

DIN EN 14359

ICS 23.100.99

Ersatz für
DIN EN 14359:2011-04
**Hydrospeicher für Hydraulikanwendungen;
Deutsche Fassung EN 14359:2017**

 Gas-loaded accumulators for fluid power applications;
German version EN 14359:2017

 Accumulateurs hydropneumatiques pour transmissions hydrauliques;
Version allemande EN 14359:2017

Gesamtumfang 101 Seiten

DIN-Normenausschuss Maschinenbau (NAM)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 14359:2017) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 54 „Unbefeuerte Druckbehälter“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird.

Die nationalen Interessen bei der Erarbeitung wurden vom Ausschuss NA 060-36-19 AA „Hydrospeicher (SpA CEN/TC 54/WG 5 und ISO/TC 131/WG 1)“ im Fachbereich „Fluidtechnik“ des DIN-Normenausschusses Maschinenbau (NAM) wahrgenommen. Vertreter der Hersteller und Anwender von Hydrospeichern waren an der Erarbeitung beteiligt.

Die im Abschnitt 2 und den Literaturhinweisen zitierten Europäischen Normen sind als DIN EN- bzw. DIN EN ISO-Normen mit gleicher Zählnummer veröffentlicht.

Für die zitierten Internationalen Normen, sofern sie nicht als DIN ISO-Normen mit gleicher Zählnummer veröffentlicht sind, gibt es keine nationalen Entsprechungen.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 14359:2011-04 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) generell wurden die Verweisungen auf die neue Druckgeräte-richtlinie 2014/68/EU angepasst;
- b) das Anwendungsgebiet ist erweitert worden, so dass nicht speziell Hydrospeicher, die Flüssigkeiten oder Gase der Gruppe 1 enthalten, hiervon ausgeschlossen sind;
- c) Tabelle 3: zulässige Werte der Berechnungsnennspannung für Feinkornbaustähle und wärmebehandelte Stähle wurden ergänzt;
- d) in 7.6 „Ermüdungsfestigkeit“ ist der normative Text verfeinert worden;
- e) in den Anhängen: in dieser Ausgabe sind Module und Aktivitäten zur Konformitätsbewertung weggelassen worden;
- f) in den informativen Anhängen C bis F wird mehr Information gegeben;
- g) die informativen Anhänge B und ZA wurden auf den neuesten Stand gebracht, unter Berücksichtigung der neuen Druckgeräte-richtlinie 2014/68/EU.

Frühere Ausgaben

DIN EN 14359: 2007-02, 2011-04

Deutsche Fassung

Hydrospeicher für Hydraulikanwendungen

Gas-loaded accumulators for fluid
power applications

Accumulateurs hydropneumatiques pour
transmissions hydrauliques

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 2. Januar 2017 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, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, 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: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
1 Anwendungsbereich.....	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe, Symbole, Einheiten und Abkürzungen.....	6
3.1 Begriffe	6
3.2 Symbole und Einheiten.....	7
4 Werkstoffe.....	8
4.1 Anforderungen an metallische Werkstoffe.....	8
4.2 Werkstoff-Prüfbescheinigungen für Bauteile der drucktragenden Hülle.....	9
5 Grundauslegung und Berechnungskriterien.....	9
5.1 Allgemeines	9
5.2 Korrosion.....	9
5.3 Qualifizierung durch Ähnlichkeitsbetrachtung	9
5.4 Auslegungsverfahren	10
5.5 Auslegungs- und Berechnungsverfahren für alle Arten von Hydrospeichern.....	12
5.6 Spezifische Auslegungskriterien für Kolbenspeicher	22
5.7 Spezifische Auslegungskriterien für Membranspeicher.....	35
5.8 Spezifische Auslegungskriterien für die Flüssigkeitsanschlussöffnungen von Blasenspeichern.....	43
6 Herstellung.....	45
6.1 Allgemeines	45
6.2 Besondere Herstellungsverfahren für geschweißte Membranspeicher	45
6.3 Herstellung von Blasenspeichergehäusen	48
7 Inspektionen und Prüfungen	51
7.1 Allgemeines	51
7.2 Technische Dokumentation.....	51
7.3 Bewertung und Prüfung der Konstruktion	51
7.4 Fertigungsprüfung	51
7.5 Hydrostatische Druckprüfung.....	52
7.6 Ermüdungsfestigkeit	52
7.7 Kennzeichnung und Etikettierung	68
7.8 Dokumentation	69
8 Sicherheitsbestimmungen und -ausrüstungen für Hydrospeicher.....	70
8.1 Einleitung	70
8.2 Sicherheitsausrüstung.....	70
8.3 Prüfungen vor der ersten Inbetriebnahme.....	73
8.4 Kontrolle und Wartung	74
Anhang A (informativ) Beispiele für die Anordnung der Sicherheitsausrüstung	75
A.1 Beispiel 1	75
A.2 Beispiel 2	76
A.3 Beispiel 3	77
A.4 Beispiel 4	78
A.5 Beispiel 5	79
A.6 Beispiel 6	80
A.7 Beispiel 7	81

