

DIN EN 1993-4-2

ICS 23.020.10; 91.010.30; 91.080.10

Ersatzvermerk
siehe unten**Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten –
Teil 4-2: Tankbauwerke;
Deutsche Fassung EN 1993-4-2:2007 + AC:2009**

Eurocode 3: Design of steel structures –
Part 4-2: Tanks;
German version EN 1993-4-2:2007 + AC:2009

Eurocode 3: Calcul des structures en acier –
Partie 4-2: Réservoirs;
Version allemande EN 1993-4-2:2007 + AC:2009

Ersatzvermerk

Ersatz für DIN EN 1993-4-2:2007-08 und DIN EN 1993-4-2 Berichtigung 1:2010-05;
teilweiser Ersatz für DIN 4119-1:1979-06 und DIN 4119-2:1980-02

Gesamtumfang 58 Seiten

Normenausschuss Tankanlagen (NATank) im DIN
Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN



Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 1993-4-2:2007 + AC:2009) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird.

Die Arbeiten auf nationaler Ebene wurden durch die Experten des NATank-Spiegelausschusses NA 104-01-05 AA „Oberirdische Flachboden-Tankbauwerke“ begleitet.

Diese Norm wurde vom CEN am 12. Juni 2006 angenommen.

Die Norm ist Bestandteil einer Reihe von Einwirkungs- und Bemessungsnormen, deren Anwendung nur im Paket sinnvoll ist. Dieser Tatsache wird durch das Leitpapier L der Kommission der Europäischen Gemeinschaften für die Anwendung der Eurocodes Rechnung getragen, in dem Übergangsfristen für die verbindliche Umsetzung der Eurocodes in den Mitgliedstaaten vorgesehen sind. Die Übergangsfristen sind im Vorwort dieser Norm angegeben.

Die Anwendung dieser Norm gilt in Deutschland in Verbindung mit dem Nationalen Anhang.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. Das DIN [und/oder die DKE] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Der Beginn und das Ende des hinzugefügten oder geänderten Textes wird im Text durch die Textmarkierungen   angezeigt.

Änderungen

Gegenüber DIN V ENV 1993-4-2:2002-05 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die Stellungnahmen der nationalen Normungsinstitute wurden eingearbeitet;
- b) der Vornormcharakter wurde aufgehoben;
- c) der Text wurde vollständig überarbeitet.

Gegenüber DIN EN 1993-4-2:2007-08, DIN EN 1993-4-2 Berichtigung 1:2010-05, DIN 4119-1:1979-06 und DIN 4119-2:1980-02 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) auf europäisches Bemessungskonzept umgestellt;
- b) Ersatzvermerke korrigiert;
- c) Vorgänger-Norm mit der Berichtigung 1 konsolidiert;
- d) redaktionelle Änderungen durchgeführt.

Frühere Ausgaben

DIN 4119-1: 1961-10, 1979-06
DIN 4119-2: 1961-10, 1980-02
DIN V ENV 1993-4-2: 2002-05
DIN EN 1993-4-2: 2007-08
DIN EN 1993-4-2 Berichtigung 1: 2010-05

Deutsche Fassung

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

Eurocode 3: Design of steel structures —
Part 4-2: Tanks

Eurocode 3: Calcul des structures en acier —
Partie 4-2: Réservoirs

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 12. Juni 2006 angenommen.

Die Berichtigung tritt am 29. Juli 2009 in Kraft und wurde in EN 1993-4-2:2007 eingearbeitet.

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 Management-Zentrum des CEN 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, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



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

Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

© 2009 CEN Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den nationalen Mitgliedern von CEN vorbehalten.

Ref. Nr. EN 1993-4-2:2007 + AC:2009 D

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
1 Allgemeines	8
1.1 Anwendungsbereich	8
1.2 Normative Verweisungen	9
1.3 Annahmen	10
1.4 Unterscheidung zwischen verbindlichen Regeln und nicht verbindlichen Regeln	10
1.5 Begriffe	10
1.6 In Teil 4-2 von Eurocode 3 verwendete Symbole	13
1.7 Vorzeichenvereinbarungen	15
1.8 Einheiten	21
2 Grundlagen für Entwurf, Berechnung und Bemessung	21
2.1 Anforderungen	21
2.2 Differenzierung der Zuverlässigkeit	21
2.3 Grenzzustände	22
2.4 Einwirkungen und Umgebungseinflüsse	22
2.5 Werkstoffeigenschaften	22
2.6 Geometrische Größen	22
2.7 Modellierung des Tankbauwerks zur Bestimmung der Effekte der Einwirkungen	22
2.8 Versuchsgestützte Bemessung	22
2.9 Effekte der Einwirkungen für Nachweise der Grenzzustände	22
2.10 Einwirkungskombinationen	24
2.11 Dauerhaftigkeit	24
3 Werkstoffeigenschaften	24
3.1 Allgemeines	24
3.2 Baustähle	25
3.3 Druckbehälterstähle	25
3.4 Nichtrostende Stähle	25
3.5 Zähigkeitsanforderungen	25
4 Grundlagen der Tragwerksberechnung	26
4.1 Grenzzustände der Tragfähigkeit	26
4.2 Tragwerksberechnung eines kreisförmigen Tanks	27
4.3 Tragwerksberechnung eines ebenwandigen, rechteckigen Tanks	28
4.4 Gleichwertige orthotrope Eigenschaften von Wellprofilen	30
5 Bemessung von zylindrischen Wänden	30
5.1 Grundlagen	30
5.2 Unterscheidung zylindrischer Schalenformen	30
5.3 Widerstand der Schalenwand des Tanks	31
5.4 Betrachtungen für Unterstützungen und Öffnungen	31
5.5 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit	35
6 Bemessung von Auslaufrichtern	35
7 Bemessung kreisförmiger Dachtragwerke	35
7.1 Grundlagen	35
7.2 Unterscheidung von Dachtragwerksformen	35
7.3 Widerstand von kreisförmigen Dächern	36
7.4 Betrachtungen für individuelle Tragwerksformen	36
7.5 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit	37
8 Bemessung von Übergängen am unteren Rand des Mantels und unterstützenden Ringträgern	37

