsequenz. Gleichzeitig sind zunehmende Schäden auch auf mangelnde Ausführungsqualität zurückzuführen. Eine intensive Ausführungsüberwachung könnte hier dem derzeitigen Trend entgegenwirken.

1. Einleitung – Stand der Kenntnis

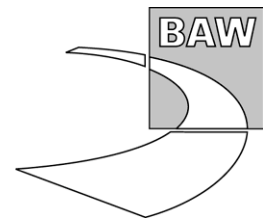
Der Blick in die Schadensstatistik [1] zeigt, dass, trotz intensiver Aufbereitung der Korrosionsschutzprobleme innerhalb der WSV in den letzten Jahren, die Zahl der bearbeiteten Schadensfälle, die auf Versagen des Korrosionsschutzes zurückgeführt werden können, drastisch angestiegen sind.

Was sind die Gründe dafür? Eine gewisse Differenzierung ermöglicht die prozentuale Aufteilung der Schadensursachen. Unter Weglassen des Aspekts, dass Schäden oftmals mehrere Ursachen haben können, fällt auf, dass die „Verarbeitung“, „Planung & Nutzung“ sowie „galvanische Elementbildung“ zusammen das Gros der Schäden (>75%) einnehmen.

Hierdurch stellt sich natürlich zunächst die Frage nach dem Kenntnisstand hinsichtlich der Aufbringung des Korrosionsschutzes und der Planung der Stahl(wasserbau)konstruktion. In der Normenentwicklung gab es in den letzten Jahren große Aktivitäten, so dass zumindest die Zahl der Regelwerke zugenommen hat. Es kann auch abgeleitet werden, dass mehr oder weniger alle Felder der Korrosion durch Regelung zum Schutz der Bauwerke abgedeckt sind. Möglicherweise gibt es aber beim verantwortlichen Personal, vom Planer bis zum Ausführenden, dennoch große Kenntnislücken im Verständnis der Korrosion im Stahl.

2. Regelwerke für den Korrosionsschutz

Die letzten Jahre waren davon geprägt europaweit gültige Regelwerke und ISO Standards zu schaffen. Gleichzeitig wurden damit nationale Normen zunehmend abgelöst.



2.1 Passiver Schutz durch Beschichten

Für die Auswahl von Schutzsystemen und die Durchführung von Korrosionsschutzarbeiten kann grundsätzlich auf zwei Regelwerke zurückgegriffen werden:

DIN EN ISO 12944

Mit der sogenannten Euronorm (DIN EN 12944; Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme) wurde 1998 ein erster Konsens vorgelegt. Damit wurde die DIN 55 928 (Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichten und Überzüge, 1991) abgelöst. Grundsätzlich findet sich die Struktur der alten DIN in der Euronorm wieder.

In den verschiedenen Teilen werden nach der Einleitung

- Umgebungsbedingungen
- Grundregeln zur Gestaltung
- Oberflächen und deren Vorbereitung
- Beschichtungssysteme
- Laborprüfungen
- Ausführung und Überwachung
- Spezifikation für Erstschutz und Überwachung

ausführlichst behandelt.

Für die Planung und Ausführung des Korrosionsschutzes ist es zunächst wichtig, die vorherrschenden (klimatischen) Umgebungsbedingungen festzustellen, und mit Hilfe der Norm (Teil 2) in die Korrosionsbeurteilung (Korrosionskategorien) umzusetzen. Hinsichtlich der Atmosphäre wurde die Zuordnung mit Hilfe des flächenbezogenen Masseverlusts von Metallen, die ausgelagert werden, bewerkstelligt. Bei den Wasserbauten sind folgende Korrosionskategorien festgelegt worden, die sich letztlich auf den Salzgehalt der Immersionsmedien (Im) beziehen:

- Im 1: Süßwasser (Flussbauten, Wasserkraftwerke) sowie
- Im 2: Meer- oder Brackwasser (Hafenbereiche mit Stahlbauten, Offshore-Anlagen).

Mit Im 3 (Erdreich einschließlich Stahlspundwände) wird die Bodeneinwirkung erfasst.

Im Teil 3 der Euronorm wird die konstruktive Gestaltung von Stahlbauten anhand von plausiblen Beispielen abgehandelt. Hierbei wird besonders auf die Einflüsse der Geometrie sowie des optimalen Ablaufens von Wasser geachtet.

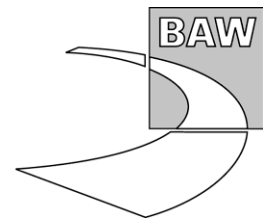
Im Teil 4 werden Flächenreinheitsgrade und die Verfahren zu deren Erzielung beschrieben.

Die für die verschiedenen Korrosivitätskategorien anwendbaren Korrosionsschutzsysteme sind in verschiedenen Tabellen des Teils 5 der Norm aufgelistet.

Teil 6 beschreibt die Prüfverfahren zum Eignungstest für Beschichtungssysteme entsprechend ihrer vorgesehenen Einsatzgebiete.

Vorschläge zur Anwendung von Spezifikationen zur Ausführung und Überwachung von Beschichtungsarbeiten werden in Teil 7 der Euronorm beschrieben.

In verschiedenen Tabellen des Teils 8 der Norm werden Empfehlungen von Spezifikationen für den Erstschutz und Instandsetzung aufgelistet.



Zusätzlich technische Vertragsbedingungen (ZTV-W) LB 218

Wie aus dem Namen schon ableitbar, unterscheiden sich Zusätzlich technische Vertragsbedingungen von Normen dadurch, indem sie

- vertraglich binden sind und
- die Normen in (ihren Mängeln) ergänzen.

Dabei sind derartige Vertragsbedingungen in Brüssel zu notifizieren um dadurch ermöglichte Handelshemmnisse auszuschalten.

Über die Euronorm hinaus, regelt die ZTV-W 218 im Beschichtungsbereich wichtige Rahmenbedingungen wie z.B.

- Geltungsbereiche (Stahlwasserbau und Ausrüstungsteile von Wasserbauwerken)
- Belastungen (mechanischer und elektrochemischer Natur)
- Oberflächenvorbereitung und Schutzsysteme
- Ausführungen in Verbindung mit den Baustellenbedingungen
- Umwelt- und Arbeitsschutzbedingungen
- Einsatzbedingungen von Korrosionsschutzstoffen (u.a. Zulassungsbedingungen)
- Sollsichtdickenregelungen bei Beschichtungsarbeiten.

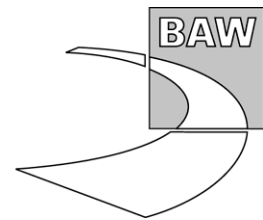
Beschichtungen im Neubau

Die in Teil 5 der Euronorm vorgeschlagenen Systeme (Tabelle A.8) sind umständlich aufgebaut und nicht mehr zeitgemäß. Dieser Umstand wird sich, nach dem Stand der Dinge, auch nach der derzeitigen Überarbeitung der Norm, nicht verbessern. Deshalb hat die BAW, in Abstimmung mit den Herstellern, eine Liste von 22 Systemen für den Stahlwasserbau erstellt, auf die bei der Ausschreibung (z.B. entsprechend STLK LB 218) zurückzugreifen ist (*Liste der empfohlenen Beschichtungssysteme*, [2]). Das ausgewählte System muss gleichzeitig eine Zulassung aufweisen, welche über die *Liste der zugelassenen Systeme* [3] ausgewählt bzw. kontrolliert werden kann.

Hinsichtlich der Applikation wurden die Toleranzen für Überschichtdicken in der ZTV-W 218 auf die zweifache nominelle Trockenfilmdicke (NTFD) begrenzt, welche in der Euronorm nur auf das dreifache eingeschränkt sind. Dies ist besonders bei hochgefüllten Grundbeschichtungen vorteilhaft, da insbesondere dort Brüche in der Schicht (Zinkbruch) bei zu hohen Schichtdicken zu befürchten sind. Die Rautiefen der Substratoberflächen sind bei der Bestimmung der Filmdicken mit magnetinduktivem Verfahren zu berücksichtigen.

Mit Ausnahmen (Kondensationsklima) ist die Mindestschichtdicke auf 500µm festgelegt, von wo aus diese dann über 1000 auf 2000µm gesteigert werden kann. Letztere für spezielle Formulierungen bzw. für hohe Anforderungen an den (mechanischen) Abriebsschutz, wobei der inhärente Abriebwert noch zu berücksichtigen ist.

Moderne Stoffe des Stahlwasserbaus können in hohen TFDs aufgebracht werden. Die Frage der Entscheidung – Mehr- oder Einschichtsysteme – kann häufig mit der Geometrie der Bauteile beantwortet werden: Ein (arbeitsintensiverer) Mehrschichtauftrag ist grundsätzlich bei feingliederigen Bauteilen einzusetzen.



2.2 Elektrochemischer Schutz

Entsprechend dem Oxidation- bzw. Korrosionsvorgang, nur mit umgekehrten Vorzeichen kann Stahl durch Zufuhr von Elektronen elektrochemisch geschützt werden. Da im geschützten Bereich meist ein Elektronenüberschuss und damit ein negative Ladungsverhältnis entsteht bzw. sich eine Kathode herausbildet, wird diese Schutzmethode Kathodischer Korrosionsschutz genannt.

Stahl in Wasser

Der Kathodische Korrosionsschutz (KKS) wird grundsätzlich mit zwei unterschiedlichen Verfahren bewirkt:

- Galvanischer Schutz durch Opferanoden sowie
- Schutz durch Fremdstromanlagen.

Bei der erstgenannten Methode wird ein, in Relation zum zu schützenden Metall, unedleres Metall elektrisch leitend mit diesem verbunden. Mit Hilfe des Elektrolyten (Ionenstrom) entsteht so ein galvanisches Element, wobei das unedlere Metall unter Elektronenabgabe an das zu schützende Bauteil Elektronen abgibt und somit die Oxidation unterbindet.

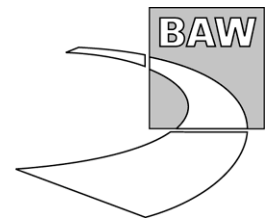
Physikalisch ähnlich, aber technisch mit aufwendigerer Einrichtung (inerte Anode, Stromquelle und Gleichrichter) werden mit der sogenannten Fremdstromanode Elektronen in das Bauteil geführt, welche die kathodische Polarisierung (= negativ laden) bewirken. Eine umfangreiche Beschreibung ist im HTG-Handbuch „Kathodischer Korrosionsschutz im Wasserbau“ [4] gegeben.

Mit den ZTV-W LB 220 stehen zusätzliche Vertragsbedingungen für die Einrichtung von KKS-Anlagen im Bereich der WSV zur Verfügung. Zur Klärung der Gestaltung der Kathodenschutzanlage sind Voruntersuchungen gemäß [5] erforderlich.

Häufig wird der Kathodenschutz als ergänzender Schutz zur Beschichtung eingesetzt. Durch die Strombeaufschlagung kann eine untaugliche Beschichtung eine Beschädigung erleiden. Es ist daher notwendig, einerseits die Schutzkriterien der KKS-Anlage einzuhalten und zu überwachen und andererseits Beschichtungsstoffe einzusetzen, welche hierfür ihre Tauglichkeit gemäß [6] unter Beweis gestellt haben.

Stahl in Beton

Nach dem gleichen Prinzip wie der Schutz von Stahl im Wasser kann der Stahl im Beton elektrochemisch geschützt werden. Auch hier werden inerte Anoden eingebracht und über einen Gleichrichter und eine Stromquelle mit dem Bewehrungsstahl verbunden. Die Form der Anode ist dabei ein Streckmetallgitter, welches in einem bestimmten Abstand zur Bewehrungslage einbetoniert wird. Den Elektrolyten stellt in dieser Konstellation das Porenwasser des Betons dar (Abb. 1). Indikationen für den (präventiven) Einbau einer KKS-Anlage sind z.B. generell Salzbeaufschlagungen (Meerwasser, Tausalzbelastung) und/oder vorhersehbare, immer wiederkehrenden korrosive Belastungen. Die Beschreibungen des Prinzips, die praktische Anwendung und die Schutzkriterien sind in [7] ausgeführt.



3. Arbeits- und Umweltschutz

Im Unterschied zu rein technischen Normen ist beim Arbeits- und Umweltschutz nicht der *Stand der Technik*, sondern der *Stand des Wissens* maßgebend. Unter dieser Prämisse sind teerhaltige Stoffe in der WSV nicht mehr im Einsatz. Teere enthalten in nennenswerten Konzentrationen Polyzyklische Aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) und sind daher cancerogen. Hinsichtlich der Verwendung von sogenannten Teerersatzstoffen (gereinigte Teerpeche) ist zuletzt die Empfehlung ausgesprochen worden, ebenfalls auf den Einsatz zu verzichten [8]. Hierbei kann derzeit keine Aussage über die Freisetzung von PAKs beim Entschichten gemacht werden, was aber bereits bei der Erstbeschichtung zu berücksichtigen wäre.

Bei der Verarbeitung moderner Beschichtungsmaterialien ist vor allem auf die enthaltenen Lösemittel (Polyurethane 1k, Epoxide) und wegen der allergieauslösenden Wirkung zu achten. Lösemittelfreie Stoffe hingegen werden aus niedrigmolekularen Harzen (z.B. Epoxide mit der Molmasse < 500) formuliert, die andererseits wegen ihrer Hautgängigkeit kritisch sind. Eine entgeltliche Bewertung bzw. Gegenüberstellung der Gefährdung durch Lösemittel oder hautresorptiven Epoxiden ist noch nicht geleistet.

Insgesamt gilt, dass beim Verarbeiten die Haut und die Atemwege vor dem Eindringen von Harzen bzw. Lösemittel zu schützen ist.

Bei der Freisetzung von Lösemitteln ist die Umsetzung der VOC-Richtlinie durch die 31. BimSch-Verordnung zu beachten, die ab einer gewissen Emissionsmenge Maßnahmen zur Reduzierung vorschreibt.

4. Schäden und ihre Vermeidung

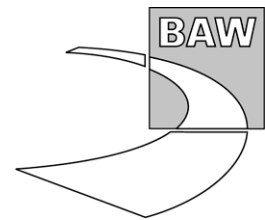
Beschichtungsschäden an Stahlwasserbauten zeigen sich recht schnell zu Beginn der Nutzungsphase. Durch Bauwerksinspektion innerhalb der (fünfjährigen) Gewährleistungsfrist kann also noch rechtzeitig reagiert werden.

Lösemittelintrag

Das Einbringen von Lösemittel während der Applikation (=Aufbringen) wird häufig mit der Optimierung der Viskosität des Korrosionsschutzstoffes begründet. Dabei wird oftmals übersehen, dass damit irreversible Veränderungen im aushärtenden Beschichtungsstoff eingeleitet werden:

Poren und Weichmachereffekt:

Durch die Zugabe von Lösemittel im „lösemittelfreien Epoxid“ wurden Poren erzeugt, welche durch das nachträgliche Verdunsten des Lösemittels gebildet wurden. Gleichzeitig kann das Lösemittel in tieferen Lagen nicht mehr vollständig verflüchtigen, wodurch deren Reste wie ein Weichmacher wirkt. Die Folge ist ein überproportional starkes Abreiben des Beschichtungsstoffes, was an einer Abfallwand eines Sektorwehres deutlich zu erkennen ist (s. auch [9]).



Aushärtstörungen:

Immer wieder zeigen einkomponentige Polyurethane weiche Erscheinungsformen, die bei der Nutzung häufig zur Blasenbildung übergehen. Dabei konnte fast immer artfremdes Lösemittel nachgewiesen werden, was den Aushärteprozess durch Einbindung der Alkohole des zugegebenen Lösemittels empfindlichst stört (Kettenabbruchreaktion; s. auch [10]).

Galvanische Elementbildung

Das Prinzip der galvanischen Elementbildung funktioniert auch dann, wenn der Planer es sich nicht erwünscht: Werden Bauteile kombiniert, welche ein voneinander unterschiedliches Korrosionspotential besitzen (z.B. Baustahl/CrNi-Stahl), so wird sich das unedlere Metall auflösen bzw. korrodieren. Die Auflösengeschwindigkeit hängt dabei wesentlich vom absoluten Potentialunterschied, den Flächenverhältnissen und dem Immersionsmedium (=Elektrolyten) ab. Im Prinzip leidet auch die Beschichtung des unedleren Metalls unter diesen Bedingungen, so dass hier oftmals Blasenbildung und Entschichtung die Folge ist [11].

5. Schlussfolgerung und Ausblick

Trotz der Bewegung im internationalen Normenwesen mit einer Harmonisierung von Standards z.B. für Europa müssen weiterhin Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen Lücken schließen bzw. wichtige Ergänzungen einführen. Hier sind u.a. Schichtdicken, Rauhtiefen, Zulassungsprüfungen und Auswahl geeigneter Korrosionsschutzsysteme aufzulisten.

Die Betrachtung der Regelwerke in der Summe zeigt, dass es national und international ausreichend viele Vorschriften gibt – sie müssen lediglich beachtet werden.

