

DIN EN ISO 28765



ICS 25.220.50

Entwurf

Einsprüche bis 2022-03-14
Vorgesehen als 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 Abwasserschläm (ISO/DIS 28765:2022);
Deutsche und Englische Fassung prEN 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/DIS 28765:2022);

German and English version prEN 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/DIS 28765:2022);

Version allemande et anglaise prEN ISO 28765:2022

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2022-01-14 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nmp@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP), 10772 Berlin oder Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 75 Seiten

DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 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).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

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 4528	siehe	DIN EN ISO 4528
ISO 4532	siehe	DIN ISO 4532
ISO 6370-2	siehe	DIN EN ISO 6370-2
ISO 8289-1:2020	siehe	DIN EN ISO 8289-1:2020-06
ISO 9001	siehe	DIN EN ISO 9001
EN 10111	siehe	DIN EN ISO 10111
EN 10209:2013	siehe	DIN EN ISO 10209:2012-11
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) 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) Abschnitt 2 „Normative Verweisungen“ aktualisiert;
- c) technische Änderungen;
- d) Abschnitt 3 „Begriffe“ wurde überarbeitet;
- e) Literaturhinweise aktualisiert;
- f) Norm redaktionell überarbeitet.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

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

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

DIN EN ISO 4528, *Emails und Emaillierungen — Leitlinie zur Auswahl von Prüfverfahren für emaillierte Flächen von Erzeugnissen*

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

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

DIN EN ISO 9001, *Qualitätsmanagementsysteme — Anforderungen*

DIN EN ISO 10111, *Metallische und andere anorganische Schichten — Messung der flächenbezogenen Masse — Übersicht über gravimetrische und chemische Analyseverfahren*

DIN EN ISO 10209:2012-11, *Technische Produktdokumentation — Vokabular — Begriffe für technische Zeichnungen, Produktdefinition und verwandte Dokumentation (ISO 10209:2012); Dreisprachige Fassung EN ISO 10209:2012*

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

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 — (ISO 2859-1:1999_+_Cor.1:2001_+_Amd.1:2011)

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

**Emails und Emaillierungen – Gestaltung von verschraubten Stahlbehältern für die
Speicherung oder Behandlung von Wasser oder kommunalen und industriellen
Abwässern und Abwasserschläm (ISO/DIS 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/DIS 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/DIS 28765:2022)

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Vorwort	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	8
4 Symbole und Abkürzungen	9
5 Einheiten	10
6 Zu vereinbarende und zu dokumentierende Angaben und Anforderungen	11
6.1 Allgemeines	11
6.2 Vom Käufer zu liefernde Angaben	11
6.3 Vom Konstrukteur zu liefernde Angaben	12
7 Anwendbare Normen	12
8 Lasten	13
8.1 Allgemeines	13
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	14
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	15
8.6 Zugang	15
8.7 Umwelt	15
8.7.1 Allgemeines	15
8.7.2 Erdbebeneinwirkungen	15
8.7.3 Wind	16
8.7.4 Schnee	16
8.7.5 Eis	16
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 Eintrittstrom-Eigenschaften	24
10	Emallierung	24
10.1	Email	24
10.2	Emailschicht	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	40
10.5	Instandhaltung	40
11	Montage	40
11.1	Allgemeine Leitlinien	40
11.2	Fundamente	40
11.3	Inspektion der Emailschicht auf der Baustelle	41
12	Desinfektion	41
	Literaturhinweise	42

Tabellen

Tabelle 1 — Lastfaktoren	17
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 Abwasserschlämm	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 Abwasserschlämm	35

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 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.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN ISO 28765:2016 ersetzen.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 28765:2022 wurde von CEN als prEN ISO 28765:2022 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

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.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung von Nationalen Normungsorganisationen (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird normalerweise von ISO Technischen Komitees 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 Organisationen, staatlich und nicht staatlich, in Liaison mit ISO, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) bei allen elektrotechnischen Themen 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. Im Besonderen sollten die für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten notwendigen Annahmekriterien beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe 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 empfangenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname wird als Information zum Nutzen der Anwender angegeben und stellt keine Anerkennung dar.

Eine Erläuterung der Bedeutung ISO-spezifischer Benennungen und Ausdrücke, die sich auf Konformitätsbewertung beziehen, sowie Informationen über die Beachtung der Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO) zu technischen Handelshemmnissen (TBT, en: Technical Barriers to Trade) durch ISO enthält der folgende Link: Foreword — Supplementary information.

Das für dieses Dokument verantwortliche Komitee ist ISO/TC 107, *Metallic and other inorganic coatings*.

Diese zweite Ausgabe ersetzt die erste Ausgabe (ISO 28765:2008), die technisch überarbeitet wurde.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm führt die Anforderungen an Gestaltung und Gebrauch von emailbeschichteten, verschraubten, zylindrischen Stahlbehältern für die Speicherung oder Behandlung von Wasser oder kommunalen oder industriellen Abwässern und Abwasserschlämme ein.