Anhang B (informativ) Formblatt für die Konformitätserklärung des Herstellers	82
Anhang C (informativ) Grundlagen der statistischen Analyse und der Wahrscheinlichkeitsanalyse der Ergebnisse der Ermüdungsprüfung	83
C.1 Allgemeines	83
C.2 Grundlagen	83
Anhang D (informativ) Beispiel der Anwendung des Verfahrens der Ermüdungsprüfung	87
D.1 Allgemeines	87
D.2 Betriebsdruckbereich	87
D.3 Bedingungen der Ermüdungsprüfung	87
D.4 Ergebnisse der Ermüdungsprüfung	88
D.5 Statische Interpretation von Daten	88
D.6 Abschätzung der Wöhlerkurve (S-N-Kurve) (zulässige Anzahl der Lastwechselkurven)	89
D.7 Interpretation der Ergebnisse der Ermüdungsdaten für die Qualifizierung	90
D.8 Anwendung des Ergebnisses für die Qualifizierung eines ähnlichen geschmiedeten Hydrospeichers mit einem Volumen von 10 Litern	90
Anhang E (informativ) Beispiel der Untersuchung zur Ähnlichkeit	93
Anhang F (informativ) Vorauswahl von $\Delta P_{\text{test } i}$ und Extrapolationsgrenzen der Wöhlerkurve (S-N-Kurve)	95
F.1 Vorauswahl von $\Delta P_{\text{test } i}$	95
F.2 Extrapolationsgrenzen der S-N-Kurve (Wöhlerkurve)	97
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EU-Richtlinie 2014/68/EU	98
Literaturhinweise	99

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 14359:2017) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 54 „Unbefeuerte Druckbehälter“ 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 Oktober 2017, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Oktober 2017 zurückgezogen werden.

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

Dieses Dokument ersetzt EN 14359:2006+A1:2010.

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Normungsauftrages erarbeitet, den die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinien.

Zum Zusammenhang mit EU-Richtlinien siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieses Dokuments ist.

Im Vergleich mit EN 14359:2006+A1:2010 wurden folgende Änderungen durchgeführt:

- generell wurden die Verweisungen auf die neue Druckgeräte-Richtlinie 2014/68/EU angepasst;
- der Anwendungsbereich ist erweitert worden, so dass nicht speziell Hydrospeicher, die Flüssigkeiten oder Gase der Gruppe 1 enthalten, hiervon ausgeschlossen sind;
- ‚Tabelle 3 – zulässige Werte der Berechnungsnennspannung für Feinkornbaustähle und wärmebehandelte Stähle‘ wurden ergänzt;
- in Unterabschnitt 7.6 „Ermüdungsfestigkeit“ ist der normative Text verfeinert worden;
- in den Anhängen: in dieser Ausgabe sind Module und Aktivitäten zur Konformitätsbewertung weggelassen worden;
- in den informativen Anhängen C bis F wird mehr Information gegeben;
- die informativen Anhänge B und ZA wurden auf den neuesten Stand gebracht, unter Berücksichtigung der neuen Druckgeräte-Richtlinie 2014/68/EU.

