

BAWMerkblatt

Bau und Instandsetzung massiver Wasserbauwerke im Meerwasserbereich (MBM)

Ausgabe 2025

EU-Notifizierung Nr. 2025/0354/DE

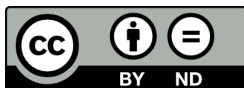
Hinweis:

Notifiziert gemäß der Richtlinie (EU) 2015/1535 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. September 2015 über ein Informationsverfahren auf dem Gebiet der technischen Vorschriften und der Vorschriften für die Dienste der Informationsgesellschaft (ABl. L 241 vom 17.9.2015, S. 1).

BAW-Merkblätter, -Empfehlungen und -Richtlinien

Herausgeber

Bundesanstalt für Wasserbau (BAW)
Kußmaulstraße 17, 76187 Karlsruhe
Telefon: +49 721 9726-0
E-Mail: info@baw.de
www.baw.de



creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/

Soweit nicht anders gekennzeichnet, stehen die Inhalte der Beiträge unter der Creative Commons Lizenz BY-ND 4.0 (Namensnennung – Keine Bearbeitungen 4.0 International). Bei anderweitiger Kennzeichnung unterliegen die entsprechenden Inhalte dem urheberrechtlichen Schutz und dürfen nicht weiterverwendet werden.

| Inhaltsverzeichnis | | Seite |
|---------------------------|---|--------------|
| 1 | Anwendungsbereich | 2 |
| 2 | Verweisungen auf Normen, Literatur und sonstige Regelwerke | 3 |
| 3 | Ergänzende Regelungen zu den ZTV-W LB 215 und ZTV-W LB 219 | 4 |
| 3.1 | Zuordnung der Bauteile zu Bauteilkategorien | 4 |
| 3.2 | Allgemeine ergänzende Regelungen für Bauteile der Bauteilkategorien M1 bis M3 | 5 |
| 3.3 | Ergänzende Regelungen für Bauteile der Bauteilkategorie M1 | 7 |
| 3.4 | Ergänzende Regelungen für Bauteile der Bauteilkategorie M2 | 8 |
| 3.5 | Ergänzende Regelungen für Bauteile der Bauteilkategorie M3 | 9 |

| Tabellenverzeichnis | | Seite |
|----------------------------|--|--------------|
| Tabelle 1: | Bauteilkategorien für den Neubau und die Instandsetzung für die Expositionsklassen XS2 und XS3 | 4 |

Anlagenverzeichnis

| | |
|-----------------------|--|
| Anlage 1 (informativ) | Hinweise für Planer zur Anwendung des BAW-MBM |
| Anlage 2 (informativ) | Einsatz von nichtrostendem Betonstahl am Beispiel einer zonierten Bauweise mittels Vorsatzschale im Neubau |
| Anlage 3 (informativ) | Weitere Maßnahmen zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit hinsichtlich chloridinduzierter Betonstahlkorrosion |

Vorbemerkung

Die Regelungen dieses Merkblatts ergänzen die Regelungen der ZTV-W LB 215 sowie der ZTV-W LB 219 im Einwirkungsbereich von Meerwasser in Küstenbereichen sowie Ästuarien der Expositionsklassen XS2, XS3 und XF4.

Meerwasserbauwerke sind intensiven Umweltbedingungen ausgesetzt. An besonders exponierte Bereiche (z. B. Wasserwechselzone der Kammer von Seeschleusen) werden Anforderungen hinsichtlich Betonstahlkorrosion, Frost-Tausalz-Widerstand, Begrenzung der maximalen Bauteiltemperatur und Begrenzung von Rissen aus frühem und spätem Zwang gestellt. Hinzu kommt, dass Risse bei Chlorideinwirkung weitestgehend unabhängig von der Rissbreite eine generelle Korrosionsgefahr für die Bewehrung darstellen können (je nach Expositions- und Randbedingungen von sehr gering bis sehr hoch). Daher erfordern spezifische Fälle und Bauwerksbereiche maßgeschneiderte Regelungen sowie ggf. zusätzliche präventive Maßnahmen, wie die Wahl besonderer Bauweisen und Baustoffe.

Das BAWMerkblatt Bau und Instandsetzung massiver Wasserbauwerke im Meerwasserbereich (MBM) enthält ergänzende Regelungen zu den ZTV-W LB 215 und ZTV-W LB 219, um den vorgenannten gleichzeitig gestellten Anforderungen gerecht zu werden.

Waren, die rechtmäßig in einem anderen Mitgliedstaat der Europäischen Union oder in der Türkei in Verkehr gebracht werden oder die ihren Ursprung in einem EFTA-Staat haben, der Vertragspartei des Abkommens über den Europäischen Wirtschaftsraum ist, und dort rechtmäßig in Verkehr gebracht werden, gelten als mit dieser Maßnahme vereinbar. Die Anwendung dieser Maßnahme unterliegt der Verordnung (EG) Nr. 764/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. Juli 2008 zur Festlegung von Verfahren im Zusammenhang mit der Anwendung bestimmter nationaler technischer Vorschriften für Produkte, die in einem anderen Mitgliedstaat rechtmäßig in den Verkehr gebracht worden sind, und zur Aufhebung der Entscheidung Nr. 3052/95/EG (ABl. L 218 vom 13.8.2008, S. 21).