Sie gilt für die Gestaltung des Behälters und jeglichen zugehörigen Dachs und liefert Leitlinien für die Anforderungen an die Gestaltung des Fundamentes.

Sie gilt, wenn:

- a) der Behälter zylindrisch und auf einer beanspruchungsfähigen Grundplatte befestigt ist, die sich im Wesentlichen auf Bodenhöhe 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 des Behälters 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 darf;
- 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 Behälterwand im Wesentlichen eben ist; der Behälterboden eine Neigung haben darf, 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) für die Herstellung der Stahlbleche Kohlenstoffstahl verwendet wird (Behälter aus Blechen aus Aluminium oder nichtrostendem Stahl fallen nicht in den Anwendungsbereich dieser Internationalen Norm);
- k) die Temperatur der Behälterwand im Einsatz bei allen Betriebsbedingungen innerhalb des Bereiches von -50 °C bis +100 °C liegt.

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

Sie gilt nicht für chemische Reaktionsbehälter.

Sie 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 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 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 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*

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

EN 15771, *Emails und Emaillierungen — Bestimmung der Ritzhärte nach Mohs*

EN 1993-1-6, *Eurocode 3 — Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-6: Festigkeit und Stabilität von Schalen*

EN 1993-4-1, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 4-1: Silos*

EN 1993-4-2, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 4-2: Tankbauwerke*

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 bereitzustellenden Ressourcen, die projektbezogenen Einzelheiten sowie alle geltenden Gestaltungsanforderungen enthält, innerhalb deren die nachfolgenden Einweisungen (bei Bedarf) und die Gestaltung erfolgen können

3.2

Auftraggeber

Person oder Organisation, für die ein Behälter bereitgestellt, geändert oder erweitert werden muss und die dafür verantwortlich ist, dass der Auftrag erteilt und genehmigt wird

3.3

Defekt

alle 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

Auslegungslbensdauer

vom Konstrukteur geplante Lebensdauer

3.6

fehlstellenfrei

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

3.7

Emaillieferant

Person oder Organisation, die Materialien liefert, die vom Emaillierer im Emaillierprozess verwendet werden

3.8

freie Höhe

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

3.9

Druck im Gasraum

Druck oberhalb der Oberfläche der gespeicherten Flüssigkeit in einem Behälter 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 eines Behälters, 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 oder Teile davon herstellt

3.14

Käufer

Person oder Organisation, die den Behälter vom Lieferanten käuflich erwirbt

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Käufer kann auch der Auftraggeber sein.

3.15

Nachbesserung

Rückversetzung eines Behälters 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 oder Teile davon liefert

3.17

Lebensdauer

Zeitspanne nach der Montage, innerhalb der der Behälter oder dessen Teile die Leistungsanforderungen erfüllen oder übertreffen

3.18

Behälter

zylindrischer senkrechter Mantel mit oder ohne Dach für die Aufnahme von Flüssigkeiten, 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 darf

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 mit dem Hersteller identisch.

4 Symbole und Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Symbole und Abkürzungen.

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_n	statischer Flüssigkeitsdruck in festgelegter Tiefe
p_h	Druck im Gasraum
r	Behälterradius
$q_{r,cr}$	kritischer äußerer Beuldruck
$q_{w,max}$	maximaler Staudruck durch Wind
w	Anteil gelöster Feststoffe im Abwasserschamm
t	Dicke der Platte des Mantels
ν	Poissonzahl
γ	Teillastfaktor
ρ	relative Dichte einer Flüssigkeit
σ	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) Abwasserschamm
w	(Index für) Wind
z	(Index für) in Richtung der Mittelachse der Rotationsschale
φ	(Index für) in Richtung der Radialachse der Rotationsschale

5 Einheiten

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

—	Maße:	m, mm
—	spezifisches Gewicht:	kN/m ³ , N/mm ³
—	Kräfte und Lasten:	kN, N
—	Linienkräfte und Linienlasten:	kN/m, N/mm
—	Drücke und Flächenlasten:	kPa, MPa
—	spezifische Masse (Dichte):	kg/m ³ , kg/mm ³
—	Beschleunigung:	km/s ² , m/s ²
—	Membranspannungsresultanten (Membranschnittgrößen):	kN/m, N/mm

—	Biegespannungsergebnisse (Biegeschnittgrößen):	kNm/m, Nmm/mm
—	Spannungen und Elastizitätsmodul:	kPa, MPa (1 MPa = 1 N/mm ²)

6 Zu vereinbarende und zu dokumentierende Angaben und Anforderungen

6.1 Allgemeines

Für die sichere Gestaltung und Herstellung des Behälters und der zugehörigen Teile muss 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 umfasst:

- a) Die Spezifikation der gespeicherten Flüssigkeit muss unter anderem die folgenden Angaben enthalten:
 - 1) Bezeichnung und/oder Beschreibung der Flüssigkeit;
 - 2) die relative Dichte;
 - 3) alle wesentlichen Eigenschaften oder Merkmale, speziell für die gespeicherte Flüssigkeit;
 - 4) Betriebstemperaturbereich.
- b) Die Spezifikation zu den Umgebungsbedingungen muss unter anderem die folgenden Angaben enthalten:
 - 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 und 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 für die relative Dichte 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 dieser Internationalen Norm festgelegten Maßnahmen müssen im Rahmen eines angemessenen Qualitätsmanagementsystems durchgeführt werden. Ein Qualitätsmanagementsystem in Übereinstimmung mit ISO 9001 [2] wird als dieser Anforderung entsprechend erachtet.