Soweit zutreffend, stehen die Formeln und Verfahren im Einklang mit den Anforderungen der EN 13445-3, es ist jedoch davon auszugehen, dass diese Europäische Norm die grundlegenden Anforderungen der Druckgeräte-Richtlinie 2014/68/EU als selbstständige Norm erfüllt.

ANMERKUNG Falls hinsichtlich der Bedeutung oder des Einflusses eines normativen Teiles dieser Europäischen Norm Interpretationsfragen oder Unklarheiten auftreten oder ob etwas unternommen werden sollte oder unterlassen wurde, um eine vollständige Übereinstimmung mit dieser Europäischen Norm zu erreichen, muss die Angelegenheit an das Komitee CEN/TC 54 verwiesen werden.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien, 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.

1 Anwendungsbereich

1.1 Diese Europäische Norm beschreibt die Anforderungen an Werkstoffe, Konstruktion, Herstellung, Prüfung, Sicherheitssysteme und Dokumentation (einschließlich Anleitungen für die erste Inbetriebnahme) für die allgemein gebräuchlichen Bauarten von Gasdruckspeichern und Druckbehältern für hydraulische Anwendungen (siehe 1.2).

1.2 Diese Europäische Norm gilt für folgende Bauteile, die als druckbeaufschlagte Gehäuse von Gasdruckspeichern definiert sind:

- Blasenspeicher;
- Membranspeicher;
- Kolbenspeicher;
- Transferspeicher;
- Gasbehälter zur Vergrößerung des Gasvolumens.

Diese können aus einem oder mehreren Gehäuseteilen bestehen, die auf unterschiedliche Art und Weise miteinander verbunden sind, einschließlich Schweißverfahren.

1.3 Diese Europäische Norm gilt für Gasdruckspeicher, die unter folgenden Bedingungen arbeiten:

- der Innendruck ist größer als 0,5 bar;
- die Betriebstemperatur ist nicht niedriger als -50 °C und nicht höher als $+200\text{ °C}$;
- sie werden mit Flüssigkeiten und Gasen betrieben, wie sie in der Druckgeräterichtlinie 2014/68/EU festgelegt sind.

ANMERKUNG Wenn Druckspeicher mit Flüssigkeiten oder Gasen der Gruppe 1 betrieben werden, sind Betrachtungen in Bezug auf Risiken, die von denen durch die Druckgeräterichtlinie 2014/68/EU abweichen, nicht von der vorliegenden Norm abgedeckt und werden getrennt bewertet.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, 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 10204, *Metallische Erzeugnisse — Arten von Prüfbescheinigungen*

EN 13018, *Zerstörungsfreie Prüfung — Sichtprüfung — Allgemeine Grundlagen*

EN 13445-2, *Unbefeuerte Druckbehälter — Teil 2: Werkstoffe*

EN 13445-3, *Unbefeuerte Druckbehälter — Teil 3: Konstruktion*

EN 13445-4, *Unbefeuerte Druckbehälter — Teil 4: Herstellung*

EN ISO 148-1, *Metallische Werkstoffe — Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy — Teil 1: Prüfverfahren (ISO 148-1)*

EN ISO 898-1, *Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus Kohlenstoffstahl und legiertem Stahl — Teil 1: Schrauben mit festgelegten Festigkeitsklassen — Regelgewinde und Feingewinde (ISO 898-1)*

EN ISO 6506-1, *Metallische Werkstoffe — Härteprüfung nach Brinell — Teil 1: Prüfverfahren (ISO 6506-1)*

EN ISO 6506-2, *Metallische Werkstoffe — Härteprüfung nach Brinell — Teil 2: Überprüfung und Kalibrierung der Prüfmaschinen (ISO 6506-2)*

EN ISO 6506-3, *Metallische Werkstoffe — Härteprüfung nach Brinell — Teil 3: Kalibrierung von Härtevergleichsplatten (ISO 6506-3)*

EN ISO 6892-1, *Metallische Werkstoffe — Zugversuch — Teil 1: Prüfverfahren bei Raumtemperatur (ISO 6892-1)*

