

BAWMerkblatt

Bau und Instandsetzung massiver Wasserbauwerke im Meerwasserbereich (MBM)

Ausgabe 2025

EU-Notifizierung Nr. xxx

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

Postfach 21 02 53
76152 Karlsruhe

Tel.: 0721 9726-0

info@baw.de
www.baw.de

Copyright: Creative Commons BY-ND 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/>

Soweit nicht anders angegeben, liegen alle Bildrechte bei der BAW.

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 Regelung 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	7
3.5 Ergänzende Regelungen für Bauteile der Bauteilkategorie M3	8

Tabellenverzeichnis

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

Anlagenverzeichnis

Anlage 1 (informativ)	Hinweise zur Korrosionsgefährdung von Bauteilen in Meerwasser- und Ästuarbereichen
Anlage 2 (informativ)	Beispiel: Bauweise mit Betonvorsatzschale und Betonstahl mit nichtrostender Bewehrung
Anlage 3 (informativ)	Weitere Maßnahmen zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit hinsichtlich chlorid-induzierter Betonstahlkorrosion

Vorbemerkung

Die Regelungen dieses Merkblatts ergänzen die Regelungen der ZTV-W LB 215 sowie der ZTV-W LB 219 im Einwirkungsbereich der Expositionsklassen XS2 und XS3.

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 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, Abschnitt 3 und 4, Anforderungen für die Sicherstellung der Dauerhaftigkeit von Instandsetzungsmaßnahmen mit Betonersatz aus Stahlbeton und mittels Stahlbetonvorsatzschalen 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 im Einwirkungsbereich von Meerwasser in Küstenbereichen sowie Ästuarien in der Expositionsklasse XF4 fest.
- (4) Anlage 1 (informativ) gibt Hinweise zur Korrosionsgefährdung von Bauteilen in Meerwasser- und Ästuarbereichen.
- (5) In Anlage 2 (informativ) wird ein Beispiel für eine mögliche Ausführungsvariante einer Schleusenkammerwand mit den Bauteilkategorien M1 bis M3 für den Neubau aufgezeigt.
- (6) Anlage 3 (informativ) gibt einen Überblick über weitere Maßnahmen zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit hinsichtlich chloridinduzierter Betonstahlkorrosion.

2 Verweisungen auf Normen, Literatur und sonstige Regelwerke

BAW-MATB	Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.): BAW-Merkblatt Bestimmung der adiabatischen Temperaturerhöhung von Beton (MATB). Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau (BAWMerkblätter, -Empfehlungen und -Richtlinien).
BAW-MDCC	Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.): BAW-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.): BAW-Merkblatt Rissbreitenbegrenzung für Zwang in massiven Wasserbauwerken (MRZ). Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau (BAWMerkblätter, -Empfehlungen und -Richtlinien).
DBV-Merkblatt Riss	Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E. V. (Hg.): Merkblatt „Begrenzung der Rissbildung im Stahlbeton- und Spannbetonbau“. Berlin.
DIN EN 197-1	Zement - Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement.
DIN 1045-2	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 2: Beton.
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.
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 Digitales und 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 Digitales und 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 Bauteilkategorien

- (1) Bauteile im Anwendungsbereich der ZTV-W LB 215 sind in Bauteilkategorien M1 bis M3 gemäß Tabelle 1 einzuordnen. Tabelle 1 ergänzt die Bauteilkategorien 6a und 6b ausgehend vom Kriterium 2 der Tabelle 1 in Teil 1000 der ZTV-W LB 215. Es gelten ausschließlich die Festlegungen für eine Nutzungsdauer von 100 Jahren.
- (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 für planmäßig kürzere Nutzungsdauern als 100 Jahre.

Tabelle 1: Bauteilkategorien für den Neubau und die Instandsetzung für die Expositionsclassen XS2 und XS3

Bauteil-kategorie	Kriterium 2 gemäß ZTV-W LB 215	Korrosionsrisiko	Beispiel	ZTV-W LB 215	ZTV-W LB 219
0	1	2	3	4	5
M1	hoher Verfügbarkeitsanspruch <u>oder</u> schlechte oder keine Zugänglichkeit für Instandsetzung	Chloridbelastung $C_{S,\Delta x} \geq 2,0 \text{ M.-%}/z_{eq}$ <u>und</u> 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 Abschnitt 3 und 4
M2		Chloridbelastung $C_{S,\Delta x} \geq 2,0 \text{ M.-%}/z_{eq}$ <u>und</u> ständig unter Wasser (XS2)			
		Chloridbelastung $C_{S,\Delta x} < 2,0 \text{ M.-%}/z_{eq}$ unabhängig von der Wasserbeaufschlagung (XS2/XS3)			
M3	eingeschränkte Verfügbarkeit akzeptabel <u>und</u> gute Zugänglichkeit für Instandsetzung sowie Instandsetzbarkeit	unabhängig von der Chloridbelastung $C_{S,\Delta x}$ unabhängig von der Wasserbeaufschlagung (XS2/XS3)	kleine, redundant ausgelegte Wehre; Uferwände; temporär sperrbare Düker 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