Der Konstrukteur und Auftraggeber müssen sich in Absprache miteinander auf die für die Konstruktion zutreffenden Normen einigen. Enthält diese Internationale Norm 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 gestaltet werden.

8.2 Inhalte

8.2.1 Allgemeines

Die durch die Flüssigkeit aufgetragenen 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 Abwasserschlämme und sind keine verlässlichen oder gemessenen Daten verfügbar, darf der Wert für die relative Dichte des Abwasserschlamms, ρ_s , durch einfache Verhältnisrechnung nach Gleichung (1) geschätzt werden:

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

Dabei ist

ρ_{ds} 1,9 bei kommunalem Abwasserschlämme.

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 Schwapfbewegung, 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, ist nach Gleichung (2) zu bestimmen:

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

8.2.4 Auf die Behälterwand wirkende Axialkräfte

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

- a) die Eigenmasse 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 Eigenmasse muss als die Gesamtmasse 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 und radial wirkende Kräfte (Kräfte in Plattenebene und Radialkräfte), übertragen durch tragende Dachelemente;
- b) konzentrierte, in der Ebene und radial wirkende Kräfte, 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 jedem am Behälter angebrachten Ausrüstungsgegenstands muss als Masse 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 Erdbebeneinwirkungen

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) Überschwappen des Inhalts;
- d) das Verankerungsverfahren;
- e) dynamisches Bodenverhalten.

Leitlinien für die Bestimmung der Erdbebeneinwirkungen können dem International Building Code, ANSI/AWWAD 103 sowie EN 1998-1 und EN 1998-4 entnommen werden. Bei der Anwendung von ANSI/AWWAD 103 muss die letzte Version, für die Daten zu Erdbebeneinwirkungen für die Baustelle verfügbar sind, verwendet werden. Bei der Anwendung von ANSI/AWWAD 103 außerhalb von Nordamerika dürfen gleichwertige Zonen nach dem Uniform Building Code 1997 [18] 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 Konstruktion 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 [8], EN 10025-1 [7] und EN 10149-1 [9] (einschließlich der Stahlsorten DD 11, S235, S420, S460, S500, S550 und S700) sowie ASTM A 1011 [17] 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 Konstruktion 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 Lastfaktor
	γ
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
Schnee	1,4
Schneelast bei der Bestimmung von Erdbebenlasten	0,2
Schneelast in Kombination mit Erdbebenlast	0,2
Erdbebenlast ^a	1,0
Jede Last, wenn ihre Wirkung den betrachteten Lastfall begünstigt	1,0
^a Erdbebeneinwirkungen brauchen nicht unter Prüfbedingungen berücksichtigt zu werden.	

9.3.2 Behälterwände

9.3.2.1 Allgemeine Gestaltung

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 dieser Internationalen Norm 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, ist nach Gleichung (3) zu bestimmen:

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

9.3.2.4 Erdbeben

Das vom Konstrukteur angewendete Konstruktionsverfahren muss als Mindestanforderung Folgendes berücksichtigen:

- a) hydrodynamische Umfangskräfte;

- b) axiale Manteldruck- und -zugkräfte;
- c) seitliche und senkrechte Verankerungskräfte.

Die erdbebensichere Konstruktion von Behältern muss in Übereinstimmung mit EN 1998-4 oder ANSI/AWWA D 103, Abschnitt 12, sein.

Bei Konstruktion 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 dieser Internationalen Norm 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 ist so zu bemessen, 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 Gestaltung 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 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 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 nach Theorie II. 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) Beulen durch Außendruck;
- b) Umfangsbiegung des Behältermantels durch schwankenden Winddruck;
- c) axialer Zug und Druck des Mantels;
- d) Kippbeständigkeit der Behälterverankerung.

Der Konstrukteur muss die Nähe anderer Behälter und von 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 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 Versteifung und erster Zwischenversteifung (oder, wenn keine Zwischenversteifungen vorhanden sind, zwischen oberster Versteifung und Behälterboden) sowie 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 Versteifung des Mantels so bemessen werden, dass sie ausreichend Halt bietet, um ein Beulen des Behältermantels in Radialrichtung zu verhindern. Die oberste Versteifung des Mantels darf durch sorgfältige Analyse unter Beachtung sowohl des Beulens eines Ringes des Mantels als auch von Biegeeffekten bemessen werden. Bei einer Bemessung der obersten Versteifung des Mantels nach EN 1993-4-1 darf diese Anforderung als erfüllt betrachtet werden.

Alternativ darf das Flächenträgheitsmoment der obersten Versteifung des Mantels, I_z , in m⁴, nach Gleichung (6) bemessen werden: