

## DIN EN ISO 28765



ICS 25.220.50

Ersatz für  
DIN EN ISO 28765:2016-10

**Emails und Emaillierungen –  
Gestaltung von verschraubten Stahlbehältern für die Speicherung oder  
Behandlung von Wasser oder kommunalen und industriellen Abwässern  
und Abwasserschlamm (ISO 28765:2022);  
Deutsche Fassung EN ISO 28765:2022**

Vitreous and porcelain enamels –  
Design of bolted steel tanks for the storage or treatment of water or municipal or industrial  
effluents and sludges (ISO 28765:2022);  
German version EN ISO 28765:2022

Émaux vitrifiés –  
Conception de réservoirs en acier boulonnés pour le stockage ou le traitement des eaux ou  
des effluents d'eaux usées urbains ou industriels (ISO 28765:2022);  
Version allemande EN ISO 28765:2022

Gesamtumfang 43 Seiten

DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)



## Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 28765:2022) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 107 „Metallic and other inorganic coatings“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 262 „Metallische und andere anorganische Überzüge, einschließlich des Korrosionsschutzes und der Korrosionsprüfung von Metallen und Legierungen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 062-01-63 AA „Prüfung von Emails und Emaillierungen“ im DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP).

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 2178	siehe	DIN EN ISO 2178
ISO 2746:2015	siehe	DIN EN ISO 2746:2016-02
ISO 2859-1	siehe	DIN ISO 2859-1
ISO 4532	siehe	DIN EN ISO 4532
ISO 6370-2	siehe	DIN EN ISO 6370-2
ISO 6769	siehe	DIN EN ISO 6769
ISO 8289-1:2020	siehe	DIN EN ISO 8289-1:2020-06
ISO 9001	siehe	DIN EN ISO 9001
ISO 19496-1	siehe	DIN EN ISO 19496-1
ISO 28706-1:2008	siehe	DIN EN ISO 28706-1:2011-08
ISO 28706-2:2017	siehe	DIN EN ISO 28706-2:2017-07
ISO 28706-3:2017	siehe	DIN EN ISO 28706-3:2018-04
ISO 28706-4:2016	siehe	DIN EN ISO 28706-4:2016-07
ISO 28763:2019	siehe	DIN EN ISO 28763:2019-12

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN ([www.din.de](http://www.din.de)) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

## Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 28765:2016-10 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Anpassung des Titels;
- b) Die Normativen Verweisungen (Abschnitt 2) aktualisiert;
- c) Die Begriffe (Abschnitt 3) wurden überarbeitet;
- d) Tabelle 1 zu den Lastfaktoren wurde überarbeitet;
- e) Schraubverbindungen (9.3.2.5) wurden ergänzt;
- f) die Liste zu den Mindestanforderungen an das Fundament in 9.3.5.3 wurde um einen Punkt ergänzt;
- g) Allgemeines zu den Anschlüssen im Dach (9.4.5.1) wurde überarbeitet;
- h) Abschnitt 10.3.2.2 zur Qualität der Fertigbleche wurde überarbeitet und dabei die Prüfungen auf Beschädigung zusammengefasst;

- i) Abschnitte Montage (11) und Desinfektion (12) wurden grundlegend überarbeitet;
- j) Literaturhinweise aktualisiert;
- k) Norm redaktionell überarbeitet.

**Frühere Ausgaben**

DIN EN 15282: 2007-06

DIN EN ISO 28765: 2011-06, 2016-10

## Nationaler Anhang NA (informativ)

### Literaturhinweise

DIN EN ISO 2178, *Nichtmagnetische Überzüge auf magnetischen Grundmetallen — Messen der Schichtdicke — Magnetverfahren (ISO 2178)*

DIN EN ISO 2746:2016-02, *Emails und Emaillierungen — Hochspannungsprüfung (ISO 2746:2015); Deutsche Fassung EN ISO 2746:2015*

DIN EN ISO 4532, *Emails und Emaillierungen — Bestimmung des Widerstandes emaillierter Gegenstände gegen Schlag — Schlagbolzen-Schlagversuch (ISO 4532)*

DIN EN ISO 6370-2, *Emails und Emaillierungen — Bestimmung des Widerstandes gegen Verschleiß — Teil 2: Massenverlust nach Tiefenverschleiß (ISO 6370-2)*

DIN EN ISO 6769, *Emails und Emaillierungen — Bestimmung der Ritzhärte der Oberfläche nach Mohs (ISO 6769)*

DIN EN ISO 8289-1:2020-06, *Emails und Emaillierungen — Niedrigspannungsprüfung zum Nachweis und Lokalisieren von Fehlstellen — Teil 1: Prüfung von nicht-profilierten Oberflächen (ISO 8289-1:2020)*

DIN EN ISO 9001, *Qualitätsmanagementsysteme — Anforderungen (ISO 9001)*

DIN EN ISO 19496-1, *Emails und Emaillierungen — Terminologie — Teil 1: Begriffe (ISO 19496-1)*

DIN EN ISO 28706-1:2011-08, *Emails und Emaillierungen — Bestimmung der Beständigkeit gegen chemische Korrosion — Teil 1: Bestimmung der Beständigkeit gegen chemische Korrosion durch Säuren bei Raumtemperatur (ISO 28706-1:2008); Deutsche Fassung EN ISO 28706-1:2011*

DIN EN ISO 28706-2:2017-07, *Emails und Emaillierungen — Bestimmung der Beständigkeit gegen chemische Korrosion — Teil 2: Bestimmung der Beständigkeit gegen chemische Korrosion durch kochende Säuren, kochende neutrale Flüssigkeiten, alkalische Flüssigkeiten und/oder deren Dämpfe (ISO 28706-2:2017); Deutsche Fassung EN ISO 28706-2:2017*

DIN EN ISO 28706-3:2018-04, *Emails und Emaillierungen — Bestimmung der Beständigkeit gegen chemische Korrosion — Teil 3: Bestimmung der Beständigkeit gegen chemische Korrosion durch alkalische Flüssigkeiten unter Verwendung eines Gerätes mit hexagonalem Gefäß oder einer tetragonalen Glasflasche (ISO 28706-3:2017); Deutsche Fassung EN ISO 28706-3:2018*

DIN EN ISO 28706-4:2016-07, *Emails und Emaillierungen — Bestimmung der Beständigkeit gegen chemische Korrosion — Teil 4: Bestimmung der Beständigkeit gegen chemische Korrosion durch alkalische Flüssigkeiten unter Verwendung eines Gerätes mit zylindrischem Gefäß (ISO 28706-4:2016); Deutsche Fassung EN ISO 28706-4:2016*

DIN EN ISO 28763:2019-12, *Emails und Emaillierungen — Regenerative, emaillierte und gepackte Bleche für Luft-Gas- und Gas-Gas-Wärmeaustauscher — Anforderungen (ISO 28763:2019); Deutsche Fassung EN ISO 28763:2019*

DIN ISO 2859-1, *Annahmestichprobenprüfung anhand der Anzahl fehlerhafter Einheiten oder Fehler (Attributprüfung) — Teil 1: Nach der annehmbaren Qualitätsgrenzlage (AQL) geordnete Stichprobenpläne für die Prüfung einer Serie von Losen*

Deutsche Fassung

**Emails und Emaillierungen —  
Gestaltung von verschraubten Stahlbehältern für die  
Speicherung oder Behandlung von Wasser oder kommunalen  
und industriellen Abwässern und Abwasserschlamm  
(ISO 28765:2022)**

Vitreous and porcelain enamels —  
Design of bolted steel tanks for the storage or treatment  
of water or municipal or industrial effluents and  
sludges (ISO 28765:2022)

Émaux vitrifiés —  
Conception de réservoirs en acier boulonnés pour le  
stockage ou le traitement des eaux ou des effluents  
d'eaux usées urbains ou industriels (ISO 28765:2022)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 23. Oktober 2022 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC-Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, der Republik Nordmazedonien, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG  
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION  
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

**CEN-CENELEC Management-Zentrum: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel**

## Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort . . . . .	4
Vorwort . . . . .	5
1 Anwendungsbereich . . . . .	6
2 Normative Verweisungen . . . . .	6
3 Begriffe . . . . .	7
4 Symbole . . . . .	9
5 Einheiten . . . . .	10
6 Zu vereinbarende und dokumentierende Angaben und Anforderungen . . . . .	10
6.1 Allgemeines . . . . .	10
6.2 Vom Käufer zu liefernde Angaben . . . . .	11
6.3 Vom Konstrukteur zu liefernde Angaben . . . . .	11
7 Anwendbare Normen . . . . .	12
8 Lasten . . . . .	12
8.1 Allgemeines . . . . .	12
8.2 Inhalte . . . . .	13
8.2.1 Allgemeines . . . . .	13
8.2.2 Freie Höhe . . . . .	13
8.2.3 Hydrostatischer Druck . . . . .	13
8.2.4 Auf die Behälterwand wirkende Axialkräfte . . . . .	13
8.2.5 Befüllen und Entleeren . . . . .	13
8.3 Aufbau des Behälters . . . . .	14
8.4 Dach . . . . .	14
8.5 Ausrüstungsbedingte Lasten . . . . .	14
8.5.1 Allgemeines . . . . .	14
8.5.2 Statische Last . . . . .	14
8.5.3 Dynamische Last . . . . .	14
8.6 Zugang . . . . .	15
8.7 Umwelt . . . . .	15
8.7.1 Allgemeines . . . . .	15
8.7.2 Seismische Einwirkungen . . . . .	15
8.7.3 Wind . . . . .	15
8.7.4 Schnee . . . . .	15
8.7.5 Eis . . . . .	15
8.8 Zubehör . . . . .	16
9 Konstruktion . . . . .	16
9.1 Allgemeines . . . . .	16
9.2 Stahl . . . . .	16
9.2.1 Spezifikation . . . . .	16
9.2.2 Auswirkungen des Emaillierprozesses . . . . .	16
9.3 Behälter . . . . .	16
9.3.1 Lastfaktoren . . . . .	16
9.3.2 Behälterwände . . . . .	17
9.3.3 Behälterdach . . . . .	20
9.3.4 Befestigen der Wände am Boden . . . . .	21
9.3.5 Behälterboden . . . . .	21
9.3.6 Zubehör . . . . .	22
9.3.7 Kathodischer Schutz . . . . .	22
9.4 Öffnungen . . . . .	22
9.4.1 Einsteigöffnung . . . . .	22
9.4.2 Rohrleitungsanschlüsse . . . . .	22
9.4.3 Überläufe . . . . .	22

9.4.4	Verstärkung von Einsteigöffnungen und Rohrleitungsanschlüssen im Behältermantel . .	23
9.4.5	Anschlüsse im Dach . . . . .	23
9.5	Auswirkungen von Unfällen . . . . .	23
9.5.1	Risikobeurteilung . . . . .	23
9.5.2	Explosionen . . . . .	23
9.5.3	Ungesteuerte Schwankungen der Eintrittsstrom-Eigenschaften . . . . .	24
10	Emailschicht . . . . .	24
10.1	Email . . . . .	24
10.2	Schicht . . . . .	24
10.3	Qualität des Emails . . . . .	24
10.3.1	Herstellung der Proben und Prüfhäufigkeit . . . . .	24
10.3.2	Inspektion . . . . .	24
10.3.3	Nachbesserung vor Ort . . . . .	25
10.4	Schutz während des Transports . . . . .	37
10.5	Instandhaltung . . . . .	37
11	Montage . . . . .	37
11.1	Allgemeine Informationen . . . . .	37
11.2	Fundamente . . . . .	37
11.3	Inspektion der Emailschicht auf der Baustelle . . . . .	38
12	Desinfektion . . . . .	38
	Literaturhinweise . . . . .	39

## Tabellen

Tabelle 1	— Lastfaktoren . . . . .	16
Tabelle 2	— Mindestqualitätsanforderungen an die Kontaktfläche von Email für die Anwendungen in Behältern für die Speicherung oder die Behandlung von Wasser oder kommunalen oder industriellen Abwässern und Abwasserschlamm . . . . .	26
Tabelle 3	— Anforderungen an fertiggestellte emailbeschichtete Bleche für die Verwendung in Behältern für die Speicherung oder Behandlung von Wasser oder kommunalen oder industriellen Abwässern und Abwasserschlamm . . . . .	33

## **Europäisches Vorwort**

Dieses Dokument (EN ISO 28765:2022) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 107 „Metallic and other inorganic coatings“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 262 „Metallische und andere anorganische Überzüge, einschließlich des Korrosionsschutzes und der Korrosionsprüfung von Metallen und Legierungen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Mai 2023, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Mai 2023 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt EN ISO 28765:2016.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Liste dieser Institute ist auf den Internetseiten von CEN abrufbar.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die Republik Nordmazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Serbien, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

### **Anerkennungsnotiz**

Der Text von ISO 28765:2022 wurde von CEN als EN ISO 28765:2022 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

## Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Normungsthemen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumententypen beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe [www.iso.org/directives](http://www.iso.org/directives)).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der erhaltenen Patenterteilungen (siehe [www.iso.org/patents](http://www.iso.org/patents)).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO, en: World Trade Organization) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe [www.iso.org/iso/foreword.html](http://www.iso.org/iso/foreword.html).

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 107, *Metallic and other inorganic coatings*, in Zusammenarbeit mit dem Europäischen Komitee für Normung (CEN), Technisches Komitee CEN/TC 262, *Metallische und andere anorganische Überzüge, einschließlich des Korrosionsschutzes und der Korrosionsprüfung von Metallen und Legierungen*, in Übereinstimmung mit der Vereinbarung zur technischen Zusammenarbeit zwischen ISO und CEN (Wiener Vereinbarung) erarbeitet.

Diese dritte Ausgabe ersetzt die zweite Ausgabe (ISO 28765:2016), die technisch überarbeitet wurde.

Die wesentlichen Änderungen sind folgende:

- die normativen Verweisungen wurden aktualisiert;
- die Begriffe wurden aktualisiert;
- es wurden zusätzliche Informationen zu den Anforderungen an die Montage des Behälters, die Fundamente, die Öffnungen im Dach des Behälters und die Desinfektion des Behälters hinzugefügt;
- den Leitlinien für die Anwendung wurden weitere Behälteranwendungen und die damit verbundenen Qualitätsanforderungen hinzugefügt.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung dieser Institute ist unter [www.iso.org/members.html](http://www.iso.org/members.html) zu finden.

## **1 Anwendungsbereich**

Dieses Dokument legt die Anforderungen an Gestaltung und Gebrauch von emailbeschichteten, verschraubten, zylindrischen Stahlbehältern für die Speicherung oder Behandlung von Wasser oder kommunalen oder industriellen Abwässern und Abwasserschlämmen fest.

Dieses Dokument ist anwendbar für die Gestaltung des Behälters und eines jeglichen zugehörigen Daches und liefert Leitlinien für die Anforderungen an die Gestaltung des Fundamentes.

Dieses Dokument ist anwendbar, wenn:

- a) der Behälter zylindrisch und auf einer beanspruchungsfähigen Grundplatte befestigt ist, die sich im Wesentlichen auf Bodenebene oder darüber befindet;
- b) der Behälterdurchmesser, in Meter, multipliziert mit der Wandhöhe, in Meter, einen Wert im Bereich von 5 bis 500 ergibt;
- c) der Behälterdurchmesser nicht größer als 100 m und die Gesamthöhe der Wand nicht größer als 50 m ist;
- d) der gespeicherte Stoff die Eigenschaften einer Flüssigkeit hat, die eine vernachlässigbare Reibungskraft auf die Behälterwand ausübt; der gespeicherte Stoff im Rahmen des Aufbereitungsprozesses von kommunalen und industriellen Abwässern einer Behandlung unterzogen werden kann;
- e) der Innendruck im Gasraum oberhalb der Flüssigkeit nicht größer als 50 kPa ist und das innere, partielle Vakuum oberhalb der Flüssigkeit 10 kPa nicht überschreitet;
- f) die Wände des Behälters senkrecht sind;
- g) der Boden des Behälters an der Schnittfläche mit der Wand im Wesentlichen eben ist; der Behälterboden eine Neigung haben kann, damit sein vollständiges Entleeren ermöglicht wird, wobei diese Neigung nicht mehr als 1 : 100 beträgt;
- h) die durch die Behälterfüllung erzeugte Trägheitskraft und Stoßbeanspruchung vernachlässigbar sind;
- i) die Mindestdicke des Behältermantels 1,5 mm beträgt;
- j) der Werkstoff, der für die Herstellung der Stahlbleche verwendet wird, Kohlenstoffstahl ist (Behälter aus Blechen aus Aluminium oder nichtrostendem Stahl fallen nicht in den Anwendungsbereich dieses Dokuments);
- k) die Temperatur der Behälterwand im Einsatz bei allen Betriebsbedingungen innerhalb des Bereiches von  $-50\text{ °C}$  bis  $+100\text{ °C}$  liegt.

Dieses Dokument enthält darüber hinaus Einzelheiten zu Verfahren, die während der Montage auf der Baustelle sowie bei Inspektion und Instandhaltung des eingebauten Behälters zu befolgen sind.

Dieses Dokument ist nicht anwendbar für chemische Reaktionsbehälter.

Dieses Dokument umfasst nicht die Feuerbeständigkeit.

## **2 Normative Verweisungen**

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 2178, *Non-magnetic coatings on magnetic substrates — Measurement of coating thickness — Magnetic method*

ISO 2746:2015, *Vitreous and porcelain enamels — High voltage test*

ISO 2859-1, *Sampling procedures for inspection by attributes — Part 1: Sampling schemes indexed by acceptance quality limit (AQL) for lot-by-lot inspection*

ISO 4532, *Vitreous and porcelain enamels — Determination of the resistance of enamelled articles to impact — Pistol test*

ISO 6370-2, *Vitreous and porcelain enamels — Determination of the resistance to abrasion — Part 2: Loss in mass after sub-surface abrasion*

ISO 6769, *Vitreous and porcelain enamels — Determination of surface scratch hardness according to the Mohs scale*

ISO 8289-1:2020, *Vitreous and porcelain enamels — Low-voltage test for detecting and locating defects — Part 1: Swab test for non-profiled surfaces*

ISO 15686-1, *Buildings and constructed assets — Service life planning — Part 1: General principles and framework*

ISO 19496-1, *Vitreous and porcelain enamels — Terminology — Part 1: Terms and definitions*

ISO 28706-1:2008, *Vitreous and porcelain enamels — Determination of resistance to chemical corrosion — Part 1: Determination of resistance to chemical corrosion by acids at room temperature*

ISO 28706-2:2017, *Vitreous and porcelain enamels — Determination of resistance to chemical corrosion — Part 2: Determination of resistance to chemical corrosion by boiling acids, boiling neutral liquids, alkaline liquids and/or their vapours*

ISO 28706-3:2017, *Vitreous and porcelain enamels — Determination of resistance to chemical corrosion — Part 3: Determination of resistance to chemical corrosion by alkaline liquids using a hexagonal vessel or a tetragonal glass bottle*

ISO 28706-4:2016, *Vitreous and porcelain enamels — Determination of resistance to chemical corrosion — Part 4: Determination of resistance to chemical corrosion by alkaline liquids using a cylindrical vessel*

ISO 28763:2019, *Vitreous and porcelain enamels — Regenerative, enamelled and packed panels for air-gas and gas-gas heat exchangers — Specifications*

EN 1998-4, *Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben — Teil 4: Silos, Tankbauwerke und Rohrleitungen*

EN 10209:2013, *Kaltgewalzte Flacherzeugnisse aus weichen Stählen zum Emaillieren — Technische Lieferbedingungen*

ANSI/AWWA D 103, *Factory-Coated Bolted Steel Tanks for Water Storage*

### **3 Begriffe**

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 19496-1 und die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

— ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>

— IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>

### **3.1**

#### **Auftrag**

Arbeitsdokument, das jederzeit die maßgeblichen Erfordernisse und Ziele des Projektes, die vom *Auftraggeber* (3.2) bereitzustellenden Ressourcen, die projektbezogenen Einzelheiten und alle geltenden Auslegungsanforderungen enthält, innerhalb derer die nachfolgenden Einweisungen (bei Bedarf) und die Auslegung erfolgen können

### **3.2**

#### **Auftraggeber**

Person oder Organisation, die die Bereitstellung, den Umbau oder die Erweiterung eines Tanks (3.18) verlangt und für die Erteilung und Genehmigung des Auftrags (3.1) verantwortlich ist

### **3.3**

#### **Defekt**

Hohlräume, Brüche, Risse, Fehlstellen, Blasen, Fremd(körper)einschlüsse oder Verunreinigungen der Emaillierung

### **3.4**

#### **Konstrukteur**

Person oder Organisation, die für die Form und Spezifikation des zu gestaltenden Bauteils verantwortlich ist

### **3.5**

#### **Auslegungslebensdauer**

vom *Konstrukteur* (3.4) geplante *Lebensdauer* (3.17)

### **3.6**

#### **fehlstellenfrei**

Emaillierung, die keinen Durchgang von elektrischem Strom zum Stahl-Grundwerkstoff zulässt

### **3.7**

#### **Emallieferant**

Person oder Organisation, die Werkstoffe liefert, die vom *Emallierer* (3.19) im Emaillierprozess verwendet werden

### **3.8**

#### **freie Höhe**

Abstand zwischen der Oberkante der senkrechten Mantelwand des zylindrischen Behälters und der Oberfläche der gespeicherten *Flüssigkeit* (3.11) bei festgelegter Betriebsfüllhöhe

### **3.9**

#### **Druck im Gasraum**

Druck oberhalb der gespeicherten *Flüssigkeit* (3.11) in einem *Behälter* (3.18) mit Dach

### **3.10**

#### **Inspektionsbereich**

Bereich innerhalb eines Grenzabstandes von 25 mm von jeder Blechkante oder jeder Öffnung und außerhalb eines Grenzabstandes von 25 mm von jeder Öffnung in der Blechmitte

### **3.11**

#### **Flüssigkeit**

Massengut, das im Wesentlichen waagrecht und senkrecht die gleichen Drücke ausübt und keine bestimmte Form besitzt

### 3.12

#### **Instandhaltung**

Kombination aller technischen und der damit verbundenen verwaltungstechnischen Maßnahmen während der *Lebensdauer* (3.17) eines *Behälters* (3.18), um diesen oder dessen Teile in einem Zustand zu erhalten, in dem die funktionalen Anforderungen erfüllt werden können

### 3.13

#### **Hersteller**

Person oder Organisation, die den *Behälter* (3.18) oder Teile davon herstellt

### 3.14

#### **Käufer**

Person oder Organisation, die den *Behälter* (3.18) vom *Lieferanten* (3.16) käuflich erwirbt

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Käufer kann auch der *Auftraggeber* (3.2) sein.

### 3.15

#### **Nachbesserung**

Rückversetzung eines *Behälters* (3.18) oder seiner Teile in einen annehmbaren Zustand durch Erneuern, Ersetzen oder Reparieren von abgenutzten, beschädigten oder zersetzten Teilen

### 3.16

#### **Lieferant**

Person oder Organisation, die den *Behälter* (3.18) oder Teile davon liefert

### 3.17

#### **Lebensdauer**

Zeitspanne nach der Montage, innerhalb der der *Behälter* (3.18) oder dessen Teile die Leistungsanforderungen erfüllt oder übertrifft

### 3.18

#### **Behälter**

zylindrischer senkrechter Mantel mit oder ohne Dach für die Aufnahme von *Flüssigkeiten* (3.11), der aus gebogenen emailbeschichteten einzelnen oder laminierten Stahlblechtafeln besteht, die vor Ort miteinander verschraubt und auf einer Grundplatte befestigt werden, die mit dem Behälterboden identisch sein kann

### 3.19

#### **Emaillierer**

Person, die den Prozess der Vorbereitung der Stahlbleche und der Aufbringung der Emailschiicht auf die Oberflächen der Stahlbleche ausführt und steuert

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Emaillierer ist üblicherweise der *Hersteller* (3.13).

## 4 Symbole

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Symbole.

$D$	Behälterdurchmesser
$E$	Youngscher Elastizitätsmodul
$F_H$	statische Umfangskraft
$g$	Erdbeschleunigung
$H$	Füllhöhe der Flüssigkeit am betrachteten Punkt, gemessen von der Flüssigkeitsoberfläche bei maximal möglicher Füllhöhe
$H_0$	Gesamthöhe der senkrechten Wand
$l$	Länge des Mantels zwischen den Zwischenversteifungen

$I_z$	Flächenträgheitsmoment einer Versteifung
$p_h$	Druck im Gasraum
$p_n$	hydrostatischer Druck
$r$	Behälterradius
$q_{r,cr}$	kritischer äußerer Beuldruck
$q_{wmax}$	maximaler Staudruck durch Wind
$t$	Dicke der Platte des Mantels
$\nu$	Poissonzahl
$w$	Anteil gelöster Feststoffe im Abwasserschlamm
$\gamma$	maximaler Teillastfaktor
$\rho$	relative Dichte einer Flüssigkeit
$\rho_s$	relative Dichte von Abwasserschlamm
$\rho_{ds}$	relative Dichte von kommunalem Abwasserschlamm
$\sigma$	Spannung
$\sigma_{z,cr}$	kritischer axialer Beulwiderstand
cr	(Index für) kritisch
ds	(Index für) gelöste Feststoffe
h	(Index für) Gasraum
max	(Index für) Höchstwert
n	(Index für) senkrecht zur Behälterwand
s	(Index für) Abwasserschlamm
w	(Index für) Wind
z	(Index für) in Richtung der Mittelachse der Rotationsschale

## **5 Einheiten**

Es wird die Verwendung einer der folgenden Sätze konsistenter Einheiten empfohlen.

Maße:	m, mm
spezifisches Gewicht:	kN/m <sup>3</sup> , N/mm <sup>3</sup>
Kräfte und Lasten:	kN, N
Linienkräfte und Linienlasten:	kN/m, N/mm
Drücke und Flächenlasten:	kPa, MPa (1 MPa = 1 N/mm <sup>2</sup> )
spezifische Masse:	kg/m <sup>3</sup> , kg/mm <sup>3</sup>
Beschleunigung:	km/s <sup>2</sup> , m/s <sup>2</sup>
Membranspannungsresultanten:	kN/m, N/mm
Biegespannungsresultanten:	kNm/m, Nmm/mm
Spannungen und Elastizitätsmoduln:	kPa, MPa

## **6 Zu vereinbarende und dokumentierende Angaben und Anforderungen**

### **6.1 Allgemeines**

Für die sichere Auslegung und Herstellung des Behälters und der zugehörigen Teile müssen der Auftrag und die Spezifikation zwischen den Vertragspartnern vereinbart werden.

## 6.2 Vom Käufer zu liefernde Angaben

Der Käufer muss dem Lieferanten eine Spezifikation zur Verfügung stellen, die unter anderem Folgendes umfassen muss:

- a) die Spezifikation der gespeicherten Flüssigkeit, die unter anderem die folgenden Angaben enthalten muss:
  - 1) die Bezeichnung und/oder eine Beschreibung der Flüssigkeit;
  - 2) die relative Dichte;
  - 3) alle wesentlichen Eigenschaften oder Merkmale, speziell für die gespeicherte Flüssigkeit;
  - 4) den Betriebstemperaturbereich.
- b) die Umgebungsbedingungen, die unter anderem die folgenden Angaben enthalten müssen:
  - 1) Wind;
  - 2) Erdbebeneinwirkungen;
  - 3) Schnee;
  - 4) Eis;
  - 5) Temperaturbereiche.
- c) die Nutzung und die geplanten Maße des Behälters müssen unter anderem das Folgende enthalten:
  - 1) die Befüll- und Entleerungsraten;
  - 2) eine Zusammenfassung über den Verwendungszweck und die Arbeitsweise des Behälters;
  - 3) die Netto-Auswirkungen des Prozesses auf den Behälter oder alle seine Bestandteile;
  - 4) die Behältermaße.
- d) die geplante Lage aller Öffnungen im Mantel und Dach des Behälters.
- e) angebrachte Ausrüstung:
  - 1) Verfahren der Befestigung;
  - 2) Eigen- und Nutzlasten;
  - 3) Anschlüsse;
- f) die Nähe von anderen Behältern und Gebäuden.

## 6.3 Vom Konstrukteur zu liefernde Angaben

Der Konstrukteur muss unter anderen folgenden wesentlichen Daten zu den Auslegungsgrenzen des Behälters liefern:

- a) die Bezeichnung und eine Beschreibung der gespeicherten Flüssigkeit(en);
- b) die Wertebereiche der relativen Dichten der gespeicherten Flüssigkeit(en);

- c) für die Konstruktion verwendete Grenzen der Umgebungskriterien, gegebenenfalls einschließlich der Auslegungswindgeschwindigkeit, des Bereichs der Auslegungsbetriebstemperatur, der Auslegungsschneelast sowie der Erdbebenzone und Erdbebenbeiwerte;
- d) bei der Auslegung verwendete maximale Zugangs- und Auflast;
- e) der Instandhaltungsplan nach den Anforderungen von ISO 15686-1;
- f) Leitlinie zur Änderung des Verwendungszweckes;
- g) alle zutreffenden Daten, die vom Konstrukteur bei der Konstruktion vorausgesetzt wurden.

## **7 Anwendbare Normen**

Alle in diesem Dokument festgelegten Maßnahmen müssen im Rahmen eines angemessenen Qualitätsmanagementsystems durchgeführt werden (z. B. ISO 9001 [1]).

Der Konstrukteur und Auftraggeber müssen sich in Absprache miteinander auf die für die Auslegungszwecke zutreffenden Normen einigen. Enthält dieses Dokument keine diesbezüglichen Vorschriften, so dürfen andere internationale oder nationale Normen festgelegt werden.

Die vereinbarten zutreffenden Normen müssen unter anderem die Normen einschließen, die Einzelheiten zu Parametern für die folgenden Konstruktionsverfahren enthalten:

- a) hydrostatische Lasten;
- b) Windlasten;
- c) Erdbebenlasten;
- d) Zugangslasten;
- e) Schneelasten;
- f) Regenlasten;
- g) Lastfaktoren;
- h) Festigkeitsberechnungen zu den Blechen;
- i) Festigkeitsberechnungen zu den Verschraubungen;
- j) Stabilitätsberechnungen;
- k) Gestaltung des Fundamentes.

## **8 Lasten**

### **8.1 Allgemeines**

Alle Behälter und tragenden Bauteile müssen auf Grundlage einer Grenzzustands-Berechnung ausgelegt werden.

## 8.2 Inhalte

### 8.2.1 Allgemeines

Die durch die Flüssigkeit aufgebracht Lasten müssen unter Berücksichtigung von Folgendem berechnet werden:

- a) der relativen Dichte innerhalb des festgelegten Bereiches der im Behälter zu speichernden Flüssigkeiten;
- b) der Geometrie des Behälters;
- c) der größtmöglichen Füllhöhe der Flüssigkeit im Behälter.

Ist die zu speichernde Flüssigkeit Abwasserschlammschlamm und sind keine verlässlichen oder gemessenen Daten verfügbar, darf der Wert für die relative Dichte des Abwasserschlamms  $\rho_s$  durch einfache Verhältnisrechnung nach Gleichung (1) geschätzt werden:

$$\rho_s = 1 + w(\rho_{ds} - 1) \quad (1)$$

Dabei ist  $\rho_{ds}$  1,9 im Fall von kommunalem Abwasserschlammschlamm.

### 8.2.2 Freie Höhe

Die für die Konstruktion verwendete freie Höhe muss zwischen Auftraggeber und Konstrukteur vereinbart werden.

Ist der Behälter für seismische Bedingungen ausgelegt, so muss ausreichend freie Höhe vorgesehen sein, um die Schwappbewegung, bestimmt nach der geltenden Norm, unter Kontrolle zu halten. Dies muss für jegliche Ausrüstung und tragende Teile an der Oberseite des Behälters berücksichtigt werden.

### 8.2.3 Hydrostatischer Druck

Der hydrostatische Druck  $p_n$ , in kPa, der bei der Füllhöhe  $H$  auf den Behältermantel wirkt, wird nach Gleichung (2) bestimmt:

$$p_n = H \times \rho \times g + p_h \quad (2)$$

### 8.2.4 Auf die Behälterwand wirkende Axialkräfte

Die axialen Wandkräfte je Einheit der Mantelbreite müssen unter Berücksichtigung folgender Punkte bestimmt werden:

- a) das Eigengewicht des Behälters;
- b) die Nutzlast;
- c) der axiale Zug und Druck durch windbedingtes Kippmoment;
- d) der axiale Zug und Druck durch Erdbebeneinwirkungen.

### 8.2.5 Befüllen und Entleeren

Das Verfahren des Einfüllens und Entleerens von Flüssigkeit kann die Beanspruchung beeinflussen und muss vom Konstrukteur berücksichtigt werden. Diese Einflüsse sind unter anderem die Folgenden:

- a) die Füllstellung – der Eintrittsstrahl trifft auf die Behälterwand;

- b) Beendigung der Entleerung – das Risiko eines hydrodynamischen Druckstoßes bei schnellem Schließen der Austrittsöffnung;
- c) Ermüdung – die Auswirkungen der Häufigkeit der Zyklen von Befüllen und Entleeren;
- d) Druck und/oder partielles Vakuum;
- e) Be- und Entlüftung;
- f) schnelle Temperaturwechsel.

### **8.3 Aufbau des Behälters**

Die Eigenlast muss als das Gesamtgewicht aller tragenden und dauerhaft angebrachten Bauteile bestimmt werden.

### **8.4 Dach**

Der Konstrukteur des Behälters muss alle Kräfte berücksichtigen, die vom Dach auf den Behältermantel ausgeübt werden. Diese Kräfte dürfen unter anderem die Folgenden umfassen:

- a) verteilte, in der Ebene wirkende Kräfte und Radialkräfte übertragen durch tragende Dachelemente;
- b) konzentrierte, in der Ebene wirkende Kräfte und Radialkräfte, die aus konstruktionsbedingten Eigenschaften des Daches resultieren;
- c) asymmetrisch wirkende Kräfte durch die ungleichmäßige Verteilung der Dachauflasten;
- d) durch unterschiedliche Setzung des Fundamentes hervorgerufene Kräfte im Dach.

### **8.5 Ausrüstungsbedingte Lasten**

#### **8.5.1 Allgemeines**

Für die Berechnung der auf den Behälter wirkenden Gesamtlast muss der Konstrukteur die Auswirkungen der angebrachten Ausrüstungsgegenstände sowohl für statische als auch für dynamische Lasten berücksichtigen.

#### **8.5.2 Statische Last**

Die statische Last eines jeden am Behälter angebrachten Ausrüstungsgegenstands muss als Gewicht der Ausrüstung, einschließlich der zugehörigen Befestigungen und der im betreffenden Ausrüstungsgegenstand enthaltenen Flüssigkeiten, nach den Empfehlungen des Käufers ermittelt werden.

#### **8.5.3 Dynamische Last**

Die durch Ausrüstungsgegenstände verursachten dynamischen Kräfte müssen gegebenenfalls bestimmt werden. Diese dürfen unter anderem die Folgenden enthalten:

- a) Ausgangs- und Betriebskräfte durch am Behälter angebrachte oder eingebaute, rotierende oder bewegliche Ausrüstungsgegenstände;
- b) auf den Behälter oder dessen Zubehör aufgebrachte Kräfte durch eingebaute Prozessausrüstung (z. B. Kräfte durch Halteseile von schwimmenden Lüftungsanlagen);
- c) auf den Behälter oder dessen Zubehör aufgebrachte Kräfte durch den Betrieb der eingebauten Prozessausrüstung (z. B. auf angebrachte Strömungsabweiser einwirkende Kräfte durch zwangsweise Bewegung des Behälterinhaltes).

## 8.6 Zugang

Wenn das Dach dafür ausgelegt ist, nur zur Reinigung und Reparatur zugänglich zu sein, muss dieses für eine gleichmäßige Belastung von  $0,6 \text{ kN/m}^2$  ausgelegt sein.

Wenn das Dach entworfen wurde, um zugänglich zu sein, muss es mit einer für den Verwendungszweck geeigneten Nutzlast ausgelegt sein, die dem anwendbaren Code entnommen wurde, jedoch nicht weniger als  $1,5 \text{ kN/m}^2$  beträgt.

Sofern nicht anders festgelegt, müssen die von Laufwegen und Arbeitsbühnen auf das Dach übertragenen Lasten basierend auf einer für den Verwendungszweck geeigneten gleichmäßigen Belastung bewertet werden, die dem anwendbaren Code entnommen wurde, jedoch nicht weniger als  $3,0 \text{ kN/m}^2$  bezogen auf den Laufweg oder die Arbeitsbühne beträgt.

## 8.7 Umwelt

### 8.7.1 Allgemeines

Umweltlasten müssen unter Berücksichtigung der Auslegungslebensdauer des Behälters ermittelt werden.

### 8.7.2 Seismische Einwirkungen

Sofern zutreffend, müssen Erdbebeneinwirkungen nach der dafür geltenden Norm bestimmt werden.

Der Konstrukteur muss als Mindestanforderung Folgendes berücksichtigen:

- a) horizontale Beschleunigung;
- b) vertikale Beschleunigung;
- c) Schwappen des Inhalts;
- d) das Verankerungsverfahren;
- e) dynamisches Bodenverhalten.

Leitlinien für die Bestimmung der Erdbebeneinwirkungen können dem International Building Code [11], ANSI/AWWA D 103 sowie EN 1998-1 [5] und EN 1998-4 entnommen werden. Bei der Anwendung von ANSI/AWWA D 103 muss die aktuelle Version, für die Daten zu Erdbebeneinwirkungen für die Baustelle verfügbar sind, verwendet werden. Bei der Anwendung von ANSI/AWWA D 103 außerhalb von Nordamerika dürfen gleichwertige Zonen nach dem 1997 Uniform Building Code [10] bestimmt werden.

### 8.7.3 Wind

Die für die Auslegung anzusetzende Windgeschwindigkeit und der anzunehmende Winddruck müssen entsprechend der für die Baustelle zutreffenden Norm bestimmt werden.

### 8.7.4 Schnee

Die durch Schnee verursachte Last muss, sofern zutreffend, nach der für die Baustelle zutreffenden Norm bestimmt werden.

### 8.7.5 Eis

Die durch Eis auf dem Dach hervorgerufene Last muss, sofern zutreffend, nach der für die Baustelle zutreffenden Norm bestimmt werden.

## 8.8 Zubehör

Der Konstrukteur muss die von Zubehör, wie z. B. Leitern, Arbeitsbühnen, Armaturen und Geräten, ausgehenden Kräfte berücksichtigen.

## 9 Konstruktion

### 9.1 Allgemeines

Die Auslegung des Behälters muss mithilfe einer Grenzzustands-Berechnung erfolgen. Die Bewertung der Auslegungslbensdauer muss nach ISO 15686-1 vorgenommen werden.

### 9.2 Stahl

#### 9.2.1 Spezifikation

Für den verwendeten Stahl gilt die zwischen Hersteller, Konstrukteur und Stahllieferant vereinbarte Spezifikation unter angemessener Berücksichtigung der Anforderungen des Emaillierprozesses.

ANMERKUNG Stähle, die die Anforderungen von EN 10111 [7], EN 10025-1 [6] und EN 10149-1 [8] (einschließlich der Stahlsorten DD 11, S235, S420, S460, S500, S550 und S700) sowie ASTM A 1011 [9] und anderen Normen erfüllen, können mit entsprechenden Vorbehandlungen erfolgreich beim Emaillieren eingesetzt werden.

#### 9.2.2 Auswirkungen des Emaillierprozesses

Der Konstrukteur muss die Auswirkungen des Emaillierprozesses auf die Festigkeitseigenschaften des Stahls berücksichtigen und dem Auftraggeber diesbezüglich detaillierte Angaben auf Anfrage zur Verfügung stellen.

Die Auswirkungen des Emaillierprozesses müssen über einen bestimmten Zeitraum unter Anwendung regulärer und dokumentierter Prüfvorschriften bewertet und überwacht werden, so dass die Festigkeitseigenschaften des Stahls mit einem Vertrauensniveau von 95 % vorhergesagt werden können.

Werden keine regulären und dokumentierten Prüfungen durchgeführt, müssen die bei der Auslegung verwendeten Werte für Streckgrenze und Zugfestigkeit des emailbeschichteten Stahls um 30 % geringer sein als die vom Hersteller des Stahls bestätigten garantierten Werte für die Mindestfestigkeiten.

### 9.3 Behälter

#### 9.3.1 Lastfaktoren

Die für die Auslegung verwendeten Lastfaktoren müssen Tabelle 1 entnommen werden.

**Tabelle 1 — Lastfaktoren**

Grundlegender Lastfall	Maximaler Teillastfaktor $\gamma$
Eigenlast	1,4
Eigenlast in Kombination mit Windlast, Erdbebenlast oder Nutzlast	1,2
Flüssigkeitslast	1,4
Nutzlast	1,6
Nutzlast in Kombination mit Windlast	1,2
Windlast	1,4
Windlast in Kombination mit Nutzlast	1,2

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Grundlegender Lastfall	Maximaler Teillastfaktor
	$\gamma$
Schnee	1,4
Schneelast bei der Bestimmung von Erdbebenlasten	0,2
Schneelast in Kombination mit Erdbebenlast	0,2
Erdbebenlast <sup>a</sup>	1,0
Jede Last, wenn ihre Wirkung den betrachteten Lastfall begünstigt	1,0
<sup>a</sup> Erdbebeneinwirkungen brauchen nicht unter Prüfbedingungen berücksichtigt zu werden.	

### 9.3.2 Behälterwände

#### 9.3.2.1 Allgemeine Auslegung

Die Wände des Behälters müssen so gestaltet werden, dass sie der ungünstigsten Lastkombination widerstehen.

Die Behälterwände müssen so gestaltet werden, dass sie den durch die Verbindung mit dem Fundament wirkenden Kräften und Momenten, einschließlich nichtlinearer und Stabilitätseffekte, widerstehen.

Für die Anwendung dieses Dokuments sind die durch die gespeicherte Flüssigkeit verursachten Wandreibungskräfte gering und dürfen gefahrlos vernachlässigt werden.

#### 9.3.2.2 Umfangskraft

Bei der für die Bestimmung der Plattendicke des Mantels und der Konfiguration der senkrechten Schraubverbindung verwendeten Umfangskraft müssen der hydrostatische und der hydrodynamische Druck durch Erdbebeneinwirkungen berücksichtigt werden.

#### 9.3.2.3 Statik

Die hydrostatische Umfangskraft je Höheneinheit  $F_H$ , in  $\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$ , auf jeder Ebene, wird nach Gleichung (3) bestimmt:

$$F_H = p_n \times \frac{D}{2} \quad (3)$$

#### 9.3.2.4 Seismik

Das vom Konstrukteur angewendete Konstruktionsverfahren muss als Mindestanforderung Folgendes berücksichtigen:

- hydrodynamische Umfangskräfte;
- axiale Manteldruck- und -zugkräfte;
- seitliche und senkrechte Verankerungskräfte.

Die erdbebensichere Auslegung von Behältern muss EN 1998-4 oder ANSI/AWWA D 103, Abschnitt 12, entsprechen.

Bei Auslegung nach ANSI/AWWA D 103 müssen die ermittelten Lasten als charakteristische Lasten betrachtet werden, die mithilfe der in Tabelle 1 angegebenen Lastfaktoren belegt und mit den nach diesem Dokument ermittelten Grenzzuständen und Beulwiderständen verglichen werden.

### **9.3.2.5 Schraubverbindungen**

Scherkräften ausgesetzte Schrauben müssen so ausgelegt sein, dass sie die Kräfte zwischen den durch sie verbundenen Platten des Mantels übertragen können. Die Schraube muss so bemessen werden, dass die Scherebene der Verbindung nicht durch einen Teil des Gewindes oder des Gewindeauslaufes verläuft.

Die senkrechten Schraubverbindungen zwischen den Platten des Mantels müssen so ausgelegt sein, dass sie die Auslegungsumfangskraft zwischen angrenzenden Platten des Mantels übertragen.

Bei der Auslegung der vertikalen Schraubverbindung muss mindestens Folgendes berücksichtigt werden:

- a) die Zugspannung an einer beliebigen Nettoquerschnittsfläche durch eine beliebige bauliche Verbindung mit gleichmäßigen Schraubenabständen;
- b) die Auflagerspannung auf den mit den Schrauben verbundenen Stahlplatten;
- c) die Auflagerspannung auf den Schrauben;
- d) die Schubspannung Scherspannung in den Schrauben.

Die Auflagerfestigkeit der Öffnungen im Stahl darf durch Prüfung bestimmt oder der für den verwendeten Stahl zutreffenden Norm entnommen werden. Wird die Auflagerfestigkeit durch Prüfung bestimmt, so müssen dem Auftraggeber auf Anfrage Einzelheiten des Prüfverfahrens zur Verfügung gestellt werden.

Die Auflagerfestigkeit und Scherfestigkeit der Schrauben müssen den für die verwendeten Schrauben zutreffenden Normen und/oder den Herstellerspezifikationen entnommen werden, die auf die zutreffenden Normen verweisen.

Es ist unerlässlich, dass die Behälterkonstruktion(en) in Übereinstimmung mit den Leitlinien des Behälterherstellers gebaut wird (werden), um sicherzustellen, dass die Schraubverbindungen die Auslegungsumfangskraft wie von der Auslegung vorgesehen über die Scherebene der Schraube übertragen.

### **9.3.2.6 Auf die Behälterwand wirkende Axialkräfte**

Der Konstrukteur muss die Auswirkungen von auf die Behälterwand wirkenden Axialkräften auf den axialen Beulwiderstand des Behältermantels berücksichtigen. Das Zusammenwirken der Axiallast mit äußerem Winddruck, Dach-Nutzlasten und einem vorhandenen inneren, partiellen Vakuum durch Arbeitsverfahren oder durch die Auswirkungen von windbedingter Sogwirkung an Lüftungsclappen des Daches müssen ebenfalls berücksichtigt werden.

Der kritische axiale Beulwiderstand muss durch sorgfältige Analyse ermittelt werden. Bei einem nach EN 1993-4-2 [4] bestimmten kritischen Beulwiderstand darf diese Anforderung als erfüllt betrachtet werden.

Alternativ darf der kritische axiale Beulwiderstand  $\sigma_{z,cr}$ , in MPa, nach Gleichung (4) ermittelt werden:

$$\sigma_{z,cr} = 0,3 \times E \times \frac{t}{r} \quad (4)$$

Auswirkungen zweiter Ordnung können insbesondere bei Behältern mit großen Durchmessern durch Unregelmäßigkeiten im Mantel auftreten und müssen, sofern maßgeblich, vom Konstrukteur berücksichtigt werden.

### 9.3.2.7 Äußerer Winddruck

Der Konstrukteur muss für einen leeren Behälter die Auswirkungen des äußeren Winddruckes auf Folgendes berücksichtigen:

- a) die Beulen durch Außendruck;
- b) die Umfangsbiegung des Behältermantels durch schwankenden Winddruck;
- c) den axialen Zug und Druck des Mantels;
- d) die Kippbeständigkeit der Behälterverankerung.

Der Konstrukteur muss die Nähe zu anderen Behältern und zu Gebäuden berücksichtigen.

Der Widerstand gegen Beulen durch äußeren Winddruck darf durch sorgfältige Analyse bestimmt werden. Bei einem nach EN 1993-4-1 oder EN 1993-1-6 [2] bestimmten Widerstand gegen Beulen durch äußeren Winddruck darf diese Anforderung als erfüllt betrachtet werden.

Alternativ darf der kritische äußere Beuldruck  $q_{r,cr}$ , in MPa, nach Gleichung (5) ermittelt werden:

$$q_{r,cr} = 0,8 \times \frac{Et^2}{lr} \sqrt{\left(\frac{1}{(1-\nu^2)}\right)^3 \frac{t^2}{r^2}} \quad (5)$$

Gleichung (5) muss auf den Mantel zwischen oberster Mantelversteifung und erster Mantelzwischenversteifung (oder, wenn keine Zwischenversteifungen vorhanden sind, zwischen oberster Versteifung und Behälterboden) und auf jeden nachfolgenden Abschnitt zwischen den nachfolgenden Zwischenversteifungen des Mantels angewendet werden. Ist der betrachtete Mantelabschnitt von unregelmäßiger Dicke, muss die gemittelte Dicke eingesetzt werden.

Beim Vergleich dieses Widerstandes gegen den auf den Behälter wirkenden Winddruck muss dieser mit dem gleichmäßig auf 360° des Behälterumfangs einwirkenden maximalen Winddruck in Radialrichtung gleichgesetzt werden.

Bei der Auslegung für Prüfbedingungen darf der Konstrukteur eine geringere Windgeschwindigkeit in Betracht ziehen.

Die Auswirkung der Emailsicht darf für die Berechnung der Steifigkeit des Mantels bei der Auslegung in Bezug auf Beulen in Radialrichtung berücksichtigt werden, vorausgesetzt, dass diese Auswirkung durch eine sorgfältige Analyse nachgewiesen wird.

### 9.3.2.8 Oberste Versteifung des Mantels

Bei Behältern ohne Dach muss die oberste Mantelversteifung so bemessen werden, dass sie ausreichend Halt bietet, um ein Beulen des Behältermantels in Radialrichtung zu verhindern. Die oberste Mantelversteifung darf durch sorgfältige Analyse unter Beachtung sowohl des Beulens eines Ringes des Mantels als auch von Biegeeffekten bemessen werden. Bei einer Bemessung der obersten Mantelversteifung nach EN 1993-4-1 [3] darf diese Anforderung als erfüllt betrachtet werden.

Alternativ darf das Flächenträgheitsmoment der obersten Mantelversteifung des  $I_z$ , in  $m^4$ , nach Gleichung (6) bemessen werden:

$$I_z = \frac{q_{w,max} H_0 r^3}{6E} \quad (6)$$

Zusätzlich müssen bei Behältern mit Dach für die Maße der obersten Mantelversteifung die Größenordnung und Verteilung der durch die Dachkonstruktion und angebrachtes Zubehör einwirkenden Kräfte berücksichtigt werden.

### **9.3.2.9 Zwischenversteifungen des Mantels**

Mantelzwischenversteifungen dürfen durch sorgfältige Analyse so bemessen werden, dass sie ausreichend Halt bieten, um ein Beulen eines Ringes oder einer Gruppe von Ringen des Behältermantels in Radialrichtung zu verhindern, wodurch ihre Wirksamkeit nachgewiesen werden kann. Bei einer Bemessung der Mantelzwischenversteifungen nach EN 1993-4-1 [3] darf diese Anforderung als erfüllt betrachtet werden.

Alternativ darf das Flächenträgheitsmoment der Zwischenversteifungen des Mantels  $I_z$ , in  $\text{m}^4$ , nach Gleichung (7) bemessen werden:

$$I_z = \frac{q_{w\max} l r^3}{3E} \quad (7)$$

Dabei ist

$l$  die Länge zwischen den Zwischenversteifungsringen oder zwischen dem untersten Zwischenversteifungsring und dem Behälterboden.

### **9.3.2.10 Thermik**

Bei der Auslegung der Behälterkonstruktion müssen Auswirkungen von thermischen Effekten (Verschiebung, Dehnung, Krümmungen, Spannungen, Kräfte und Momente) infolge der Temperaturdifferenz zwischen gespeicherter Flüssigkeit und/oder äußerer Umgebung und der Behälterkonstruktion berücksichtigt werden. Der Konstrukteur muss ebenfalls die Auswirkungen von Eisbildung auf der Oberfläche der gespeicherten Flüssigkeit berücksichtigen.

### **9.3.2.11 Innendruck**

Bei Behältern mit Dach muss der Konstrukteur die Auswirkungen von Innendruck auf die Auslegung und Dicke der Behälterwände berücksichtigen.

### **9.3.2.12 Inneres Vakuum**

Bei Behältern ohne Dach muss der Konstrukteur die Auswirkungen des partiellen Vakuums innerhalb des Behälters, hervorgerufen durch Wind, beachten und diese in Kombination mit den äußeren Winddrücken bei der Auslegung des Behältermantels berücksichtigen.

Bei Behältern mit Dach muss der Konstrukteur Auswirkungen von innerem Vakuum durch die Betriebsbedingungen und den Einfluss von Winddruck und Sogwirkung an Lüftungsklappen des Daches beachten und diese in Kombination mit dem äußeren Winddruck bei der Auslegung des Behältermantels berücksichtigen. Diese Auswirkungen müssen betrachtet werden bei leerem Zustand des Behälters.

## **9.3.3 Behälterdach**

Der Konstrukteur muss als Mindestanforderung Folgendes berücksichtigen:

- a) die Eigenlast;
- b) die Nutzlast – Schnee, Zugang, Wind, Regen, Seismik;
- c) den Innendruck und inneres Vakuum;
- d) Öffnungen im Dach;

e) den Druck und Zug bei tragenden Versteifungselementen an der Schnittfläche zwischen Behälter und Dach.

### 9.3.4 Befestigen der Wände am Boden

Die Verbindung zwischen den Wänden und der Bodenfläche des Behälters muss so gestaltet werden, dass die senkrecht wirkenden Kräfte in den Behälterwänden und die waagrecht wirkenden Scherkräfte und Biegemomente aufgrund von Flüssigkeitslasten, Windlasten, seismischen Belastungen und Innendruck auf das Fundament übertragen werden.

### 9.3.5 Behälterboden

#### 9.3.5.1 Beton

Sofern keine Oberflächenbeschichtung oder -behandlung vorgesehen ist, muss der für den Behälterboden verwendete Beton wasserdicht sein.

#### 9.3.5.2 Emaillierte Stahlplatten

Alle emaillierten Bodenplatten müssen an allen Kanten vollständig verschraubt sein. Die Anzahl der Schrauben muss ausreichend sein, um in Verbindung mit einem geeigneten Dichtwerkstoff eine wasserdichte Verbindung sicherzustellen.

ANMERKUNG Eine geeignete Abdichtung liegt vor, wenn sie die Schraubverbindung angemessen schützt und flexibel ist, während sie chemisch aushärtet, um eine homogene Barriere bilden.

#### 9.3.5.3 Fundament

Ist der Lieferant für die gesamte Auslegung und die Lieferung des Behälters, einschließlich des Fundamentes, verantwortlich, so muss der Auftraggeber ihm bei Bedarf die ortsspezifischen Daten der Bodenuntersuchung zur Verfügung stellen.

Der Hersteller muss Pläne für das Befestigen des Behälters auf dem Fundament mit allen wesentlichen Einzelheiten erstellen, die für die Gestaltung eines für die ortsspezifischen Bedingungen geeigneten Fundamentes erforderlich sind, einschließlich Scherbeanspruchungen, sofern kritisch und vom Käufer gefordert. Das Fundament muss nach der anzuwendenden Norm gestaltet werden. Im Fundament darf eine Fläche ausschließlich für Bewehrungsstähle am Behälteranschluss vorgesehen sein, um den Einbau des Haltesystems zu ermöglichen oder das Risiko der Entstehung einer galvanischen Zelle zu vermeiden.

Der Konstrukteur muss als Mindestanforderung Folgendes berücksichtigen:

- a) die Eigenlast;
- b) die Nutzlast;
- c) die Wechselwirkungskräfte zwischen Behälter und Fundament (Momente und Scherkräfte), einschließlich nichtlinearer und Stabilitätseffekte;
- d) die Ausdehnung des Behältermantels unter Beanspruchung;
- e) die Umweltlasten (Wind und Erdbeben);
- f) die Wärmeausdehnung;
- g) die Bodenbedingungen an der vorgesehenen Baustelle und das Potential zur unterschiedlichen Setzung;
- h) die Fähigkeit, die Anforderungen an die Fundamentoberfläche entsprechend den Festlegungen in den Leitlinien des Behälterherstellers zu erfüllen.

### **9.3.6 Zubehör**

Ist Zubehör für Zugang oder Sicherheit erforderlich, so müssen Auftraggeber und Lieferant die zutreffende Norm vereinbaren.

### **9.3.7 Kathodischer Schutz**

In dem Fall, dass die Routineinspektion und Instandhaltung aufgrund des eingeschränkten Zuganges, kommerzieller Faktoren oder der Anforderungen an den Prozessablauf unmöglich sind, kann es für den Auftraggeber vorteilhaft sein, den Einbau eines geeigneten kathodischen Korrosionsschutzsystems vorzusehen, um zusätzlich Sicherheit zu geben. Das kathodische Korrosionsschutzsystem muss von einem bei einer nationalen oder internationalen Organisation, z. B. National Association of Corrosion Engineers International (NACE), registrierten Techniker entwickelt und installiert sein.

Der Konstrukteur des kathodischen Korrosionsschutzsystems muss Folgendes berücksichtigen:

- a) den spezifischen elektrischen Widerstand der gespeicherten Flüssigkeit;
- b) den Bereich der Stahloberfläche, der der Korrosion ausgesetzt ist;
- c) die elektrische Verbindung zwischen Behälterinhalt, Behälterkonstruktion, Fundamentbeton, Fundamentbewehrungsstahl und eingetauchten Zubehörteilen aus Stahl;
- d) die für die Unterdrückung von Korrosion erforderliche Stromdichte bei der Auswahl des Werkstoffes für die Opferanode.

ANMERKUNG Kathodische Korrosionsschutzsysteme mit Opferanoden sind eine relativ einfache, kostengünstige, gut zu handhabende und leicht installierbare Lösung.

## **9.4 Öffnungen**

### **9.4.1 Einsteigöffnung**

Bei Behältern mit Dach muss mindestens eine Einsteigöffnung in Bodennähe vorgesehen werden. Die Position muss zwischen Auftraggeber und Lieferant vereinbart werden.

Bei Behältern ohne Dach muss die Position aller erforderlichen Einsteigöffnungen zwischen Auftraggeber und Lieferant vereinbart werden.

Alle abnehmbaren Abdeckungen müssen mit Scharnieren oder anderen Halteeinrichtungen ausgestattet werden.

### **9.4.2 Rohrleitungsanschlüsse**

Die Größe von Rohrleitungsanschlüssen und ihr Befestigungspunkt am Behälter müssen zwischen Auftraggeber und Lieferant vereinbart werden.

### **9.4.3 Überläufe**

Der Behälter muss mit einem Überlauf ausgestattet werden, dessen Größe und Position zwischen Auftraggeber und Lieferant zu vereinbaren sind. Der Überlauf muss so ausgelegt werden, dass er keinen Unterdruck in der Behälter- und Dachkonstruktion erzeugt und dass eine Verunreinigung des eintretenden Wassers durch rückläufige Hebewirkung verhindert werden kann.

Zwischen Überlauf und Eintrittsanschluss kann ein entsprechender Luftspalt erforderlich sein. Dies muss zwischen Käufer und Lieferant vereinbart werden.

#### 9.4.4 Verstärkung von Einsteigöffnungen und Rohrleitungsanschlüssen im Behältermantel

Alle in einen beliebigen Behälterabschnitt geschnittenen Öffnungen unter hydrostatischem Druck mit einer Mindestgröße größer 100 mm müssen verstärkt werden.

Die Mindest-Nettoquerschnittsfläche der Verstärkung darf unter Berücksichtigung der Öffnungen für Schrauben nicht geringer als der Wert der maximalen Höhe der in den Behältermantel geschnittenen Öffnung multipliziert mit der Mindestauslegungsdicke des Mantels sein. Zusätzlich zu dem/den Auflager(n) dürfen nur die Elemente des Verstärkungsringes als Teil der Verstärkungsfläche angesehen werden, die innerhalb eines Abstands zur Mantelplatte vom Vierfachen der Dicke des Verstärkungsringes angebracht sind.

#### 9.4.5 Anschlüsse im Dach

##### 9.4.5.1 Allgemeines

Die Größe der Öffnungen im Dach sowie der Rohrleitungsanschlüsse und der Befestigungspunkte der Rohrleitungsanschlüsse müssen zwischen Auftraggeber und Lieferant vereinbart und festgelegt werden.

Öffnungen im Dach sollten nur für Inspektionen und Notzugangs-/ausstiegszwecke in Betracht gezogen werden. Der allgemeine Zugang zu den Innenbereichen eines Behälters sollte über ebenerdige Öffnungen möglich sein. Auf Öffnungen im Dach sollte nach Möglichkeit ganz verzichtet werden. Wird nicht auf Öffnungen im Dach verzichtet, müssen Öffnungen größer als 250 mm mit einer geeigneten Sicherheitseinrichtung zur Verhinderung unbefugten Zutritts ausgestattet werden.

##### 9.4.5.2 Be- und Entlüftung

Besteht zwischen Behälter und Dach eine gasdichte Verbindung, muss das Dach mit einer Lüftungseinrichtung oder einer Druck-/Vakuumentlastungseinrichtung mit einer Kapazität ausgestattet werden, die verhindert, dass der Druck bzw. das Vakuum die Auslegungsgrenzen des Behältermantels oder des Daches bei den extremsten normalen Betriebsbedingungen überschreitet.

Bei der Auslegung der Be- und Entlüftung von geschlossenen Behältern müssen alle zutreffenden Betriebsbedingungen berücksichtigt werden, unter anderem die folgenden:

- a) das Einfüllen und die Entnahme von Flüssigkeiten;
- b) das Aufbauen von Innendruck oder Vakuum durch umgebungs- oder prozessbedingte Faktoren;
- c) Siebgitte zur Verhinderung des Eindringens von Vögeln, Insekten oder anderen Tieren;
- d) die Gleichmäßigkeit des Luftstromes von der Grundfläche des Behälters.

Lüftungsöffnungen mit Siebgitte erfordern regelmäßige Überprüfung und Reinigung zur Aufrechterhaltung ihrer Wirksamkeit.

#### 9.5 Auswirkungen von Unfällen

##### 9.5.1 Risikobeurteilung

Der Auftraggeber muss die jeweilige Historie des potentiellen Risikos bei der Handhabung des Produktes zur Verfügung stellen, damit der Konstrukteur des Behälters und der Tragkonstruktion diese angemessen berücksichtigen kann. Der Konstrukteur muss mindestens die in 9.5.2 und 9.5.3 genannten Punkte berücksichtigen, sofern zutreffend.

##### 9.5.2 Explosionen

Der potenzielle Schaden durch eine Explosion muss durch Treffen angemessener Maßnahmen, wie der folgenden, begrenzt oder vermieden werden:

- a) Einbau von ausreichenden Druckentlastungs-Einrichtungen;
- b) Einbau von Unterdrückungsmaßnahmen;
- c) Einzelheiten zur regelmäßigen Instandhaltung und Reinigung;
- d) sichere Auswahl elektronischer Geräte zur Vermeidung möglicher Zündquellen.

### **9.5.3 Ungesteuerte Schwankungen der Eintrittsstrom-Eigenschaften**

Der Auftraggeber muss den Konstrukteur darauf aufmerksam machen, wenn in der Vergangenheit bei den Eintrittsstrom-Eigenschaften wesentliche unbeabsichtigte Abweichungen von der vereinbarten Spezifikation hinsichtlich Temperatur, chemischer Beschaffenheit, Durchfluss und allen anderen Eigenschaften, die wahrscheinlich die Gestaltung des Behälters beeinflussen, aufgetreten sind.

## **10 Emailsicht**

### **10.1 Email**

Der Emaillierer muss die Anforderungen an alle Rohstoffe für den Emaillierprozess festlegen und sicherstellen, dass aus ihnen durch Verarbeitung im vorgesehenen Emaillierwerk eine Emailsicht hergestellt wird, die die in Tabelle 2 und Tabelle 3 aufgeführten Mindestqualitätsanforderungen erfüllt. Der Emaillierer bzw. der Email-lieferant muss Prüfungen durchführen und die Übereinstimmung der emaillierten Werkstoffe mit Tabelle 2 und Tabelle 3 aufzeichnen sowie zertifizierte Kopien dieser Aufzeichnungen für nachfolgende Überprüfungen verfügbar machen.

Alle bei der Produktion von emaillierten Blechen verwendeten Rohstoffe müssen die in diesem Abschnitt beschriebene Spezifikation erfüllen und sind zwischen Hersteller und Werkstoff-Lieferant, unter angemessener Berücksichtigung der Anforderungen des Emaillierprozesses, zu vereinbaren.

### **10.2 Schicht**

Die Emailsicht jeder Blechoberfläche, die in Kontakt mit der gespeicherten Flüssigkeit kommt, muss die in Tabelle 2 angegebenen Mindestqualitätsanforderungen erfüllen.

Der Auftraggeber muss sich vergewissern, dass die Emailsicht für den vorgesehenen Verwendungszweck geeignet ist.

Vor der Emailbeschichtung muss der Stahl frei von Öl, Schmiermitteln und anderen Verunreinigungen sein.

### **10.3 Qualität des Emails**

#### **10.3.1 Herstellung der Proben und Prüfhäufigkeit**

Die Proben des emaillierten Stahls müssen unter Einhaltung der in Tabelle 2 festgelegten Mindestprüfhäufigkeit hergestellt und geprüft werden, um sicherzustellen, dass die Emailsicht die jeweiligen Qualitätsanforderungen in Tabelle 2 erfüllt.