3.2 Allgemeine ergänzende Regelung für Bauteile der Bauteilkategorien M1 bis M3

- (1) Sofern in der Leistungsbeschreibung nicht anders vereinbart, sind bei Bauteilen der Bauteilkategorie M1 und M2 in der Expositionsklasse XS3 bei vertikalen geschalten Bauteilflächen sowie bei geneigten Bauteilflächen mit Deckelschalung 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 im Expositionsbereich XF4 darf die adiabatische Temperaturerhöhung des Betons den Grenzwert gemäß ZTV-W LB 215, Teil 1, 7.3.2, (2) sowie Teil 2, 5.2.9, (5) von 43 K überschreiten und maximal 55 K betragen. Liegt die adiabatische Temperaturerhöhung im Bereich zwischen 43 und 55 K, sind nachfolgende zusätzliche Maßnahmen a) bis c) zu erfüllen.

Als Holme werden hierbei all jene Bauteile zusammengefasst, bei denen die Maximaltemperatur im Bauteil vom Wärmeabfluss über die Querschnittsbreite (b) wie auch -höhe (h) nennenswert beeinflusst wird. Pragmatisch können alle Bauteile, deren Querschnittsbreite sich zwischen $h/3 < b < 3 \cdot h$ befindet, analog wie 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 ($b < h/3$).

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

Die maximal erlaubte Bauteiltemperatur ist sowohl rechnerisch im Planungsprozess, als auch messtechnisch in der Erstprüfung sowie in der Herstellungsphase am Bauwerk zu überprüfen.

Für die rechnerische Abschätzung der maximalen Bauteiltemperatur kann der Wärmeabfluss mit nachfolgender 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 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 192-1-1/NA zu bemessen.

Die Betonage des Holms auf eine Abschirmplatte und Spundwand bzw. auf einem zuvor errichteten massiven Betonbauteil bewirken einen höheren Behinderungsgrad für den Holm. In diesem Fall ist die Mindestbewehrung infolge Zwangs nach BAW-MRZ zu bemessen. Die Vorgehensweise ist identisch zu Wandabschnitten.

- (4) Massige Sohlplatten sollten in zonierter Bauweise „frisch in frisch“ mit einer Schichtdicke der exponierten Randzone von 0,3-0,5 m ausgeführt werden. Für den Beton der Randzone 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, 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 Materialparametern des Kernbetons zu bestimmen.

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

- (5) Für Vorsatzschalen mit einer maximalen Dicke bis zu 0,8 m im Expositionsbereich XF4 darf die adiabatische Temperaturerhöhung den Grenzwert gemäß ZTV-W LB 219, (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.
- (6) Anforderungen an die Lagerung von Betonstahl auf der Baustelle sind in der Leistungsbeschreibung festgelegt.

3.3 Ergänzende Regelungen für Bauteile der Bauteilkategorie M1

- (1) Sofern in der Leistungsbeschreibung nicht anders vereinbart, ist die Dauerhaftigkeit des Bauteils hinsichtlich chloridinduzierter Betonstahlkorrosion in den im exponierten Bereich liegenden Bewehrungsebenen durch den Einsatz von Betonstahl mit erhöhtem Korrosionswiderstand (nichtrostender Betonstahl) sicherzustellen.
- (2) Der Einsatz von Betonstählen mit unterschiedlichen Korrosionswiderständen (Kombination aus nichtrostendem und herkömmlichen Betonstahl) innerhalb eines Bauteils ist zulässig, sofern die im exponierten Bereich liegenden Bewehrungsebenen als auch die Anschlussbewehrung zu angrenzenden Bauteilen geringerer Bauteilkategorie sowie Verankerungen zum rückwärtigen Kernbeton bzw. Altbeton aus nichtrostendem Betonstahl ausgeführt werden.
- (3) Der erforderliche Korrosionswiderstand C_{crit} des nichtrostenden Betonstahls ist in der Leistungsbeschreibung festgelegt.

Anmerkung: Der Korrosionswiderstand C_{crit} ist projektspezifisch in Abhängigkeit von der Höhe der Chloridbelastung und der Intensität der Trennrissbildung durch die Planenden gutachterlich festzulegen. Die Grundlagen für die Festlegungen sind durch die Planenden detailliert darzustellen und zu begründen.

- (4) Der Nachweis des erforderlichen Korrosionswiderstandes ist mit dem Korrosionstestverfahren gemäß Anhang D des Normenentwurfs E DIN EN 10370 (Stahl für die Bewehrung von Beton – Nichtrostender Stahl) zu führen. Im Prüfbericht ist die graphische Darstellung der Stromdichte in jeder Probe, während der potentiostatischen Polarisation in 24 Stunden, anzugeben.
- (5) Sofern in der Leistungsbeschreibung nicht anders vereinbart, gelten für die Anforderungen an die Betonzusammensetzung die Regelungen der Tabelle F.1 der DIN 1045 für die Expositionsklasse XS3.

3.4 Ergänzende Regelungen für Bauteile der Bauteilkategorie 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 $\beta_0 = 1,5$ ($\rho_f = 6,7\%$) 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 angemessene 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 Bauteilkategorie 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.
- (3) 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 $\beta_0 = 1,5$ ($p_f = 6,7 \%$) anzusetzen.

3.5 Ergänzende Regelungen für Bauteile der Bauteilkategorie 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.

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 $\beta_0 = 0,5$ ($p_f = 30 \%$) anzusetzen.

Anlage 1 (informativ): Hinweise zur Korrosionsgefährdung von Bauteilen in Meerwasser- und Ästuarbereichen

Für die Beurteilung und Einstufung der Korrosionsgefährdung von Rissen sind neben der Rissart (Trennriss, Biegeriss) und der Möglichkeit zur Selbstheilung auch die Exposition des Bauteils (Höhe der Chloridbelastung), die Dauer der Wasserbeaufschlagung (ständig, intermittierend) sowie die Intensität der Wasserdurchströmung des Risses relevant (Rahimi und Westendarp 2024).

Insbesondere im Neubau ist aufgrund der im Verkehrswasserbau allgemein Anwendung findenden fugenlosen Bauweise von Trennrissen auszugehen. Von einer Selbstheilung dieser Risse kann trotz der geringen Rissbreiten nicht ausgegangen werden, da die Voraussetzungen für eine Rissheilung, in den meisten Fällen nicht vorliegen. 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 „Rissverteilung“ nicht zielsicher und dauerhaft sichergestellt werden kann (Rahimi und Westendarp 2024).

Um ein differenziertes und wirtschaftliches Bauen in Meerwasser- und Ästuarbereichen zu ermöglichen, erfolgt im BAW-MBM entsprechend der ZTV-W LB 215 eine Einstufung in Bauteilkategorien ausgehend vom Verfügbarkeitsanspruch des Bauteils während des Betriebes sowie seiner Zugänglichkeit für eine Instandsetzung. 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 (Bauteilkategorie M1 und M2). Diesen Kriterien nicht zugehörige Bauteile dürfen unabhängig vom Korrosionsrisiko mit einem geringeren Sicherheitsniveau (Bauteilkategorie M3) ausgeführt werden, da ggf. auftretende Schäden keine maßgeblichen Auswirkungen auf die Verfügbarkeit haben.

Anlage 2 (informativ): Beispiel: Bauweise mit Betonvorsatzschale und Betonstahl mit nichtrostender Bewehrung

Im Folgenden wird ein Beispiel für eine mögliche Ausführungsvariante einer neu zu errichtenden Schleusenkammerwand dargestellt. Die Kammerwand ist im Bereich der Wasserwechselzone inkl. Vorhaltemaß aufgrund der wirksamen Oberflächenchloridbelastung $C_{S,\Delta x} \geq 2 \text{ M.-%}/z_{eq}$ in der Bauteilkategorie M1 auszuführen.

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

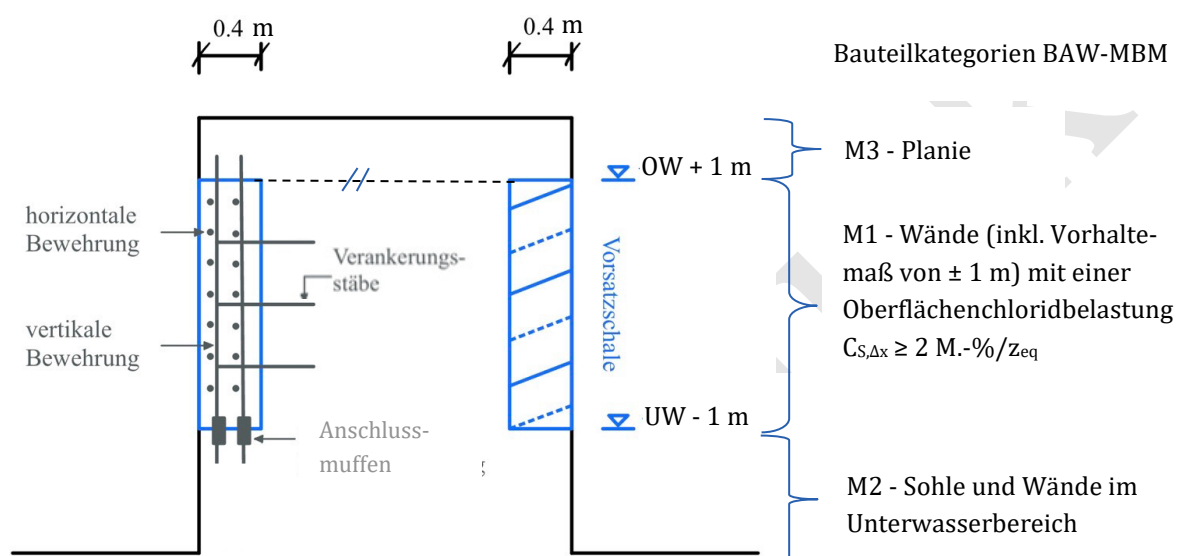


Abbildung 1: Schematischer Querschnitt einer neu zu errichtenden Mittelwand einer Schleuse mit Zuordnung der Bauteilkategorien als Ausführungsvariante mit einer Vorsatzschale im Bereich der Wasserwechselzone

Die im Folgenden dargestellte Ausführungsvariante mit einer 40 cm dicken Vorsatzschale im Bereich der Bauteilkategorie M1 ermöglicht gezielte Maßnahmen zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit im Expositionsklassenbereich XS3 / XF4 in der Randzone.

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 ist zu berücksichtigen.

Im Bereich der Vorsatzschale sind die beiden vorderen Bewehrungslagen, die Verankerung in den Kernbeton sowie der Anschluss an den ständig unter Wasser liegenden Beton (Bauteilkategorie M2) aus nicht rostendem Stahl auszuführen. Die beiden hinteren Lagen der Vorsatzschale einschließlich der Anschlüsse können mit herkömmlichem Betonstahl ausgeführt werden. Sofern in der Leistungsbeschreibung nicht anders festgelegt, gelten für die Anforderungen an den Beton hinsichtlich der Expositionsklasse XS3 die Regelungen der Tabelle F.1 der DIN 1045-2. 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 baupraktisch 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 sowie der maximalen Bauteiltemperatur bei der Herstellung

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 Anforderungen und kann somit hinsichtlich der Begrenzung der Hydratationswärmeentwicklung zur Vermeidung einer sekundären Ettringitbildung optimiert werden. Die Bewehrung kann mit herkömmlichem Betonstahl ausgeführt werden. Die Bemessung der rissbreitenbegrenzenden Bewehrung aus Zwang erfolgt nach BAW-MRZ.

Wände und Sohlen ohne Wasserwechselbeanspruchung können gemäß Bauteilkategorie M2 mit den ergänzenden Regelungen nach Abschnitt 3.4 des BAW-MBM umgesetzt werden. Die Bewehrung kann mit herkömmlichem 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 der Bauteilkategorie M3 zugeordnet werden. Die Bewehrung kann mit herkömmlicher Bewehrung ausgeführt werden. Die Bemessung der rissbreitenbegrenzenden Bewehrung aus Zwang erfolgt nach BAW-MRZ. Bei einer Chloridbelastung $C_{S,\Delta x} \geq 2,0 \text{ M.-%}/z_{eq}$ 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 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 & 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 Bewehrung (z. B. Carbonbewehrung),
- 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 Monitoringsystemen als Unterstützung zur Bestimmung des Zeitpunkts eines erforderlichen Eingriffs dienen. Insbesondere bei Bauteilen der Bauteilkategorie M3 mit einer Chloridbelastung $C_{S,\Delta x} \geq 2,0 \text{ M.-%}/z_{eq}$ können im Instandhaltungsplan Maßnahmen, wie z. B. der Einsatz von Monitoringsystemen oder die systematische Bestimmung von Chloridprofilen, die Bauwerksunterhaltung sinnvoll unterstützen.