EN ISO 15614-1, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißverfahrensprüfung — Teil 1: Lichtbogen- und Gasschweißen von Stählen und Lichtbogenschweißen von Nickel und Nickellegierungen (ISO 15614-1)*

ISO 262, *ISO general-purpose metric screw threads — Selected sizes for screws, bolts and nuts*

ISO 9110-1, *Hydraulic fluid power — Measurement techniques — Part 1: General measurement principles*

ISO 9110-2, *Hydraulic fluid power — Measurement techniques — Part 2: Measurement of average steady-state pressure in a closed conduit*

ISO 10771-1, *Hydraulic fluid power — Fatigue pressure testing of metal pressure-containing envelopes — Part 1: Test method*

3 Begriffe, Symbole, Einheiten und Abkürzungen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1.1

Gasdruckspeicher

Hydrospeicher mit einem Trennglied zwischen Flüssigkeit und Gas, in dem die Flüssigkeit durch die Kompressibilität eines inerten Gases (z. B. Stickstoff) druckbeaufschlagt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Trennglied kann eine Blase, eine Membrane oder ein Kolben sein.

Anmerkung 2 zum Begriff: Gasdruckspeicher haben Gehäuse, die aus zylindrischen Teilen, gewölbten Böden und flachen Böden bestehen können. Die Öffnungen sind immer isoliert, axial ausgerichtet und an beiden Enden des Hydrospeichers angeordnet. Hydrospeicher sind normalerweise achssymmetrisch.

3.1.2

Blasenspeicher

Gasdruckspeicher, bestehend aus einem drucktragenden Gehäuse, entweder aus einem nahtlosem Rohr geschmiedet, freiformgeschmiedet aus einem Hohlstab oder eine geschweißte Ausführung, in dem die Flüssigkeit und das Gas durch eine flexible, sackartige Trennwand oder Blase getrennt werden, die in der Regel an einem Ende des Gehäuses befestigt ist

3.1.3

Membranspeicher

Gasdruckspeicher, bestehend aus einem drucktragenden Gehäuse, bei dem die Konstruktion entweder geschraubt oder geschweißt sein kann, in dem die Flüssigkeit und das Gas durch eine flexible Membran getrennt werden, die in der Regel an ihrem größten Durchmesser am Gehäuse befestigt ist

3.1.4

Kolbenspeicher

Gasdruckspeicher, bestehend aus einem zylindrischen Gehäuse mit Endkappen, in dem die Flüssigkeit und das Gas durch einen beweglichen starren Kolben getrennt werden

3.1.5**Transfer-Speicher**

Gasdruckspeicher mit einer Anschlussöffnung zur Nutzung zusätzlicher Gaskapazität aus einem oder mehreren Druckbehältern (z. B. Gasflaschen).

3.1.6**Druckbehälter – zur Erweiterung der Gaskapazität**

miteinander verbundene Druckbehälter, bestehend aus Gehäuse und, je nach der Konstruktion, Anschlussöffnungen zur Nutzung zusätzlicher Gaskapazität, die mit dem Gasraum des Speichers durch eine Rohrleitung verbunden sind

3.2 Symbole und Einheiten**3.2.1 Allgemeines**

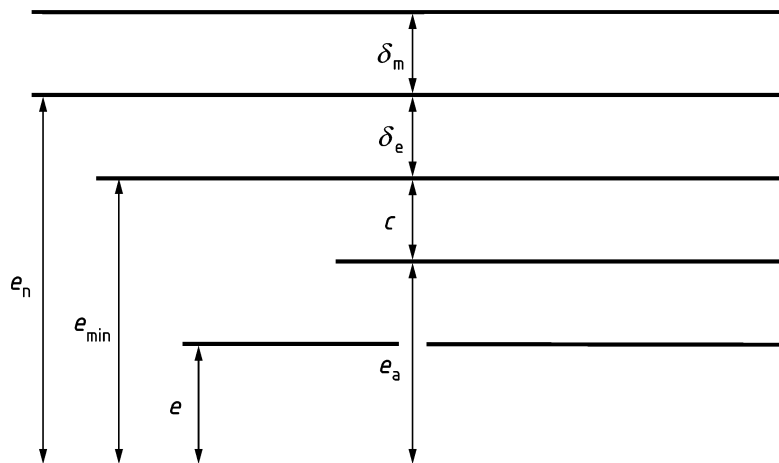
Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Symbole und Einheiten.