#### **10.3.2 Inspektion**

##### **10.3.2.1 Probenahmeverfahren**

Wenn Inspektionen unter Anwendung einer Probenahme durchgeführt werden, muss ein Probenahmeverfahren angewendet werden, dass die Anforderungen von ISO 2859-1 erfüllt. Die Prüfgeräte müssen mithilfe von Kalibriergeräten mit einer Messunsicherheit von  $\pm 1$  % kalibriert sein. Für die Prüfgeräte müssen gültige Unterlagen zur Kalibrierung vorliegen.

### **10.3.2.2 Fertigbleche**

#### **10.3.2.2.1 Allgemeines**

Prüfungen müssen innerhalb des Inspektionsbereiches des Fertigbleches durchgeführt werden und müssen die Festlegungen nach Tabelle 3 erfüllen. Für diese Prüfzwecke muss jede Blechoberfläche, die in Kontakt mit der gespeicherten Flüssigkeit kommt, als Innenfläche betrachtet werden.

Fertigbleche müssen nach dem Emaillierprozess durch den Hersteller geprüft werden, und die Prüfung muss sowohl auf der Innen- als auch auf der Außenseite bei gutem Tageslicht oder einer vergleichbaren künstlichen Beleuchtung durchgeführt werden.

#### **10.3.2.2.2 Defekte**

Die Innen- und Außenflächen des Bleches müssen auf Defekte nach Tabelle 3 geprüft werden.

#### **10.3.2.3 Email-Schichtdicke**

Die Dicke der Emailsicht muss mit einem zugelassenen Messgerät mit einem Messbereich von 0 µm bis 500 µm ermittelt werden. Die Dicke der Emailsicht auf einem beliebigen Blech muss innerhalb des in Tabelle 3 angegebenen Bereiches liegen. Bleche mit einer Email-Schichtdicke, die außerhalb dieser Grenzen liegt, müssen zurückgewiesen werden.

#### **10.3.2.4 Farbe des Emails**

Die Farbe der außenemaillierten Blechoberflächen und Farbtoleranzgrenze müssen zwischen den Vertragspartnern vereinbart werden. Die Konformität muss mithilfe eines Farbkomparators bestimmt werden.

### **10.3.3 Nachbesserung vor Ort**

Der Hersteller muss ein Verfahren für die Nachbesserung vor Ort und die Ausbesserung von beschädigten Emailsichten vor Ort vorsehen.

**Tabelle 2 — Mindestqualitätsanforderungen an die Kontaktfläche von Email für die Anwendungen in Behältern für die Speicherung oder die Behandlung von Wasser oder kommunalen oder industriellen Abwässern und Abwasserschlamm**

Leitlinien für die Anwendung				Trinkwasser (NSF/ANSI/CAN 61) [13]	Trinkwasser (nach DWI, Vorschrift 31) [12]	Bohrloch-, Brack-, Meerwasser	Niederschlags-/Löschwasser	Filterbehälter	Speicherung von kommunalem Abwasserschlamm	- Dach; gasförmigem Bereich ausgesetzt	- Zylinder	Behandlung von kommunalem Abwasserschlamm	Flüssiges Sickerwasser	- Dach; gasförmigem Bereich ausgesetzt	- Zylinder	Kommunaler mesophiler Faulbehälter	- Dach; gasförmigem Bereich ausgesetzt	- Zylinder	Thermophiler Abwasserschlammbehälter	- Dach; gasförmigem Bereich ausgesetzt	- Zylinder	Biogasreaktor für landwirtschaftlichen Abfall	Industrielle(r) Abwasserprozess/-behandlung	Industrietanks mit Belüftungsprozessen	Aggressive chemische Industrieabwässer/Hochtemperaturanwendungen	
Prüfverfahren	Eigenschaft	Mindest-Qualitätsanforderung	Mindest-inspektionshäufigkeit																							
ISO 28706-1: 2008, Abschnitt 9	Beständigkeit gegen chemische Korrosion durch Citronensäure bei Raumtemperatur	Klasse A	Monatlich oder jedes Los		•																					
		Klasse A+		•	•		•	•					•													
		Klasse AA																								
ISO 28706-1: 2008, Abschnitt 10	Beständigkeit gegen chemische Korrosion durch Schwefelsäure bei Raumtemperatur	Klasse A+	Monatlich oder jedes Los			•				•																
		Klasse AA																								

Tabelle 2 (fortgesetzt)

Leitlinien für die Anwendung				Trinkwasser (NSF/ANSI/CAN 61) [13]	Trinkwasser (nach DWI, Vorschrift 31) [12]	Bohrloch-, Brack-, Meerwasser	Niederschlags-/Löschwasser	Filterbehälter	Speicherung von kommunalem Abwasserschlämm	- Dach; gasförmigem Bereich ausgesetzt	- Zylinder	Behandlung von kommunalem Abwasserschlämm	Flüssiges Sickerwasser	- Dach; gasförmigem Bereich ausgesetzt	- Zylinder	Kommunaler mesophiler Faulbehälter	- Dach; gasförmigem Bereich ausgesetzt	- Zylinder	Thermophiler Abwasserschlämmfaulbehälter	- Dach; gasförmigem Bereich ausgesetzt	- Zylinder	Biogasreaktor für landwirtschaftlichen Abfall	Industrielle(r) Abwasserprozess/-behandlung	Industrietanks mit Belüftungsprozessen	Aggressive chemische Industrieabwässer/Hochtemperaturanwendungen					
Prüfverfahren	Eigenschaft	Mindest-Qualitätsanforderung	Mindest-inspektionshäufigkeit																											
ISO 28706-1: 2008, Abschnitt 11	Beständigkeit gegen chemische Korrosion durch Salzsäure bei Raumtemperatur	10%ige Lösung für 15 min	Monatlich oder jedes Los																											
		Klasse A+																												
		Klasse AA																												
ISO 28706-2: 2017, Abschnitt 11	Beständigkeit gegen chemische Korrosion durch kochende Citronensäure	Max. Masseverlust nach 2,5 h	Jährlich																											
		5 g/m <sup>2</sup>																												
		3 g/m <sup>2</sup>																												
		1,5 g/m <sup>2</sup>																												
		0,75 g/m <sup>2</sup>																												
		0,5 g/m <sup>2</sup>																												

Tabelle 2 (fortgesetzt)

Leitlinien für die Anwendung				
Prüfverfahren	Eigenschaft	Mindest-Qualitätsanforderung	Mindest-inspektionshäufigkeit	
ISO 28706-2: 2017, Abschnitt 13	Beständigkeit gegen chemische Korrosion durch kochende Salzsäure	Max. Masseverlust nach 7 Tagen	Jährlich	Trinkwasser (NSF/ANSI/CAN 61) [13]
				Trinkwasser (nach DWI, Vorschrift 31) [12]
	Dampfförmige Phase	8 g/m <sup>2</sup>		Bohrloch-, Brack-, Meerwasser
		7 g/m <sup>2</sup>		Niederschlags-/Löschwasser
				Filterbehälter
				Speicherung von kommunalem Abwasserschlämm
				- Dach; gasförmigem Bereich ausgesetzt
				- Zylinder
				Behandlung von kommunalem Abwasserschlämm
				Flüssiges Sickerwasser
				- Dach; gasförmigem Bereich ausgesetzt
				- Zylinder
				Kommunaler mesophiler Faulbehälter
				- Dach; gasförmigem Bereich ausgesetzt
				- Zylinder
				Thermophiler Abwasserschlämmfaulbehälter
				- Dach; gasförmigem Bereich ausgesetzt
				- Zylinder
				Biogasreaktor für landwirtschaftlichen Abfall
				Industrielle(r) Abwasserprozess/-behandlung
				Industrietanks mit Belüftungsprozessen
				Aggressive chemische Industrieabwässer/Hochtemperaturanwendungen

Tabelle 2 (fortgesetzt)

Leitlinien für die Anwendung																												
Prüfverfahren	Eigenschaft	Mindest-Qualitätsanforderung	Mindest-inspektionshäufigkeit	Trinkwasser (NSF/ANSI/CAN 61) [13]	Trinkwasser (nach DWI, Vorschrift 31) [12]	Bohrloch-, Brack-, Meerwasser	Niederschlags-/Löschwasser	Filterbehälter	Speicherung von kommunalem Abwasserschlämm	- Dach; gasförmigem Bereich ausgesetzt	- Zylinder	Behandlung von kommunalem Abwasserschlämm	Flüssiges Sickerwasser	- Dach; gasförmigem Bereich ausgesetzt	- Zylinder	Kommunaler mesophiler Faulbehälter	- Dach; gasförmigem Bereich ausgesetzt	- Zylinder	Thermophiler Abwasserschlämmfaulbehälter	- Dach; gasförmigem Bereich ausgesetzt	- Zylinder	Biogasreaktor für landwirtschaftlichen Abfall	Industrielle(r) Abwasserprozess/-behandlung	Industrietanks mit Belüftungsprozessen	Aggressive chemische Industrieabwässer/Hochtemperaturanwendungen			
ISO 28706-2: 2017, Abschnitt 14	Beständigkeit gegen chemische Korrosion durch kochendes destilliertes oder entmineralisiertes Wasser	Max. Masseverlust nach 48 h	Jährlich																									
		5 g/m <sup>2</sup>		•	•		•	•					•															
	Flüssigphase	2,5 g/m <sup>2</sup>				•					•			•	•										•	•		
		1 g/m <sup>2</sup>																										•
	Dampfförmige Phase	7,5 g/m <sup>2</sup>						•				•			•	•												
		5 g/m <sup>2</sup>																									•	
		2,5 g/m <sup>2</sup>																										•





Tabelle 2 (fortgesetzt)

Leitlinien für die Anwendung			
Prüfverfahren	Eigenschaft	Mindest-Qualitätsanforderung	Mindest-inspektionshäufigkeit
			Trinkwasser (NSF/ANSI/CAN 61) [13]
			Trinkwasser (nach DWI, Vorschrift 31) [12]
			Bohrloch-, Brack-, Meerwasser
			Niederschlags-/Löschwasser
			Filterbehälter
			Speicherung von kommunalem Abwasserschlämm
			- Dach; gasförmigem Bereich ausgesetzt
			- Zylinder
			Behandlung von kommunalem Abwasserschlämm
			Flüssiges Sickerwasser
			- Dach; gasförmigem Bereich ausgesetzt
			- Zylinder
			Kommunaler mesophiler Faulbehälter
			- Dach; gasförmigem Bereich ausgesetzt
			- Zylinder
			Thermophiler Abwasserschlämmfaulbehälter
			- Dach; gasförmigem Bereich ausgesetzt
			- Zylinder
			Biogasreaktor für landwirtschaftlichen Abfall
			Industrielle(r) Abwasserprozess/-behandlung
			Industrietanks mit Belüftungsprozessen
			Aggressive chemische Industrieabwässer/Hochtemperaturanwendungen

**Legende**

dunkel schattiert nicht maßgebliche oder nicht anwendbare Felder

- zu erfüllende Anforderungen

Bezüglich der Eignung für besondere Anwendungen wird der Lieferant konsultiert. Bei allen Anwendungen werden die Konzentration und die Temperatur der gespeicherten Flüssigkeit berücksichtigt.



Tabelle 3 (fortgesetzt)

Leitlinien für die Anwendung				Trinkwasser (NSF/ANSI/CAN 61)	Trinkwasser (nach DWI, Vorschrift 31)	Bohrloch-, Brack-, Meerwasser	Niederschlags-/Löschwasser	Filterbehälter	Speicherung von kommunalem Abwasserschlam	- Dach; gasförmigem Bereich ausgesetzt	- Zylinder	Behandlung von kommunalem Abwasserschlam	Flüssiges Sickerwasser	- Dach; gasförmigem Bereich ausgesetzt	- Zylinder	Kommunaler mesophiler Faulbehälter	- Dach; gasförmigem Bereich ausgesetzt	- Zylinder	Thermophiler Abwasserschlamfaulbehälter	- Dach; gasförmigem Bereich ausgesetzt	- Zylinder	Biogasreaktor für landwirtschaftlichen Abfall	Industrielle(r) Abwasserprozess/-behandlung	Industrietanks mit Belüftungsprozessen	Aggressive chemische Industrieabwässer/Hochtemperaturanwendungen		
Prüfung	Spezifikation	Mindestinspektionshäufigkeit	Inspektionsverfahren																								
Defekte – Innenfläche	Fehlstellenfrei	Häufigkeit nach ISO 2859-1 festgelegt	ISO 8289-1: 2020, Verfahren A																								
		Jede Platte	ISO 2746: 2015, Prüfung A, Prüfspannung 700 V		•	•	•	•	•						•												
			ISO 2746: 2015, Prüfung A, Prüfspannung 1 100 V				•					•			•									•			
			ISO 2746: 2015, Prüfung A, Prüfspannung 1 500 V														•								•		
			ISO 2746: 2015, Prüfung A, Prüfspannung 2 000 V																							•	

**Tabelle 3 (fortgesetzt)**

Leitlinien für die Anwendung																									
Prüfung	Spezifikation	Mindestinspektionshäufigkeit	Inspektionsverfahren	Trinkwasser (NSF/ANSI/CAN 61)	Trinkwasser (nach DWI, Vorschrift 31)	Bohrloch-, Brack-, Meerwasser	Niederschlags-/Löschwasser	Filterbehälter	Speicherung von kommunalem Abwasserschlam	- Dach; gasförmigem Bereich ausgesetzt	- Zylinder	Behandlung von kommunalem Abwasserschlam	Flüssiges Sickerwasser	- Dach; gasförmigem Bereich ausgesetzt	- Zylinder	Kommunaler mesophiler Faulbehälter	- Dach; gasförmigem Bereich ausgesetzt	- Zylinder	Thermophiler Abwasserschlamfaulbehälter	- Dach; gasförmigem Bereich ausgesetzt	- Zylinder	Biogasreaktor für landwirtschaftlichen Abfall	Industrielle(r) Abwasserprozess/-behandlung	Industrietanks mit Belüftungsprozessen	Aggressive chemische Industrieabwässer/Hochtemperaturanwendungen
Defekte – Außenfläche	Max. visuell erkennbare Fehlstellen-größe 1 mm	Jede Platte	Sichtprüfung <sup>a</sup>	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•		•	•		•	•		•	•	•
	Max. 3 visuell erkennbare Fehlstellen je m <sup>2</sup> der Gesamtfläche der Platte	Jede Platte	Sichtprüfung <sup>a</sup>	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•		•	•		•	•		•	•	•
Farbe – Außenfläche	Farbe und Farbtoleranzen müssen zwischen den Vertragspartnern vereinbart werden	Häufigkeit nach ISO 2859-1 festgelegt	Inspektion mit einem Farbkomparator; vor Herstellung durch den Emallierer genehmigt	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•		•	•		•	•		•	•	•

Tabelle 3 (fortgesetzt)

Leitlinien für die Anwendung			
Prüfung	Spezifikation	Mindestinspektionshäufigkeit	Inspektionsverfahren
			Trinkwasser (NSF/ANSI/CAN 61)
			Trinkwasser (nach DWI, Vorschrift 31)
			Bohrloch-, Brack-, Meerwasser
			Niederschlags-/Löschwasser
			Filterbehälter
			Speicherung von kommunalem Abwasserschlam
			- Dach; gasförmigem Bereich ausgesetzt
			- Zylinder
			Behandlung von kommunalem Abwasserschlam
			Flüssiges Sickerwasser
			- Dach; gasförmigem Bereich ausgesetzt
			- Zylinder
			Kommunaler mesophiler Faulbehälter
			- Dach; gasförmigem Bereich ausgesetzt
			- Zylinder
			Thermophiler Abwasserschlamfaulbehälter
			- Dach; gasförmigem Bereich ausgesetzt
			- Zylinder
			Biogasreaktor für landwirtschaftlichen Abfall
			Industrielle(r) Abwasserprozess/-behandlung
			Industrietanks mit Belüftungsprozessen
			Aggressive chemische Industrieabwässer/Hochtemperaturanwendungen

**Legende**  
 dunkel schattiert nicht maßgebliche oder nicht anwendbare Felder

- durchzuführende Prüfungen

Bezüglich der Eignung für besondere Anwendungen wird der Lieferant konsultiert. Bei allen Anwendungen werden die Konzentration und die Temperatur der gespeicherten Flüssigkeit berücksichtigt.

<sup>a</sup> Bei Vereinbarung zwischen den Vertragspartnern ist es zulässig, Defekte mit einem Werkstoff zu reparieren, der vom Emaillierer für den vorgesehenen Verwendungszweck zugelassen ist und nach den Festlegungen des Reparaturwerkstoff-Herstellers aufgebracht wird. Jede Nachbesserung von Defekten sollte eine ähnliche Auslegungslbensdauer wie die ursprüngliche Beschichtung aufweisen.

## 10.4 Schutz während des Transports

Bleche müssen durch geeignete Membrane voneinander getrennt verpackt werden. Zu ihrem Schutz vor Beschädigung während des Transports müssen die verpackten Bleche mit einer geeigneten wasserfesten Abdeckung versehen werden, die so befestigt ist, dass die Kanten der Bleche geschützt werden.

## 10.5 Instandhaltung

Der Behälterhersteller muss eine Dokumentation bereitstellen, die die Verfahren für Inspektion, Instandhaltung und Nachbesserung der Emailschiicht beschreibt.

Die Inspektion, Instandhaltung und Nachbesserung der Emailschiicht müssen nach der bereitgestellten Dokumentation durchgeführt werden, um sicherzustellen, dass die Auslegungslbensdauer nicht beeinträchtigt wird.

Alle Inspektionen, Instandhaltungsarbeiten und Nachbesserungen müssen nach anwendbaren sicheren Arbeitsverfahren durchgeführt werden.

## 11 Montage

### 11.1 Allgemeine Informationen

Der Behälterhersteller muss Leitlinien für den Aufbau des Behälters bereitstellen, und der Behälter muss nach diesen Leitlinien aufgebaut werden.

Während der Montage müssen sichere Arbeitsverfahren angewendet werden.

Der Aufbau muss durch geeignetes Fachpersonal erfolgen, das über Kenntnisse und Erfahrungen im Aufbau von verschraubten Behältern verfügt.

Dichtwerkstoff muss zum Abdichten von Überlappstößen, Schraubverbindungen, Blechkanten und Verbindungsstellen des Behälters zum Fundament eingesetzt werden. Es dürfen ausschließlich für die Anwendung geeignete und vom Hersteller gelieferte oder empfohlene Dichtwerkstoffe verwendet werden. Der Dichtwerkstoff muss bis zu einer gummiähnlichen Konsistenz aushärten und sehr gut auf der Emailschiicht haften, eine geringe Schrumpfung aufweisen und für die Innen- und Außenanwendung geeignet sein.

Es ist unerlässlich, dass die Behälterkonstruktion(en) nach den Leitlinien des Behälterherstellers gebaut wird (werden), um die Erwartungen an die Auslegungslbensdauer und Lebensdauer zu erfüllen.

**ANMERKUNG** Eine geeignete Abdichtung liegt vor, wenn sie die Schraubverbindung angemessen schützt und flexibel ist, während sie chemisch aushärtet, um eine homogene Barriere bilden.

### 11.2 Fundamente

Sofern vom Lieferanten nicht anders festgelegt, müssen Auslegung und Errichtung des Fundamentes nach den geltenden Normen ausgeführt werden. Der Auftraggeber muss dem Konstrukteur des Fundamentes Einzelheiten zur Baustelle und zu den Bodenbedingungen zur Verfügung stellen.

Es ist unerlässlich, dass die Behälterkonstruktion(en) auf angemessen ausgelegten, gebauten und verifizierten bauseitigen Fundamenten montiert wird (werden). Unabhängig davon, ob es sich um ein neues oder ein bestehendes Fundament handelt, besteht die Anforderung, sicherzustellen, dass die Bodenverhältnisse und Bauplanungen für die von der (den) Behälterkonstruktion(en) aufbrachten Lasten geeignet sind.

### **11.3 Inspektion der Emailsicht auf der Baustelle**

Nach der Montage des Behälters wird die Verwendung eines Niedrigspannungs-Prüfgerätes mit feuchtem Schwamm an der Innenfläche des Blechs empfohlen. Das Prüfgerät und die Prüfdurchführung müssen vom Emaillierer genehmigt sein.

## **12 Desinfektion**

Eine Desinfektion muss nach den zwischen den Vertragspartnern vereinbarten Verfahren erfolgen.

Es ist unerlässlich, dass die Behälterkonstruktion(en) nach den Leitlinien des Behälterherstellers desinfiziert wird (werden), um sicherzustellen, dass die Emailsicht und der Dichtwerkstoff in keiner Weise beeinträchtigt werden.

## Literaturhinweise

- [1] ISO 9001, *Quality management systems — Requirements*
- [2] EN 1993-1-6, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-6: Festigkeit und Stabilität von Schalen*
- [3] EN 1993-4-1, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 4-1: Silos*
- [4] EN 1993-4-2, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 4-2: Tankbauwerke*
- [5] EN 1998-1, *Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben — Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten*
- [6] EN 10025-1, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 1: Allgemeine technische Lieferbedingungen*
- [7] EN 10111, *Kontinuierlich warmgewalztes Band und Blech aus weichen Stählen zum Kaltumformen — Technische Lieferbedingungen*
- [8] EN 10149-1, *Warmgewalzte Flacherzeugnisse aus Stählen mit hoher Streckgrenze zum Kaltumformen — Teil 1: Allgemeine technische Lieferbedingungen*
- [9] ASTM A 1011, *Standard Specification for Steel, Sheet and Strip, Hot-Rolled, Carbon, Structural, High-Strength Low-Alloy, High-Strength Low-Alloy with Improved Formability, and Ultra-High Strength*
- [10] 1997 Uniform Building Code, International Conference of Building Officials, International Code Council Inc., USA (<https://www.iccsafe.org/>)
- [11] International Building Code, International Code Council Inc., USA
- [12] Regulation 31(4)(A) of The Water Supply (Water Quality) Regulations 2016
- [13] NSF/ANSI/CAN 61: *Drinking Water System Components – Health Effects*