Durch den Konkurrenzdruck der Stoffhersteller und Ausführenden kommt es häufig zu Qualitätseinbußen des Korrosionsschutzes. Hierbei haben Bundesverwaltungen mit ihren ZTWn z.B. mittels Qualitätsanforderungen an das Personal von ausführenden Firmen einen Gegentrend eingeleitet. Diese Maßnahme ist noch durch eine bessere Bau- bzw. Ausführungsüberwachung von Seiten der Bauwerksbetreiber zu ergänzen. Da der Preisdruck auch nicht vor den Herstellern halt macht, werden häufig preislich günstigere Rohstoffe eingesetzt, als es dem Produkt zugute kommt. Hier müssen z.B. Überwachungen dafür sorgen, dass das eingesetzte Produkt auch demjenigen der Zulassungsprüfung entspricht. Hier sind vor allem moderne Methoden der analytischen Chemie erforderlich.

Letztlich kann aber gleich zu Beginn der Erstellung eines Bauwerks, nämlich bei der Planung eine Prävention der Korrosion ermöglicht werden. Um diese Ziel zu erreichen, ist hier lediglich das Einhalten von Grundprinzipien des konstruktiven Korrosionsschutzes erforderlich.

Literaturverzeichnis:

- [1] Binder, G.: Korrosionsschutz in der WSV – eine (Zwischen-) Bilanz; BAW-Brief (2004) Nr. 3, 9-15
- [2] Liste der empfohlenen Beschichtungssysteme (www.baw.de)
- [3] Liste der zugelassenen Systeme (www.baw.de)
- [4] Kathodischer Korrosionsschutz im Wasserbau (143 Seiten); Fachausschuß für Korrosionsfragen, Hafenbautechnische Gesellschaft e.V., Hamburg (1989)
- [5] Baumann, M.: Kathodischer Korrosionsschutz im Stahlwasserbau - Anforderungen für die Planung und Einrichtung KKS-Anlagen an Stahlwasserbauten; BAW-Brief (1996) Nr.2, 1-7
- [6] Richtlinie zur Prüfung von Beschichtungssystemen für den Korrosionsschutz im Stahlwasserbau (RPB 2001), BAW, Karlsruhe (www.baw.de)
- [7] Kathodischer Korrosionsschutz für Stahlbeton (84 Seiten); Fachausschuß für Korrosionsfragen, Hafenbautechnische Gesellschaft e.V., Hamburg (1994); engl. Fassung (2000)
- [8] Binder, G.: Teerersatzstoffe für den Korrosionsschutz und ihr Gefährdungspotential; BAW-Brief (2003) Nr. 1, 1-3
- [9] Binder, G.: Entschichtungsschäden an einem Sektorwehr; Hansa 140 (2003) 4, 62-65
- [10] Binder, G.: Beschichtungsschaden im Stahlwasserbau; Hansa 142 (2005) 4, 47-50
- [11] Binder, G.: Korrosionsschaden durch Elementbildung – Fallbeispiel aus dem Stahlwasserbau; Werkstoffe und Korrosion 50 (1999) 477-483

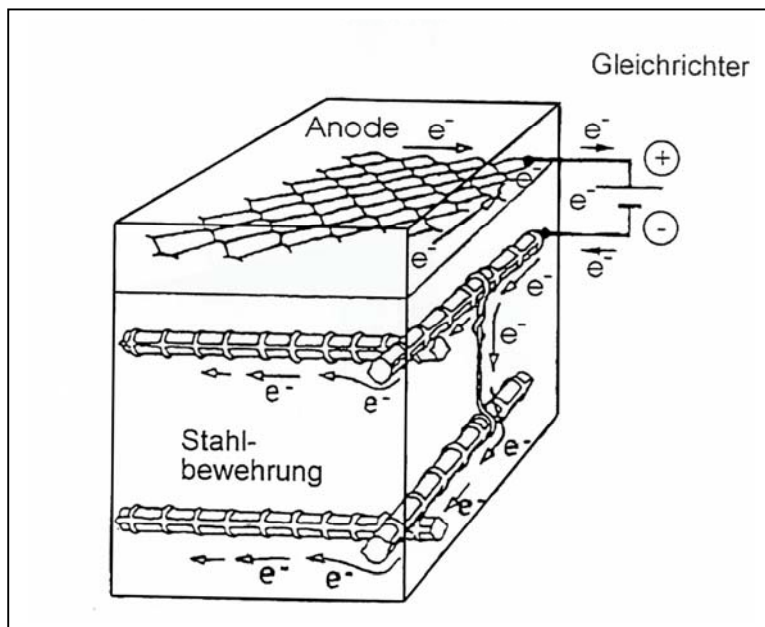


Abb. 1: Funktionsweise von KKS für Stahl in Beton