9	Bemessung rechteckiger und ebenwandiger Tanks	37
9.1	Grundlagen	37
9.2	Unterscheidung der Tragwerksformen	38
9.3	Widerstand vertikaler Wände	38
9.4	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit	39
10	Anforderungen an die Herstellung, Ausführung und Montage von Seiten der Bemessung.....	39
11	Vereinfachte Bemessung	39
11.1	Allgemeines	39
11.2	Bemessung des Festdaches	40
11.3	Bemessung des Mantels	46
11.4	Bemessung des Bodens.....	50
11.5	Bemessung der Verankerung	52
Anhang A (normativ)	Einwirkungen auf Tankbauwerke	54
A.1	Allgemeines	54
A.2	Einwirkungen	54

Vorwort

Diese Europäische Norm (EN 1993-4-2:2007 + AC:2009),  *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 4-2: Tankbauwerke*  wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird. CEN/TC 250 ist für alle Eurocodes des konstruktiven Ingenieurbaus zuständig.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis August 2007, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis März 2010 zurückgezogen werden.

Dieses Dokument ersetzt ENV 1993-4-2:1999.

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

Hintergrund des Eurocode-Programms

Im Jahre 1975 beschloss die Kommission der Europäischen Gemeinschaften, für das Bauwesen ein Aktionsprogramm auf der Grundlage des Artikels 95 der Römischen Verträge durchzuführen. Die Ziele dieses Programms waren die Beseitigung technischer Handelshemmnisse und die Harmonisierung technischer Spezifikationen.

Im Rahmen dieses Aktionsprogramms leitete die Kommission die Bearbeitung von harmonisierten technischen Regelwerken für die Tragwerksplanung von Bauwerken ein, die im ersten Schritt als Alternative zu den in den Mitgliedsländern geltenden Regeln dienen und diese schließlich ersetzen sollten.

15 Jahre lang leitete die Kommission mit Hilfe eines Lenkungsausschusses mit Vertretern der Mitgliedsländer die Entwicklung des Eurocode-Programms, das in den 80er Jahren des zwanzigsten Jahrhunderts zu der ersten Eurocode-Generation führte.

Im Jahre 1989 entschieden sich die Kommission und die Mitgliedsländer der Europäischen Union und der EFTA, die Entwicklung und Veröffentlichung der Eurocodes über eine Reihe von Mandaten an CEN zu übertragen, damit diese den Status von Europäischen Normen (EN) erhielten. Grundlage war eine Vereinbarung¹⁾ zwischen der Kommission und CEN. Dieser Schritt verknüpft die Eurocodes de facto mit den Regelungen der Richtlinien des Rates und mit den Kommissionsentscheidungen, die die Europäischen Normen behandeln (z. B. die Richtlinie des Rates 89/106/EWG zu Bauprodukten (Bauproduktenrichtlinie), die Richtlinien des Rates 93/37/EWG, 92/50/EWG und 89/440/EWG zur Vergabe öffentlicher Aufträge und Dienstleistungen und die entsprechenden EFTA-Richtlinien, die zur Einrichtung des Binnenmarktes eingeführt wurden).

Das Programm der Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau umfasst die folgenden Normen, die in der Regel aus mehreren Teilen bestehen:

EN 1990, *Eurocode 0: Grundlagen der Tragwerksplanung*

EN 1991, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke*

¹⁾ Vereinbarung zwischen der Kommission der Europäischen Gemeinschaften und dem Europäischen Komitee für Normung (CEN) zur Bearbeitung der EUROCODES für die Tragwerksplanung von Hochbauten und Ingenieurbauwerken (BC/CEN/03/89).

EN 1992, *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken*
EN 1993, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten*
EN 1994, *Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton*
EN 1995, *Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten*
EN 1996, *Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten*
EN 1997, *Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik*
EN 1998, *Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben*
EN 1999, *Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumbauten*

Die EN-Eurocodes berücksichtigen die Verantwortlichkeit der Bauaufsichtsorgane in den Mitgliedsländern und haben deren Recht zur nationalen Festlegung sicherheitsbezogener Werte berücksichtigt, so dass diese Werte von Land zu Land unterschiedlich bleiben können.

Status und Gültigkeitsbereich der Eurocodes

Die Mitgliedsländer der EU und EFTA betrachten die Eurocodes als Bezugsdokumente für folgende Zwecke:

- als Mittel zum Nachweis der Übereinstimmung der Hoch- und Ingenieurbauten mit den wesentlichen Anforderungen der Richtlinie 89/106/EWG, besonders mit der wesentlichen Anforderung Nr 1: Mechanische Festigkeit und Standsicherheit und der wesentlichen Anforderung Nr 2: Brandschutz;
- als Grundlage für die Spezifizierung von Verträgen für die Ausführung von Bauwerken und dazu erforderlichen Ingenieurleistungen;
- als Rahmenbedingung für die Erstellung harmonisierter Technischer Spezifikationen für Bauprodukte (ENs und ETAs).

Die Eurocodes haben, soweit sie sich auf die Bauwerke selbst beziehen, eine direkte Verbindung zu den Grundlagendokumenten²⁾, auf die in Artikel 12 der Bauproduktenrichtlinie hingewiesen wird, wenn sie auch anderer Art sind als die harmonisierten Produktnormen³⁾. Daher sind technische Gesichtspunkte, die sich aus den Eurocodes ergeben, von den Technischen Komitees des CEN und/oder den Arbeitsgruppen von EOTA, die an Produktnormen arbeiten, zu beachten, damit diese Technischen Spezifikationen mit den Eurocodes vollständig kompatibel sind.

Die Eurocodes liefern Regelungen für den Entwurf, die Berechnung und die Bemessung von kompletten Tragwerken und Bauteilen, die sich für die tägliche Anwendung eignen. Sie gehen auf traditionelle Bauweisen und Aspekte innovativer Anwendungen ein, liefern aber keine vollständigen Regelungen für ungewöhnliche Baulösungen und Entwurfsbedingungen. Für diese Fälle können zusätzliche Spezialkenntnisse für den Bauplaner erforderlich sein.

2) Nach Artikel 3.3 der Bauproduktenrichtlinie sind die wesentlichen Anforderungen in Grundlagendokumenten zu konkretisieren, um damit die notwendigen Verbindungen zwischen den wesentlichen Anforderungen und den Mandaten für die Erstellung harmonisierter Europäischer Normen und ETAGs/ETAs zu schaffen.

3) Nach Artikel 12 der Bauproduktenrichtlinie muss das Grundlagendokument:

- a) die wesentlichen Anforderungen konkretisieren, indem die Begriffe und die technischen Grundlagen harmonisiert und, falls erforderlich, für jede Anforderung Klassen oder Stufen angegeben werden;
- b) Verfahren zur Verbindung dieser Klassen oder Stufen mit den Technischen Spezifikationen angeben, z. B. Berechnungs- oder Prüfverfahren, Entwurfsregeln usw.;
- c) als Bezugsdokument für die Erstellung harmonisierter Normen und Richtlinien für Europäische Technische Zulassungen dienen.

Die Eurocodes spielen de facto eine ähnliche Rolle für die wesentliche Anforderung Nr 1 und einen Teil der wesentlichen Anforderung Nr 2.

Nationale Fassungen der Eurocodes

Die Nationale Fassung eines Eurocodes enthält den vollständigen Text des Eurocodes (einschließlich aller Anhänge), so wie von CEN veröffentlicht, möglicherweise mit einer nationalen Titelseite und einem nationalen Vorwort sowie einem Nationalen Anhang.

Der Nationale Anhang darf nur Angaben zu den Parametern enthalten, die im Eurocode für nationale Entscheidungen offen gelassen wurden; diese national festzulegenden Parameter (en: Nationally Determined Parameters; NDP) gelten für die Tragwerksplanung von Hoch- und Ingenieurbauten in dem Land, in dem sie erstellt werden. Dazu gehören:

- Zahlenwerte und/oder Klassen, wo die Eurocodes Alternativen eröffnen;
- zu verwendende Zahlenwerte, wo die Eurocodes nur Symbole angeben;
- landesspezifische Daten (geographische, klimatische usw.), z. B. Schneekarten;
- die Vorgehensweise, wenn die Eurocodes mehrere Verfahren zur Wahl anbieten.

Darüber hinaus kann er Folgendes enthalten:

- Vorschriften zur Verwendung der informativen Anhänge,
- Hinweise zur Anwendung der Eurocodes, soweit diese die Eurocodes ergänzen und ihnen nicht widersprechen.

Verbindungen zwischen den Eurocodes und den harmonisierten Technischen Spezifikationen für Bauprodukte (ENs und ETAs)

Es besteht die Notwendigkeit, dass die harmonisierten Technischen Spezifikationen für Bauprodukte und die technischen Regelungen für die Tragwerksplanung⁴⁾ konsistent sind. Insbesondere sollten alle Hinweise, die mit der CE-Kennzeichnung von Bauprodukten verbunden sind und die die Eurocodes in Bezug nehmen, klar erkennen lassen, welche national festzulegenden Parameter (NDP) zu Grunde liegen.

Zusätzliche Informationen zu EN 1993-4-2

EN 1993-4-2 enthält Hinweise für die Tragwerksplanung von Tankbauwerken.

EN 1993-4-2 enthält Bemessungs- und Konstruktionsregeln, die die allgemeinen Regeln in den verschiedenen Teilen von EN 1993-1 ergänzen.

EN 1993-4-2 ist für die Anwendung durch Bauherren, Tragwerksplaner, Auftragnehmer und zuständige Behörden vorgesehen.

EN 1993-4-2 ist dazu vorgesehen, zusammen mit EN 1990, EN 1991-4 und den anderen Teilen von EN 1991, mit EN 1993-1-6 und EN 1993-4-1 und den anderen Teilen von EN 1993 sowie mit EN 1992 und den anderen Teilen von EN 1994 bis EN 1999 angewendet zu werden, so weit für die Bemessung und Konstruktion von Tankbauwerken maßgeblich. Die in diesen Dokumenten bereits behandelten Aspekte werden nicht wiederholt.

Zahlenwerte für Teilsicherheitsbeiwerte und andere Zuverlässigkeitsparameter werden als Grundwerte empfohlen, die eine annehmbare Zuverlässigkeit sicherstellen. Sie gelten unter der Annahme angemessener handwerklicher Ausführung der Arbeiten und eines geeigneten Qualitätsmanagements.

⁴⁾ Siehe Artikel 3.3 und Artikel 12 der Bauproduktenrichtlinie ebenso wie die Abschnitte 4.2, 4.3.1, 4.3.2 und 5.2 des Grundlagendokuments Nr 1.

Sicherheitsbeiwerte für Tankbauwerke, die ‚Bauprodukte‘ sind (Werksfertigung), dürfen von den zuständigen Behörden festgelegt werden. Bei Anwendung auf Tankbauwerke, die ‚Bauprodukte‘ sind, sind die in 2.10 angegebenen Beiwerte nur Richtwerte. Ihre Angabe dient der Darstellung des geeigneten Niveaus, das für eine mit anderen Bemessungen verträgliche Zuverlässigkeit benötigt wird.

Nationaler Anhang zu EN 1993-4-2

Diese Norm enthält alternative Verfahren, Werte und Empfehlungen zusammen mit Hinweisen, an welchen Stellen möglicherweise nationale Festlegungen getroffen werden müssen. Daher sollte die jeweilige nationale Ausgabe von EN 1993-4-2 einen Nationalen Anhang mit allen national festzulegenden Parametern enthalten, die für die Bemessung und Konstruktion von Hoch- und Ingenieurbauten, die in dem Ausgabeland gebaut werden sollen, erforderlich sind.

Nationale Festlegungen sind in den folgenden Abschnitten von EN 1993-4-2 vorgesehen:

- 2.2 (1)
- 2.2 (3)
- 2.9.2.1 (1) P
- 2.9.2.1 (2) P
- 2.9.2.1 (3) P
- 2.9.2.2 (3) P
- 2.9.3 (2)
- 3.3 (3)
- 4.1.4 (3)
- 4.3.1 (6)
- 4.3.1 (8)

1 Allgemeines

1.1 Anwendungsbereich

(1) Teil 4-2 von Eurocode 3 enthält verbindliche und nicht verbindliche Regeln für die Tragwerksbemessung von vertikalen, zylindrischen $\boxed{\text{AC}}$ und rechteckigen $\boxed{\text{AC}}$, oberirdischen Tankbauwerken aus Stahl zur Lagerung von Flüssigkeiten mit den folgenden Eigenschaften

$\boxed{\text{AC}}$

- a) $\boxed{\text{AC}}$ charakteristischer Wert des Innendruckes oberhalb des Flüssigkeitsspiegels nicht kleiner als -100 mbar und nicht größer als $500 \text{ mbar}^{(5)}$;
- b) Bemessungstemperatur für den Stahl im Bereich von -50 °C bis $+300 \text{ °C}$. Für Tankbauwerke aus austenitischen nichtrostenden Stählen darf die Bemessungstemperatur im Bereich von -165 °C bis $+300 \text{ °C}$ liegen. Für dauerschwingbeanspruchte Tankbauwerke sollte die Temperatur auf $T < 150 \text{ °C}$ begrenzt werden;
- c) Maximalen Auslegungsfüllhöhe nicht über dem oberen Rand des zylindrischen $\boxed{\text{AC}}$ bzw. rechteckigen Tanks $\boxed{\text{AC}}$.

(2) Dieser Teil 4-2 behandelt nur die Anforderungen an Widerstand und Stabilität von Tankbauwerken aus Stahl. Sonstige Auslegungsanforderungen werden für Tankbauwerke bei Umgebungstemperatur in EN 14015 und für Tankbauwerke zur Lagerung tiefkalter Flüssigkeiten in EN 14620 sowie Betrachtungen zur Herstellung und Montage in EN 1090 behandelt. Diese sonstigen Anforderungen schließen Fundamente und Bodensetzung, Herstellung, Montage und Prüfung, Funktion und Details wie Mannlöcher, Flansche und Befüllvorrichtungen ein.

(3) Bestimmungen für die speziellen Anforderungen der Bemessung gegen Erdbeben sind in EN 1998-4 (Eurocode 8 Teil 4 „*Maßnahmen und Bemessungsregeln zur Ermittlung der Erdbebenbeanspruchbarkeit von Tragwerken: Silos, Tankbauwerke und Rohrleitungen*“) angegeben, die spezifisch für diesen Zweck die Bestimmungen von Eurocode 3 ergänzt.

(4) Die Bemessung einer Unterstützungskonstruktion von Tankbauwerken wird in EN 1993-1-1 behandelt.

(5) Die Bemessung einer Dachkonstruktion aus Aluminium für ein Tankbauwerk aus Stahl wird in EN 1999-1-5 behandelt.

(6) Stahlbetonfundamente für Tankbauwerke aus Stahl werden in EN 1992 und EN 1997 behandelt.

(7) Zahlenwerte der spezifischen Einwirkungen, die bei der Bemessung von Tankbauwerken aus Stahl zu berücksichtigen sind, werden in EN 1991-4 „*Einwirkungen auf Silos und Tanks*“ angegeben. Weitere Bestimmungen für Einwirkungen auf Tankbauwerke werden in Anhang A dieses Teils 4-2 von Eurocode 3 angegeben.

(8) Dieser Teil 4-2 gilt nicht für:

- Schwimmdächer und Schwimmdecken;
- Brandschutz (siehe EN 1993-1-2).

(9) Die in dieser Norm behandelten Tankbauwerke mit kreisförmigem Grundriss sind beschränkt auf rotationssymmetrische Tragwerke, die jedoch unsymmetrischen Einwirkungen ausgesetzt und unsymmetrisch unterstützt sein können.

5) Alle Druckangaben bezeichnen Überdrücke in Millibar (mbar), sofern nichts anderes angegeben ist.

1.2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. 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).

EN 1090-2, *Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken — Teil 2: Technische Anforderungen an die Ausführung von Tragwerken aus Stahl*

EN 1990, *Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung*

EN 1991-1-1, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-1: Einwirkungen auf Tragwerke — Wichte, Eigengewicht, und Nutzlasten für Gebäude*

EN 1991-1-2, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-2: Einwirkungen auf Tragwerke — Brandeinwirkungen auf Tragwerke*

EN 1991-1-3, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-3: Einwirkungen auf Tragwerke — Schneelasten*

EN 1991-1-4, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-4: Einwirkungen auf Tragwerke — Windlasten*

EN 1991-4, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 4: Einwirkungen auf Silos und Tanks;*

EN 1992, *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbetonbauten*

EN 1993-1-1, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln — Bemessungsregeln für den Hochbau*

EN 1993-1-3, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-3: Allgemeine Bemessungsregeln — Ergänzende Regeln für kalt geformte dünnwandige Bauteile und Bleche*

EN 1993-1-4, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-4: Allgemeine Bemessungsregeln — Ergänzende Regeln für nicht rostende Stähle*

EN 1993-1-6, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-6: Allgemeine Bemessungsregeln — Ergänzende Regeln für die Tragfähigkeit und Stabilität von Schalentragwerken*

EN 1993-1-7, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-7: Allgemeine Bemessungsregeln — Ergänzende Regeln für die Tragfähigkeit und Stabilität ebener Plattentragwerke mit Querlasten*

EN 1993-1-10, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-10: Stahlsortenauswahl im Hinblick auf Bruchzähigkeit und Eigenschaften in Dickenrichtung*

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

EN 1997, *Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik*

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

EN 1999-1-5, *Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumkonstruktionen — Teil 1.5: Schalentragwerke;*

EN 10025,  Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen 

EN 10028, *Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen*

EN 10088, *Nichtrostende Stähle*

EN 10149-1, *Warmgewalzte Flacherzeugnisse aus Stählen mit hoher Streckgrenze zum Kaltumformen — Teil 1: Allgemeine Lieferbedingungen*

EN 10149-2, *Warmgewalzte Flacherzeugnisse aus Stählen mit hoher Streckgrenze zum Kaltumformen — Teil 2: Lieferbedingungen für thermomechanisch gewalzte Stähle*

EN 10149-3, *Warmgewalzte Flacherzeugnisse aus Stählen mit hoher Streckgrenze zum Kaltumformen — Teil 3: Lieferbedingungen für normalgeglühte oder normalisierend gewalzte Stähle*

EN 13084-7, *Freistehende Schornsteine — Teil 7: Produktfestlegungen für zylindrische Stahlbauteile zur Verwendung in einschaligen Stahlschornsteinen und Innenrohren aus Stahl*

EN 14015, *Auslegung und Herstellung standortgefertigter oberirdischer, stehender, zylindrischer, geschweißter Flachboden-Stahltanks für die Lagerung von Flüssigkeiten bei Umgebungstemperatur und bei höheren Temperaturen*

EN 14620, *Auslegung und Herstellung standortgefertigter stehender, zylindrischer Flachboden-Stahltanks für die Lagerung von tiefkalt verflüssigten Gasen bei Betriebstemperaturen zwischen -5 °C und -165 °C*

ISO 1000, *SI units*

ISO 3898, *Bases for design of structures — Notation — General symbols*

ISO 8930, *General principles on reliability for structures — List of equivalent terms*

1.3 Annahmen

(1) Zusätzlich zu den allgemeinen Annahmen in EN 1990 gilt folgende Annahme:

— Herstellung und Montage stimmen mit der jeweils zutreffenden Norm EN 1090, EN 14015 und EN 14620 überein.

1.4 Unterscheidung zwischen verbindlichen Regeln und nicht verbindlichen Regeln

(1) Siehe EN 1990, 1.4.

1.5 Begriffe

(1) Falls nichts anderes angegeben ist, gelten die in EN 1990, 1.5 für den allgemeinen Gebrauch in den Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau definierten Begriffe und die Begriffe von ISO 8930 auch für diesen Teil 4-2 von EN 1993; ergänzend werden für diesen Teil 4-2 jedoch folgende Begriffe festgelegt:

1.5.1

Schale

ein aus einer gekrümmten dünnen Platte gebildetes Tragwerk.

1.5.2

rotationssymmetrische Schale

ein Schalentragsystem, dessen Geometrie durch die Rotation eines Meridians um eine zentrale Achse definiert ist

1.5.3

Kasten

ein durch den Zusammenbau ebener Bleche zu einer dreidimensionalen geschlossenen Form gebildetes Tragwerk. Ein Kasten im Sinne dieser Norm hat im Allgemeinen in allen Richtungen Abmessungen von gleicher Größenordnung

1.5.4

Meridianrichtung

die Tangente an die Tankwand in jedem Punkt einer Ebene, die durch die Achse des Tanks verläuft. Sie ändert sich mit dem jeweils betrachteten Tragwerksteil

1.5.5

Umfangsrichtung

die horizontale Tangente an die Tankwand in jedem Punkt. Sie ändert sich längs des Tankumfanges, liegt in einer horizontalen Ebene und ist tangential zur Tankwand unabhängig davon, ob der Tank im Grundriss kreisrund oder rechteckig ist

1.5.6

Mittelfläche

dieser Ausdruck bezeichnet sowohl die spannungsfreie Mittelfläche einer Schale unter reiner Biegung als auch die Mittelfläche eines ebenen Bleches, das Teil eines Kastens ist

1.5.7

Abstand zwischen den Steifen

der Mittenabstand zwischen den Längsachsen zweier benachbarter paralleler Steifen

1.5.8

Tank

Ein Tank ist ein Behälter zur Speicherung von Flüssigkeiten. In dieser Vorschrift wird angenommen, dass er prismatisch ist und eine vertikale Achse hat (mit Ausnahme des Tankbodens und des Daches).

1.5.9

Mantel

der Mantel ist die zylindrische Wand des Tanks mit kreisförmigem Grundriss.

1.5.10

Tankwand

Die Bleche, die die vertikalen Wände, Dach oder Auslauftrichter bilden, werden als Tankwand bezeichnet. Diese Bezeichnung beschränkt sich nicht auf die vertikalen Wände.

1.5.11

Schuss

Die zylindrische Wand des Tanks wird durch das Einfügen horizontaler Verbindungen zwischen einer Reihe kurzer zylindrischer Abschnitte hergestellt, von denen jeder durch die Verbindung einzelner gekrümmter Bleche hergestellt wird. Ein kurzer Zylinder ohne horizontale Verbindungen wird als Schuss bezeichnet.

1.5.12

Auslauftrichter

Ein Auslauftrichter ist ein zum Boden des Tanks hin zusammenlaufender Querschnitt. Er wird verwendet, um die Flüssigkeiten zu einem Schwerkraftauslass zu leiten (üblich bei Suspensionen).

1.5.13

Verbindungsstelle

Eine Verbindungsstelle ist der Ort, an dem zwei oder mehr Schalenabschnitte oder ebene Bleche zusammenreffen. Sie kann auch eine Steife einschließen: der Anschluss einer Ringsteife an eine Schale oder einen Kasten darf als Verbindungsstelle betrachtet werden.

1.5.14

Übergang

Der Übergang ist die Verbindungsstelle zwischen vertikaler Wand und Auslauftrichter. Der Übergang kann sich am unteren Ende der vertikalen Wand oder in deren unterem Bereich befinden

1.5.15

Dachecke

Die Dachecke ist die Verbindung der senkrechten Wand mit dem Dach. Mitunter wird sie als Dacheckring bezeichnet, obwohl dieser Sprachgebrauch für Feststoffbehälter gebräuchlicher ist.

1.5.16

Längssteife

Eine Längssteife ist ein örtliches Versteifungsbauteil, das einem Schalenmeridian folgt, welcher eine Erzeugende der Rotationsschale darstellt. Eine Längssteife ist vorgesehen, um entweder die Stabilität zu verbessern oder bei der Einleitung örtlicher Lasten mitzuwirken oder Axiallasten zu tragen. Sie dient nicht primär dazu, die Biegetragfähigkeit für Querlasten zu erhöhen.

1.5.17

Rippe

Eine Rippe ist ein örtliches Bauteil, das eine primäre Biegelastabtragung längs eines Schalen- oder Plattenmeridians ermöglicht, welcher eine Erzeugende der Rotationsschale darstellt, oder eine Vertikalsteife eines Kastens. Eine Rippe wird vorgesehen, um Querlasten mittels Biegung auf das Tragwerk zu verteilen.

1.5.18

Ringsteife

Eine Ringsteife ist ein örtliches Versteifungsbauteil, das an einem bestimmten Punkt auf dem Meridian längs des Tragwerksumfanges verläuft. Es wird angenommen, dass die Ringsteife keine Steifigkeit in der Meridianebene des Tragwerkes hat. Sie wird verwendet, um die Stabilität zu erhöhen oder um Einzellasten einzuleiten, und ist kein Haupttragglied. Bei einer Rotationsschale ist sie ein Kreisring und in rechteckigen Tragwerken hat sie die rechteckige Form des Grundrisses.

1.5.19

Bodenring

ein Bodenring ist ein Tragwerkselement, das der Umfangslinie an der Basis des Tragwerkes folgt und benötigt wird, um die angenommenen Randbedingungen praktisch sicherzustellen

1.5.20

Ringträger oder Ringbalken

Ein Ringträger oder Ringbalken ist ein Versteifungsbauteil in Umfangsrichtung, das sowohl in der Ebene des kreisförmigen oder rechteckigen Tragwerksquerschnittes als auch rechtwinklig dazu biegesteif und biegefest ist. Ein Ringträger oder -balken ist ein Haupttragglied zur Weiterleitung örtlicher Lasten in das Schalen- oder Kastentragwerk.

1.5.21

kontinuierlich unterstützt

Bei einem kontinuierlich unterstützten Tank sind alle Positionen längs des Umfanges in gleicher Weise unterstützt. Kleine Abweichungen von dieser Bedingung (z. B. kleine Öffnungen) beeinflussen die Anwendbarkeit dieser Definition nicht.

1.5.22

diskretes Auflager

[AC] Situation, bei der **[AC]** ein Tank durch eine örtliche Konsole oder Stütze unterstützt ist, mit einer begrenzten Anzahl schmaler Lagerungen längs des Tankumfanges

1.5.23

Auffangtasse

Ein externes Tankbauwerk, das Flüssigkeit aufnimmt, die bedingt durch Undichtheiten oder versehentlich aus dem Haupttank austritt. Eine Auffangtasse wird dann verwendet, wenn der Haupttank giftige oder gefährliche Flüssigkeiten enthält.

1.6 In Teil 4-2 von Eurocode 3 verwendete Symbole

Grundlage der verwendeten Symbole ist ISO 3898:1987.

1.6.1 Lateinische Großbuchstaben

A	Querschnittsfläche
A_1, A_2	Querschnittsfläche von oberem und unterem Flansch des Kronenringes
D	Tankdurchmesser
E	Elastizitätsmodul
H	Höhe des Teils des Tankmantels zum Flüssigkeitsspiegel; größter Bemessungswert der Füllhöhe
H_0	Höhe des Tankmantels
I	Flächenmoment 2. Grades (Trägheitsmoment)
K	Koeffizient für den Beulsicherheitsnachweis
L	Höhe des Mantelabschnittes oder Schublänge der Steife
M	Biegemoment in einem stabförmigen Bauteil
N	Axialkraft in einem stabförmigen Bauteil
N_f	Für Ermüdung relevante Mindestanzahl der Lastwechsel
P	Vertikallast auf einem Dachsparren
R	Krümmungsradius einer nicht zylindrischen Schale
T	Temperatur
W	elastisches Widerstandsmoment; Gewicht

1.6.2 Lateinische Kleinbuchstaben

a	Seitenlänge einer rechteckigen Öffnung im Tankmantel
b	Seitenlänge einer rechteckigen Öffnung im Tankmantel; Breite eines Scheibenelementes in einem Querschnitt
c_p	Winddruckbeiwert
d	Durchmesser eines Mannloches oder eines Stützens
e	Abstand der Randfaser des Balkens von der Balkenachse
f_y	Bemessungswert der Streckgrenze des Stahls
f_u	Zugfestigkeit des Stahls
h	Stich des Daches (Höhe des Scheitels über der Ebene, in der das Dach mit dem Tankmantel verbunden ist); Höhe eines Schusses des Tankmantels
j	Beiwert für die Wirksamkeit der Verbindung; Spannungskonzentrationsfaktor; Zählvariable für die Mantelschüsse
l	Höhe der Schale, über der sich eine Beule bilden kann
m	Biegemoment je Längeneinheit
n	Membranspannungsergebnisse Anzahl der Sparren bei einem kreisförmigen Tankdach
p	Flächenlast (nicht notwendigerweise rechtwinklig zur Wand)
p_n	Druck rechtwinklig zur Tankwand (nach außen gerichtet)

r	Radius der Mittelfläche der zylindrischen Tankwand
t	Wanddicke
w	Mindestbreite des Bodenrandbleches am Bodenring
x	radiale Koordinate für das Tankdach
y	örtliche vertikale Koordinate für das Tankdach, Ersatzfaktor bei der Bemessung verstärkter Öffnungen
z	globale axiale Koordinate Koordinate längs der vertikalen Achse eines rotationssymmetrischen Tankbauwerkes (Rotationschale)

1.6.3 Griechische Buchstaben

α	Dachneigung
β	Neigung des Tankbodens gegen die Vertikale; $= \pi/n$ wobei n die Anzahl der Sparren ist
γ_F	Teilsicherheitsbeiwert für Einwirkungen
γ_M	Teilsicherheitsbeiwert für den Widerstand
δ	Durchbiegung
Δ	Änderung einer Veränderlichen
ν	Querdehnungszahl
θ	Umfangskoordinate einer Schale
σ	Normalspannung
τ	Schubspannung

1.6.4 Indizes

E	Wert für die Spannung oder Verschiebung (resultierend aus Bemessungseinwirkungen)
F	Feld; Kraft
a	ringförmig
d	Bemessungswert
f	Ermüdung
i	innen; nach innen gerichtet; Zählvariable
k	Kronenring
k	charakteristischer Wert
m	Mittelwert
min	geforderter Mindestwert
n	nominal; normal (rechtwinklig) zur Wand
o	außen; nach außen gerichtet
p	Druck
r	radial; Ring
R	Widerstand
s	am Auflager
s	Mantelblech
x	Meridianrichtung; radial; axial

y	Umfang; quer; Fließ-
0	Bezugswert
1	oberer
2	unterer
θ	Umfang (Rotationsschale)

1.7 Vorzeichenvereinbarungen

1.7.1 Vereinbarungen für das globale Koordinatensystem für kreisförmige Tanks

(1) Die folgende Vorzeichenvereinbarung gilt für das gesamte Tankbauwerk und berücksichtigt, dass der Tank kein Tragwerksteil ist. Bei den Koordinatensystemen ist darauf zu achten, dass lokale Koordinaten von Bauteilen, die mit der Tankwand verbunden sind, und in lokalen Koordinaten angegebene, aber durch eine globale Koordinate definierte Lasten nicht verwechselt werden.

(2) Im Allgemeinen wird für das globale Tanktragwerk folgendes zylindrische Koordinatensystem (siehe Bild 1.1) verwendet:

Koordinatensystem

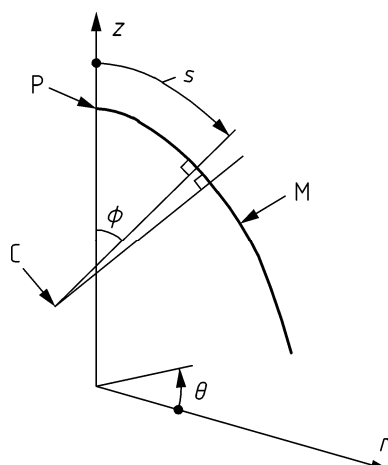
—	Koordinate längs der Achse der Rotationsschale	z
—	Radiale Koordinate	r
—	Koordinate in Umfangsrichtung	θ

(3) Die Vereinbarung für die positiven Richtungen ist:

- nach außen positiv (Innendruck positiv, Verschiebung nach außen positiv)
- Zugspannungen positiv (ausgenommen bei Beulnachweisen, wo Druck positiv ist)

(4) Die Vereinbarung für Flächenlasten auf der Oberfläche der Tankwand ist:

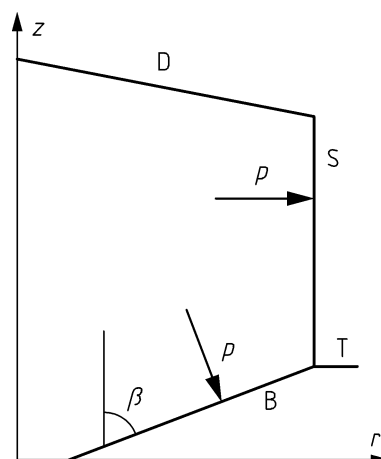
- Druck rechtwinklig zur Schale $\boxed{\text{AC}}$ (Druck nach außen positiv) $\boxed{\text{AC}}$ p_n



Legende

P = Pol
M = Schalenmeridian
C = Pol der Meridiankrümmung

D = Dach
S = Mantel
B = Boden
T = Übergang



a) 3-D-Darstellung des globalen Koordinatensystems für rotationssymmetrische Schalenträgerwerke

b) Koordinaten und Belastung: Längsschnitt

Bild 1.1 — Koordinatensysteme für einen kreisförmigen Tank

1.7.2 Vereinbarungen für das globale Koordinatensystem für rechteckige Tanks

(1) Die folgende Vorzeichenvereinbarung gilt für das gesamte Tankbauwerk und berücksichtigt, dass der Tank kein Tragwerksteil ist. Bei den Koordinatensystemen ist darauf zu achten, dass lokale Koordinaten von Bauteilen, die mit der Tankwand verbunden sind, und in lokalen Koordinaten angegebene, aber durch eine globale Koordinate definierte Lasten nicht verwechselt werden.

(2) Im Allgemeinen wird für das globale Tanktragwerk ein kartesisches Koordinatensystem x, y, z verwendet, bei dem z die vertikale Achse ist (siehe Bild 1.2).

(3) Die Vereinbarung für die positiven Richtungen ist:

- nach außen positiv (Innendruck positiv, Verschiebung nach außen positiv)
- Zugspannungen positiv (ausgenommen bei Beulnachweisen, wo Druck positiv ist)
- Schubspannungen: siehe 1.7.4

(4) Die Vereinbarung für Flächenlasten auf der Oberfläche der Tankwand ist:

- Druck rechtwinklig zum Kasten (nach außen positiv) p