1 Anwendungsbereich

- (1) Das BAW-MBM legt ergänzend zu den ZTV-W LB 215 Anforderungen für die Sicherstellung der Dauerhaftigkeit von Verkehrswasserbauwerken aus Stahlbeton hinsichtlich Betonstahlkorrosion im Einwirkungsbereich von Meerwasser in Küstenbereichen sowie Ästuarien in den Expositionsklassen XS2 und XS3 fest.
- (2) Das BAW-MBM legt ergänzend zu den ZTV-W LB 219, Abschnitte 3 und 4, Anforderungen für die Sicherstellung der Dauerhaftigkeit von Instandsetzungsmaßnahmen mit Betonersatz aus Stahlbeton und mittels Stahlbetonvorsatzschalen hinsichtlich Betonstahlkorrosion im Einwirkungsbereich von Meerwasser in Küstenbereichen sowie Ästuarien in den Expositionsklassen XS2 und XS3 fest.
- (3) Das BAW-MBM legt ergänzende Regeln zu den ZTV-W LB 215 und ZTV-W LB 219 zur adiabatischen Temperaturerhöhung des Betons im Einwirkungsbereich von Meerwasser in Küstenbereichen sowie Ästuarien in der Expositionsklasse XF4 fest.
- (4) Anlage 1 (informativ) gibt Hinweise für Planer zur Anwendung des BAW-MBM.
- (5) In Anlage 2 (informativ) wird ein Beispiel für eine mögliche Ausführungsvariante einer Schleusen-kammerwand mit den Anwendungsfällen M1 bis M3 für den Neubau aufgezeigt.
- (6) Anlage 3 (informativ) gibt einen Überblick über weitere Maßnahmen zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit von Stahlbetonbauwerken hinsichtlich chloridinduzierter Betonstahlkorrosion.

2 Verweisungen auf Normen, Literatur und sonstige Regelwerke

| | |
|------------------------------|---|
| BAW-MATB | Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.): Merkblatt Bestimmung der adiabatischen Temperaturerhöhung von Beton (MATB). Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau (BAWMerkblätter, -Empfehlungen und -Richtlinien). |
| BAW-MDCC | Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.): Merkblatt Dauerhaftigkeitsbemessung und -bewertung von Stahlbetonbauwerken bei Carbonatisierung und Chlorideinwirkung (MDCC). Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau (BAWMerkblätter, -Empfehlungen und -Richtlinien). |
| BAW-MRZ | Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.): Merkblatt Rissbreitenbegrenzung für Zwang in massiven Wasserbauwerken (MRZ). Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau (BAWMerkblätter, -Empfehlungen und -Richtlinien). |
| DAfStb-RL MB | Deutscher Ausschuss für Stahlbeton. Richtlinie „Massige Bauteile aus Beton“. |
| DBV-Merkblatt Riss | Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E. V. (Hg.): Merkblatt „Begrenzung der Rissbildung im Stahlbeton- und Spannbetonbau“. |
| DIN 488-1 | Betonstahl – Teil 1: Stahlsorten, Eigenschaften, Kennzeichnung. |
| DIN 1045-2 | Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 2: Beton. |
| DIN EN 197-1 | Zement – Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement. |
| DIN EN 1992-1-1 | Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau. |
| DIN EN 1992-1-1/NA | Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau. |
| E DIN EN 10370 | Stahl für die Bewehrung von Beton – Nichtrostender Stahl. |
| Rahimi und Westendarp (2024) | Rahimi, A., Westendarp, A. (2024) Dauerhafter und nachhaltiger Korrosionsschutz des Betonstahls in Verkehrswasserbauwerken. In: Beton- und Stahlbetonbau 119. https://doi.org/10.1002/best.202400024 . |
| ZTV-W LB 215 | Bundesministerium für Verkehr (Hg.): ZTV-W LB 215: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen – Wasserbau (ZTV-W) für Wasserbauwerke aus Beton und Stahlbeton (Leistungsbereich 215). |
| ZTV-W LB 219 | Bundesministerium für Verkehr (Hg.): ZTV-W LB 219: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen – Wasserbau (ZTV-W) für die Instandsetzung der Betonbauteile von Wasserbauwerken (Leistungsbereich 219). |

3 Ergänzende Regelungen zu den ZTV-W LB 215 und ZTV-W LB 219

3.1 Zuordnung der Bauteile zu Anwendungsfällen

- (1) Bauteile im Anwendungsbereich der ZTV-W LB 215 sind in Anwendungsfälle M1 bis M3 gemäß Tabelle 1 einzuordnen. Tabelle 1 ergänzt die Bauwerke gemäß ZTV-W LB 215, Teil 1000, Tabelle 1, Zeile 6a und 6b, auf Basis des dort aufgeführten Kriteriums 2. Es gelten ausschließlich die Festlegungen für eine Nutzungsdauer von 100 Jahren.

Tabelle 1: Anwendungsfälle für den Neubau und die Instandsetzung für die Expositionsklassen XS2 und XS3

| Anwendungsfall | Kriterium 2 gemäß ZTV-W LB 215, Teil 1000, Tabelle 1 | Beschreibung der Umgebung hinsichtlich Korrosionsrisiko der Bewehrung | Beispiele | Zuordnung im Anwendungsbereich | |
|----------------|---|--|---|---|---|
| | | | | ZTV-W LB 215 | ZTV-W LB 219 |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| M1 | hoher Verfügbarkeitsanspruch oder schlechte oder keine Zugänglichkeit für Instandsetzung | Chloridbelastung mit $C_{S,\Delta x} \geq 2,0 \text{ M.-%}/z_{eq}$ und wechselnde Wasserbeaufschlagung (XS3) | Bauteilbereiche mit Zwangsbeanspruchung wie Schleusenkammerwände in fugenloser und fugenbehalteter Bauweise; Brandungsbauwerke; Vorsatzschalen | Bauwerke und Bauteile, die nach ZTV-W LB 215, Teil 1000, Tabelle 1, <u>Zeile 6a</u> , eingestuft sind | Betonersatzsysteme gemäß Abschnitte 3 und 4 ¹⁾ |
| | | Chloridbelastung mit $C_{S,\Delta x} \leq 2,0 \text{ M.-%}/z_{eq}$ und wechselnde Wasserbeaufschlagung (XS3) | | | |
| | | unabhängig von der Chloridbelastung $C_{S,\Delta x}$ ständig unter Wasser (XS2) | | | |
| M3 | eingeschränkte Verfügbarkeit akzeptabel und gute Zugänglichkeit für Instandsetzung sowie Instandsetzbarkeit | unabhängig von der Chloridbelastung $C_{S,\Delta x}$ unabhängig von der Wasserbeaufschlagung (XS2/XS3) | kleine, redundant ausgelegte Wehre; massive Uferwände; Uferwände mit Stahlbetonkopfbalken; temporär sperrbare Dücker und Durchlässe; redundant ausgelegte wasserbeaufschlagte Nebenanlagen (Pumpenschacht, Hebeanlage, Schöpfwerke); Planie | Bauwerke und Bauteile, die nach ZTV-W LB 215, Teil 1000, Tabelle 1, <u>Zeile 6b</u> , eingestuft sind | |

$C_{S,\Delta x}$ Chloridbelastung an der Bauteiloberfläche (Oberflächenchloridgehalt) gemäß BAW-MDCC

- 1) Betonersatzsysteme gemäß Abschnitte 5 und 6 der ZTV-W LB 219 können bei Bedarf sinngemäß zugeordnet werden.
- (2) Für den Anwendungsbereich der ZTV-W LB 219 gilt Tabelle 1 ausgehend vom Verfügbarkeitsanspruch und der Zugänglichkeit der Bauteile während der Nutzung des Bauteils sowie ihrer Instandsetzbarkeit sinngemäß. Es gelten auch die Festlegungen dieses Merkblatts für planmäßig kürzere Nutzungsdauern als 100 Jahre.

3.2 Allgemeine ergänzende Regelungen für Bauteile der Anwendungsfälle M1 bis M3

- (1) Sofern in der Leistungsbeschreibung nicht anders vereinbart, sind bei Bauteilen der Anwendungsfälle M1 und M2 in der Expositionsklasse XS3 bei vertikalen geschalten Bauteilflächen sowie bei geneigten Bauteilflächen mit Konterschaltung wasserabführende Schalungsbahnen (CPF) zu verwenden.
- (2) In der Expositionsklasse XF4 darf abweichend von der ZTV-W LB 215, Teil 2, 5.2.2 (2), auch für massige Bauteile (kleinste Bauteilabmessung $\geq 0,8$ m) auf die Anforderung hinsichtlich des Einsatzes von Normalzementen mit niedriger Hydratationswärmeentwicklung (LH-Zemente gemäß DIN EN 197-1) verzichtet werden.
- (3) Für massige Wände und Holme mit der Expositionsklasse XF4 darf die adiabatische Temperaturerhöhung des Betons den Grenzwert gemäß ZTV-W LB 215, Teil 1 a), 7.3.2 (2), sowie Teil 2, 5.2.9 (5), von 43 K überschreiten und maximal 55 K betragen. Liegt die adiabatische Temperaturerhöhung des Betons im Bereich zwischen 43 K und 55 K, sind nachfolgende zusätzliche Maßnahmen a) bis c) zu erfüllen.

Als Holme werden hierbei alle Bauteile zusammengefasst, bei denen die Maximaltemperatur im Bauteil vom Wärmeabfluss sowohl über die Querschnittsbreite b als auch über die -höhe h nennenswert beeinflusst wird. Pragmatisch können alle Bauteile mit Querschnittsbreiten von $h/3 < b < 3 \cdot h$ als Holme betrachtet werden. Die Berechnung der Querschnittsbreite erfolgt stets für den Grundquerschnitt ohne Aussparungen.

Als Wände werden alle Bauteile verstanden, bei denen die Maximaltemperatur im Bauteil nur vom Wärmeabfluss über die Querschnittsbreite b beeinflusst wird ($b \leq h/3$).

- a) Nachweis der Einhaltung der maximal zulässigen Bauteiltemperatur von 68 °C zum Ausschluss sekundärer Ettringitbildung:

Die maximal zulässige Bauteiltemperatur ist sowohl rechnerisch im Planungsprozess, als auch messtechnisch in der Erstprüfung sowie durch In-Situ-Messungen in der Herstellungsphase am Bauwerk zu überprüfen.

- Für die rechnerische Abschätzung der maximalen Bauteiltemperatur kann der Wärmeabfluss mit der folgenden Gleichung berücksichtigt werden:

$$\max T_{BT} = T_{FB} + k_{T_{BT}} \cdot \Delta T_{\text{adiab},7d}$$

$\Delta T_{\text{adiab},7d}$ adiabatische Temperaturerhöhung des Betons nach sieben Tagen

T_{FB} Frischbetontemperatur an der Einbaustelle (in der Regel 25 °C gemäß ZTV-W LB 215)

$k_{T_{BT}}$ Faktor für Bauteildickeneinfluss,

für Wände mit der Querschnittsbreite b_W [m]: $k_{T_{BT}} = 1,1 - 0,3/b_W^{0,7}$

für Holme mit der Querschnittsbreite b_H [m] und -höhe h_H [m] und dem

Geometriefaktor $d_H = \min\{b_H; h_H\} \cdot h_H$: $k_{T_{BT}} = 1,1 - 0,45/d_H^{0,35}$

- Die für die Planung angenommene adiabatische Temperaturerhöhung des Betons ist im Rahmen der Erstprüfung gemäß BAW-MATB, Abschnitt 3, nachzuweisen.
- Der Nachweis der maximalen Bauteiltemperatur in der Herstellungsphase muss durch In-Situ-Messungen erfolgen.

- b) Berücksichtigung der angenommenen adiabatischen Temperaturerhöhung des Betons bei der Bemessung der Mindestbewehrung nach BAW-MRZ von Wänden:

Zusätzlich ist aufgrund der höheren zugelassenen Temperaturen die erforderliche Anzahl an Sekundärrisspaaren infolge frühen Zwangs mit $n \leq 2,5$ zu begrenzen. Kann der Grenzwert der Anzahl an Sekundärrisspaaren nicht eingehalten werden, ist die Betonierabschnittshöhe bzw. -länge anzupassen oder die maximal zulässige adiabatische Temperaturerhöhung zu begrenzen.

- c) Berücksichtigung der Behinderungssituation von Holmen:

Für Holme ergeben sich zwei typische Ausführungsvarianten und daraus abgeleitete Behinderungssituationen.

Bei direkter Betonage eines kompakten Holms auf eine Spundwand unterliegt der Holm einem geringen Behinderungsgrad, wodurch die in BAW-MRZ zugrundeliegende geometrisch bedingte Primärrissbildung nicht generell vorausgesetzt werden kann. In diesem Fall ist die Mindestbewehrung infolge Zwangs nach DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-1-1/NA zu bemessen.

Die Betonage des Holms auf einer Abschirmplatte und Spundwand bzw. auf einem zuvor errichteten massiven Betonbauteil bewirkt einen höheren Behinderungsgrad für den Holm. In diesem Fall ist die Mindestbewehrung infolge Zwangs nach BAW-MRZ zu bemessen. Die Vorgehensweise entspricht der für Wände, siehe (3) b).

Anmerkung: Für Bauteile mit kleinster Bauteilabmessung $\gg 0,8$ m kann eine zonierte Bauweise mit Vortschale (vgl. Anlage 2) eine baupraktische Lösung darstellen.

- (4) Massige Bodenplatten der Expositionsklasse XF4 (z. B. Bodenplatte eines Wassersturzbeckens) sind in zonierter Bauweise „frisch auf frisch“ mit einer Schichtdicke von 0,3-0,5 m im exponierten oberflächennahen Bereich auszuführen. Für den Beton in diesem Bereich ist eine adiabatische Temperaturerhöhung von bis zu 55 K zulässig. Der darunterliegende Beton (Kernbeton) muss die adiabatische Temperaturerhöhung gemäß ZTV-W LB 215, Teil 1 a), 7.3.2 (2), sowie Teil 2, 5.2.9 (5), von 36 K einhalten. Die für die Planung angenommenen adiabatischen Temperaturerhöhungen der Betone sind im Rahmen der Erstprüfung gemäß BAW-MATB, Abschnitt 3, nachzuweisen. Die Bemessung der Mindestbewehrung infolge Zwangs ist nach BAW-MRZ mit den Materialeingangsgrößen des Kernbetons zu bestimmen.

Anmerkung: Für massige Sohlplatten der Expositionsklasse XF4 ist eine Nachweisführung mit einer erhöhten adiabatischen Temperaturerhöhung im Allgemeinen nicht zielführend, da in diesem Fall das ungünstige Zusammenspiel von Biegezwang und Randzugspannungen infolge Eigenspannungen vornehmlich nur über die Temperaturbegrenzung gesteuert werden kann.

- (5) Bei einer Ausführung mit Bauteilinnenkühlung entfallen die Regelungen der Absätze (3) und (4). Es sind projektspezifische Regelungen zu treffen.

- (6) Für Vorsatzschalen mit einer maximalen Dicke $< 0,8$ m mit der Expositionsklasse XF4 darf die adiabatische Temperaturerhöhung des Betons den Grenzwert gemäß ZTV-W LB 219, Absatz (188), von 45 K überschreiten und maximal 55 K betragen. Die für die Planung angenommene adiabatische Temperaturerhöhung des Betons ist im Rahmen der Erstprüfung gemäß BAW-MATB, Abschnitt 3, nachzuweisen. Die Regelungen zur Bemessung der Mindestbewehrung gemäß ZTV-W LB 219, Abschnitt 3.3.2, bzw. 4.3.2, sind zu beachten.

3.3 Ergänzende Regelungen für Bauteile des Anwendungsfalls M1

- (1) Sofern in der Leistungsbeschreibung nicht anders vereinbart, ist die Dauerhaftigkeit des Bauteils hinsichtlich chloridinduzierter Betonstahlkorrosion durch den Einsatz von Betonstahl mit erhöhtem Korrosionswiderstand (nichtrostender Betonstahl) in den im exponierten Bereich liegenden Bewehrungsebenen und Anschlüssen sicherzustellen.

- (2) Der Einsatz von Betonstählen mit unterschiedlichen Korrosionswiderständen (Kombination aus nichtrostendem und herkömmlichem, unlegiertem Betonstahl gemäß DIN 488-1; Mischbewehrung) innerhalb eines Bauteils ist zulässig.

Anmerkung: Als Mischbewehrung dürfen auch nichtrostende Betonstähle mit unterschiedlichen Korrosionswiderständen eingesetzt werden.

- (3) Bei Vorsatzschalen müssen die im exponierten Bereich liegenden Bewehrungsebenen sowie Verankerungen zum rückwärtigen Beton aus nichtrostendem Betonstahl ausgeführt werden. Die Ausführung des Übergangsbereichs zu angrenzenden Bauteilen, die einem anderen Anwendungsfall (z. B. M2) oder keinem Anwendungsfall (z. B. Kernbeton) zugeordnet werden, ist in der Leistungsbeschreibung festgelegt.

- (4) Der Nachweis des Korrosionswiderstands des nichtrostenden Betonstahls ist mit dem Korrosionsprüfverfahren gemäß Anhang D des Normenentwurfs E DIN EN 10370 (Stahl für die Bewehrung von Beton – Nichtrostender Stahl) zu führen. Der erforderliche Korrosionswiderstand gemäß dieses Laborprüfverfahrens ist mit dem dort definierten Kennwert Cl_{test} (Massenanteil der eingemischten Chloride bezogen auf den Bindemittelgehalt) in der Leistungsbeschreibung festgelegt.

Anmerkung: Der projektspezifisch erforderliche Korrosionswiderstand Cl_{test} ist in Abhängigkeit von der Höhe der Chloridbelastung, der Ausprägung der Trennrissbildung, dem Korrosionsrisiko, den Konsequenzen einer möglichen Bewehrungskorrosion sowie dem angestrebten Sicherheitsniveau durch den Auftraggeber festzulegen. Bei Bedarf ist die BAW hinzuzuziehen.

- (5) Sofern in der Leistungsbeschreibung nicht anders vereinbart, gelten für die Anforderungen an die Betonzusammensetzung für die Expositionsklasse XS3 die Regelungen der DIN 1045-2, Tabelle F.1, bzw. DAfStb-RL MB, Tabelle F.2.1.
- (6) Besondere Anforderungen an Dichtelemente zur Abdichtung der Arbeitsfugen sind in der Leistungsbeschreibung festgelegt.
- (7) Anforderungen an die Lagerung von Betonstahl auf der Baustelle sind in der Leistungsbeschreibung festgelegt.

3.4 Ergänzende Regelungen für Bauteile des Anwendungsfalls M2

- (1) Sofern in der Leistungsbeschreibung nicht anders vereinbart, ist für Zielnutzungsdauern von größer als 50 Jahren die Dauerhaftigkeit hinsichtlich chloridinduzierter Betonstahlkorrosion gemäß BAW-MDCC zu bemessen. Sofern in der Leistungsbeschreibung nicht anders vereinbart, ist für die Bemessung gemäß BAW-MDCC ein Zielwert des Zuverlässigkeitsindex von $\beta_0 = 1,5$ (d. h. etwa 93 % Sicherheit) anzusetzen. Die bemessungsrelevanten Eingangsparameter der chloridinduzierten Betonstahlkorrosion sind in der Leistungsbeschreibung festgelegt.

Anmerkung 1: Für die Bemessung der Bauteile gemäß BAW-MDCC ist der projektspezifische Oberflächenchloridgehalt $C_{S,\Delta x}$ anzusetzen, mindestens jedoch 1,0 M.-%/z_{eq}.

Anmerkung 2: Die Bemessung der Dauerhaftigkeit hinsichtlich chloridinduzierter Betonstahlkorrosion gemäß BAW-MDCC durch den Planer muss eine baupraktisch umsetzbare Lösung ergeben. Die Grundlagen für die Festlegungen sind detailliert darzustellen und zu begründen. Je nach Ergebnis dieser Bewertung kann beispielsweise eine konkrete Vorgabe zur Verwendung bestimmter Bindemittel oder eine Vorgehensweise gemäß Anwendungsfall M1 notwendig werden.

- (2) Sofern in der Leistungsbeschreibung nicht anders vereinbart, darf für Zielnutzungsdauern bis zu 50 Jahren unter der Verwendung der nachfolgenden Bindemittel auf eine Bemessung der Dauerhaftigkeit hinsichtlich chloridinduzierter Betonstahlkorrosion gemäß BAW-MDCC verzichtet werden:
- CEM I- und CEM II-Zemente nach ZTV-W LB 219, in Verbindung mit Flugasche als Betonzusatzstoff, wobei der Flugaschegehalt mindestens 20 M.-% von (z+f) betragen muss,
 - CEM I- und CEM II-Zemente nach ZTV-W LB 219 in Verbindung mit Silikastaub als Betonzusatzstoff, wobei der anrechenbare Silikastaubgehalt mindestens 8 M.-% von (z+s) betragen muss,
 - CEM III/A in Verbindung mit Flugasche als Betonzusatzstoff, wobei der Flugaschegehalt mindestens 10 M.-% von (z+f) betragen muss.
 - CEM III/B.

Bei Verwendung anderer Bindemittel ist die Dauerhaftigkeit hinsichtlich chloridinduzierter Betonstahlkorrosion gemäß BAW-MDCC zu bemessen. Sofern in der Leistungsbeschreibung nicht anders vereinbart, ist für die Bemessung gemäß BAW-MDCC ein Zielwert des Zuverlässigkeitsindex von $\beta_0 = 1,5$ (d. h. etwa 93 % Sicherheit) anzusetzen.

Anmerkung: Die Anrechenbarkeit von Zusatzstoffen gemäß DIN 1045-2, 5.2.5.2, ist zu beachten.

3.5 Ergänzende Regelungen für Bauteile des Anwendungsfalls M3

- (1) Sofern in der Leistungsbeschreibung nicht anders vereinbart, darf für Zielnutzungsdauern bis zu 100 Jahren unter der Verwendung der nachfolgenden Bindemittel auf eine Bemessung der Dauerhaftigkeit hinsichtlich chloridinduzierter Betonstahlkorrosion gemäß BAW-MDCC verzichtet werden:
- CEM I- und CEM II-Zemente nach ZTV-W LB 215 bzw. ZTV-W LB 219, in Verbindung mit Flugasche als Betonzusatzstoff, wobei der Flugaschegehalt mindestens 20 M.-% von (z+f) betragen muss.
 - CEM I- und CEM II-Zemente nach ZTV-W LB 215 bzw. ZTV-W LB 219 in Verbindung mit Silikastaub als Betonzusatzstoff, wobei der anrechenbare Silikastaubgehalt mindestens 8 M.-% von (z+s) betragen muss.
 - CEM III/A in Verbindung mit Flugasche als Betonzusatzstoff, wobei der Flugaschegehalt mindestens 10 M.-% von (z+f) betragen muss.
 - CEM III/B.

Anmerkung: Die Anrechenbarkeit von Zusatzstoffen gemäß DIN 1045-2, 5.2.5.2, ist zu beachten.

- (2) Bei Verwendung anderer Bindemittel ist die Dauerhaftigkeit hinsichtlich chloridinduzierter Betonstahlkorrosion gemäß BAW-MDCC zu bemessen. Sofern in der Leistungsbeschreibung nicht anders vereinbart, ist für die Bemessung gemäß BAW-MDCC ein Zielwert des Zuverlässigkeitsindex von mindestens $\beta_0 = 0,5$ (d. h. etwa 70 % Sicherheit) anzusetzen.

Anlage 1 (informativ): Hinweise für Planer zur Anwendung des BAW-MBM

Um ein differenziertes, sicheres und wirtschaftliches Bauen in Küstenbereichen und Ästuarien zu ermöglichen, erfolgt im BAW-MBM entsprechend der ZTV-W LB 215 eine Einstufung in Anwendungsfälle ausgehend vom Verfügbarkeitsanspruch des Bauteils während des Betriebes, seiner Zugänglichkeit für eine Instandsetzung sowie seiner Instandsetzbarkeit. Damit wird sichergestellt, dass sicherheitsrelevante Bauteile – Bauteile, die durchgängig zur Verfügung stehen müssen – sowie solche, die schwer oder nicht zugänglich sind, bei Neubau und Instandsetzung mit hohen Anforderungen an die Baustoffwahl ausgeführt werden (Anwendungsfälle M1 und M2). Bauteile, die nicht unter diese Kriterien fallen, dürfen unabhängig vom Korrosionsrisiko mit einem reduzierten Sicherheitsniveau ausgeführt werden (Bauteilkategorie M3), da potenzielle Schäden in der Regel aufgrund des geringen Verfügbarkeitsanspruchs instandgesetzt werden können.

Insbesondere im Neubau ist aufgrund der im Verkehrswasserbau üblichen fugenlosen Bauweise mit einer Vielzahl an Trennrissen zu rechnen. Trotz der geringen Rissbreiten kann nach aktuellem Kenntnisstand nicht von einer zuverlässigen Selbstheilung dieser Risse ausgegangen werden, da die hierfür erforderlichen Voraussetzungen in den meisten Fällen nicht gegeben sind. Bei Chlorideinwirkung stellen diese Risse weitestgehend unabhängig von der Rissbreite eine generelle Korrosionsgefahr für die Bewehrung dar. Dies bedeutet, dass der angestrebte Korrosionsschutz der Bewehrung mit dem Entwurfsgrundsatz b) „Rissverteilung“ nach DBV-Riss nicht zielsicher und dauerhaft sichergestellt werden kann. (Rahimi und Westendarp 2024)

Auch außerhalb von Rissen kann ein unzureichender Widerstand des Betons gegen das Eindringen von Chloriden – etwa infolge des Verzichts auf bestimmte Bindemittelkomponenten zur Optimierung anderer Betoneigenschaften oder aufgrund ihrer Nichtverfügbarkeit (vgl. Vorbemerkung dieses Merkblatts) – besondere Maßnahmen zum Schutz der Bewehrung vor Korrosion erforderlich machen.

Um den derzeit bestehenden Unsicherheiten und Herausforderungen hinsichtlich der Korrosionsgefährdung der Bewehrung entgegenzuwirken, wird in diesem Merkblatt für Bauteile des Anwendungsfalls M1 der Einsatz von nichtrostendem Betonstahl forciert. Trotz des höheren Aufwands bei der Herstellung des Bauwerks stellt dies im Rahmen einer ganzheitlichen Betrachtung über die Nutzungsdauer hinweg eine wirtschaftliche und nachhaltige Lösung dar.

Bei Bauteilen der Expositionsklasse XS1 ist die Chlorideinwirkung im Vergleich zu den Expositionsklassen XS2 und XS3 deutlich geringer und stellt in der Regel keine dominierende Beanspruchung dar. Aus diesem Grund werden für Bauteile der Expositionsklasse XS1 weder in diesem Merkblatt noch in den ZTV-W LB 215 und ZTV-W LB 219 ergänzende baustoffliche Regelungen zur DIN 1045-2 vorgesehen.

Anlage 2 (informativ): Einsatz von nichtrostendem Betonstahl am Beispiel einer zonierten Bauweise mittels Vorsatzschale im Neubau

Im Folgenden wird ein Beispiel für eine mögliche Ausführungsvariante einer neu zu errichtenden Mittelwand einer Schleusenammer dargestellt. Die Kammerwand ist im Bereich der Wasserwechselzone inkl. Vorhaltemaß aufgrund der wirksamen Chloridbelastung von $C_{s,\Delta x} \geq 2 \text{ M.-%/z}_{\text{eq}}$ im Anwendungsfall M1 auszuführen. Um die gleichzeitigen Anforderungen hinsichtlich Frost-Tausalz-Widerstand und maximaler Bauteiltemperatur des Betons zu erfüllen, wird der dem Anwendungsfall M1 zugeordnete Bereich in zonierter Bauweise aus einer 40 cm dicken Vorsatzschale und einem Kernbauteil frisch auf fest hergestellt.

Abbildung 1 zeigt die schematische Darstellung der Mittelwand der Schleusenkammer mit Anordnung einer Vorsatzschale im Bereich des Anwendungsfalls M1.

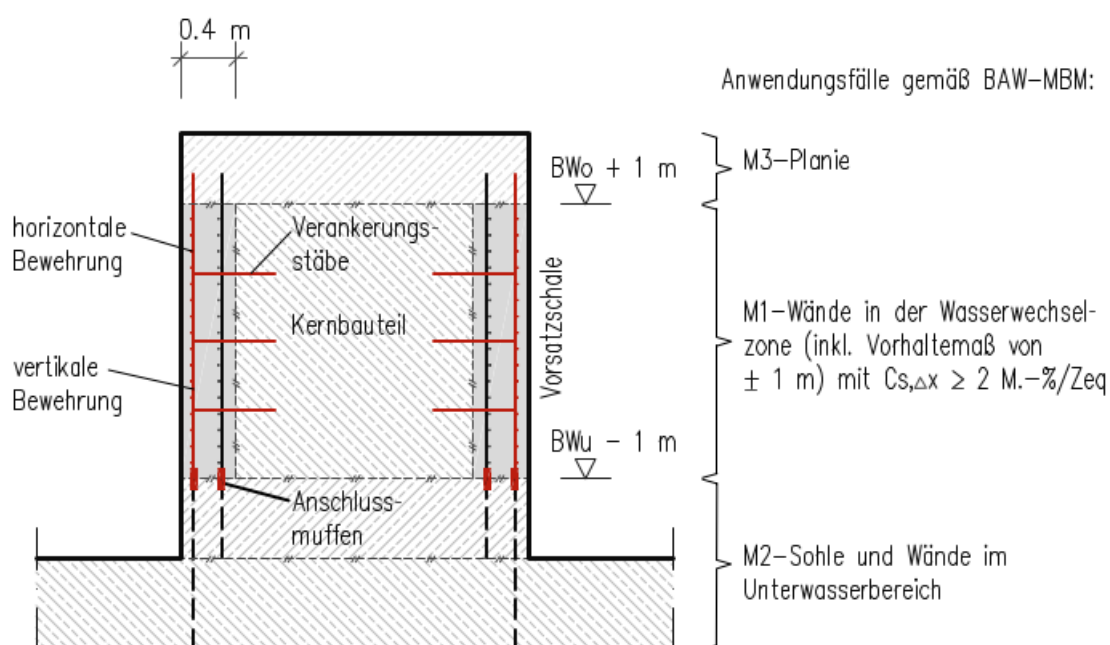


Abbildung 1: Schematischer Querschnitt einer neu zu errichtenden Mittelmauer einer Schleusenkammer in zonierter Bauweise mit einer Vorsatzschale im Bereich der Wasserwechselzone mit Zuordnung der Anwendungsfälle

Die im Folgenden dargestellte Ausführungsvariante mit einer 40 cm (im Grundquerschnitt ohne Aussparungen etc.) dicken Vorsatzschale im Bereich des Anwendungsfalls M1 ermöglicht gezielte Maßnahmen im oberflächennahen Bereich zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit im Bereich der Expositionsklassen XS3/XF4.

Im Bereich der Vorsatzschale ist von einer hohen Anzahl an Trennrissen auszugehen, die keine Selbstheilung erwarten lassen. Hinsichtlich der Bemessung von Verankerung und Bewehrung der Vorsatzschale gelten sinngemäß die Baugrundsätze gemäß ZTV-W LB 219. Ein innerer Wasserdruck zwischen Kernbauteil und Vorsatzschale ist zu berücksichtigen.

Im Bereich der Vorsatzschale werden die beiden vorderen Bewehrungslagen, die Verankerungen in das Kernbauteil sowie der Anschluss an den ständig unter Wasser liegenden Beton (Anwendungsfall M2) aus nicht rostendem Stahl ausgeführt. Ggf. kann der Anschluss an das ständig unter Wasser liegende

Bauwerksteil aus herkömmlichem, unlegiertem Stahl ausgeführt werden, sofern der Korrosionsschutz durch einen angepassten Beton in der untersten Betonierlage der Vorsatzschale gewährleistet ist. Die beiden hinteren Bewehrungslagen der Vorsatzschale können mit herkömmlichem, unlegiertem Betonstahl ausgeführt werden. Der Beton der Vorsatzschale kann gemäß den Anforderungen der Expositionsklasse XS3 der DIN 1045-2, Tabelle F.1, bzw. DAfStb-RL MB, Tabelle F.2.1, entworfen werden. Auf die LH-Anforderung an den Zement darf verzichtet werden. Zur Vermeidung des Risikos einer sekundären Ettringitbildung ist jedoch die Einhaltung einer maximalen Bauteiltemperatur von 68 °C zwingend erforderlich. Diese ist im Rahmen der Planung rechnerisch abzuschätzen. Für den Nachweis darf der Wärmeabfluss aus dem Bauteil während der Hydratation berücksichtigt werden. Während der Bauausführung sind entsprechende Nachweise zur adiabatischen Temperaturerhöhung des Betons im Rahmen der Erstprüfung (BAW-MATB, Abschnitt 3) sowie der maximalen Bauteiltemperatur bei der Herstellung (In-Situ-Messungen) zu führen. Die Bemessung der rissbreitenbegrenzenden Bewehrung aus Zwang erfolgt für die Vorsatzschale entsprechend der ZTV-W LB 219.

Der massige Kernbeton hinter der Vorsatzschale unterliegt bei dieser Ausführungsvariante keinen besonderen umgebungsbedingten Anforderungen und kann somit hinsichtlich der Begrenzung der Hydratationswärmeentwicklung zur Vermeidung einer sekundären Ettringitbildung optimiert werden. Die Bewehrung kann mit herkömmlichem, unlegiertem Betonstahl ausgeführt werden. Die Bemessung der rissbreitenbegrenzenden Bewehrung aus Zwang erfolgt nach BAW-MRZ. Ggf. kann durch den Auftraggeber ein projektspezifisches Rissbreitenkriterium für das Kernbauteil festgelegt werden.

Wände und Sohlen ohne Wasserwechselbeanspruchung können gemäß Anwendungsfall M2 mit den ergänzenden Regelungen nach Abschnitt 3.4 des BAW-MBM umgesetzt werden. Die Bewehrung kann mit herkömmlichem, unlegiertem Betonstahl ausgeführt werden. Die Bemessung der rissbreitenbegrenzenden Bewehrung aus Zwang erfolgt nach BAW-MRZ.

Sofern eine eingeschränkte Verfügbarkeit während der Nutzungsphase akzeptabel ist und mögliche Instandsetzungsmaßnahmen durchgeführt werden können, kann die Planie dem Anwendungsfall M3 zugeordnet werden. Die Bewehrung kann mit herkömmlichem, unlegiertem Betonstahl ausgeführt werden. Die Bemessung der rissbreitenbegrenzenden Bewehrung aus Zwang erfolgt nach BAW-MRZ. Bei einer Chloridbelastung von $C_{S,\Delta x} \geq 2,0 \text{ M.-%}/z_{eq}$ können im Instandhaltungsplan Maßnahmen, wie z. B. der Einsatz von Monitoringsystemen oder systematische Chloridprofilbestimmung, zur Bestimmung eines sinnvollen Eingriffszeitpunktes die Bauwerksunterhaltung unterstützen.

Anlage 3 (informativ): Weitere Maßnahmen zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit hinsichtlich chloridinduzierter Betonstahlkorrosion

Folgende Maßnahmen dienen ebenfalls einem präventiven Schutz des Bauwerks (für den Neubau) vor Schäden infolge Bewehrungskorrosion, diese sind jedoch aus technischer und/oder wirtschaftlicher Sicht für den Einsatz im Verkehrswasserbau derzeit als eher weniger geeignet zu bewerten (Rahimi und Westendarp 2024):

- kathodischer Korrosionsschutz der Bewehrung (präventiv oder reaktiv),
- rissvermeidende Bauweisen (Verwendung von Spannbeton, Entwurfsgrundsatz a) nach DBV-Riss),
- Bauweisen mit planmäßiger nachträglicher Behandlung von wenigen „akzeptierten“ breiten Rissen (Entwurfsgrundsatz c) nach DBV-Riss),
- Verwendung sonstiger korrosionsträger (z. B. feuerverzinkter Betonstahl) bzw. nichtmetallischer (z. B. Carbonbewehrung) Bewehrung,
- Verwendung von Abdichtungen,
- Aufbringen von Oberflächenschutzsystemen.

Für die Instandsetzung von Wasserbauwerken kann in Abhängigkeit von der geplanten Restnutzungsdauer der Einbau einer kathodischen Korrosionsschutzanlage jedoch sinnvoll sein.

Als eine weitere Maßnahme kann sowohl für den Neubau als auch für die Instandsetzung eine Überwachung mit Hilfe von z. B. Monitoringsystemen als Unterstützung zur Bestimmung des Zeitpunkts eines erforderlichen Eingriffs dienen. Insbesondere bei Bauteilen des Anwendungsfalls M3 mit einer Chloridbelastung von $C_{S,\Delta x} \geq 2,0 \text{ M.-%}/z_{eq}$ können im Instandhaltungsplan Maßnahmen, wie z. B. der Einsatz von Monitoringsystemen oder die systematische Bestimmung von Chloridprofilen, die Bauwerksunterhaltung sinnvoll unterstützen.