Tabelle 1 — Symbole, Merkmale und Einheiten

Symbol	Merkmale	Einheit
c	Korrosionszuschlag	mm ^a
e	Erforderliche Wanddicke des Bauteils	mm ^a
e_a	Rechnerische Wanddicke des Bauteils	mm ^a
$e_{\min}$	Minimal mögliche Fertigungsdicke	mm ^a
e_n	Nennwanddicke des Bauteils, wie in den Fertigungszeichnungen angegeben	mm ^a
δ_e	Absolutwert der negativen Toleranz nach der Werkstoffnorm des Bauteils	mm ^a
δ_m	Mögliche Wanddickenreduzierung während der Herstellung des Bauteils	mm ^a
N	Anzahl der Druckwechsel (Lastwechsel)	
P_0	Gasfülldruck; der Gasdruck im Hydrospeicher, wenn der hydraulische Kreislauf drucklos ist (Anfangszustand), bei einer Temperatur von $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$	MPa ^b
P_1	Minimal zulässiger Arbeitsdruck des hydraulischen Kreislaufes	MPa ^b
P_2	Maximal zulässiger Arbeitsdruck des hydraulischen Kreislaufes	MPa ^b
P_2/P_0	Zulässiges Druckverhältnis, bis zu dem der Hydrospeicher betrieben werden kann	
P_3	Einstelldruck des Sicherheitsventils für den Hydrospeicher, wenn ein solches installiert ist	MPa ^b
$P_{\max}$	Maximal zulässiger Druck	MPa ^b
PS	Maximal zulässiger Betriebsdruck	MPa ^b
P_{test}	Prüfdruck	MPa ^b
R_{eH}	Obere Mindest-Streckgrenze	MPa ^b
R_m	Mindest-Zugfestigkeit	MPa ^b
$R_{m/t}$	Mindest-Zugfestigkeit bei Auslegungstemperatur $t ^\circ\text{C}$	MPa ^b
$R_{p0,2}$	0,2 %-Mindest-Dehngrenze	MPa ^b
$R_{p0,2/t}$	0,2 %-Mindest-Dehngrenze bei Auslegungstemperatur $t ^\circ\text{C}$	MPa ^b
$R_{p1,0}$	1,0 %-Mindest-Dehngrenze	MPa ^b
$R_{p1,0/t}$	1,0 %-Mindest-Dehngrenze bei Auslegungstemperatur $t ^\circ\text{C}$	MPa ^b

Symbol	Merkmale	Einheit
$TS_{\max}$	Maximale Betriebstemperatur des Druckmediums oder der Umgebung, je nachdem, welche gleich oder höher ist	°C
$TS_{\min}$	Minimale Betriebstemperatur des Druckmediums oder der Umgebung, je nachdem, welche gleich oder niedriger ist	°C
V	Innenvolumen des Gasraumes	Liter
V_0	Gasvolumen beim Vorspanndruck P_0	Liter
V_1, V_2	Gasvolumen im Hydrospeicher und den Zusatzbehältern, soweit vorhanden, bei den Drücken P_1 und P_2 und deren entsprechenden Temperaturen	Liter
z	Schweißnahtfaktor	— ^c
^a Der Zusammenhang zwischen den festgelegten Wanddicken ist in Bild 1 dargestellt. ^b MPa nur für Berechnungszwecke, ansonsten ist bar gebräuchlich (1 MPa = 10 bar). ^c Siehe EN 13445-3:2014.		

Der Zusammenhang zwischen den Festlegungen der Wanddicken ist in Bild 1 dargestellt.



Legende

- c Korrosionszuschlag
- e geforderte Wanddicke
- e_a rechnerische Wanddicke ($e_a = e_{\min} - c$)
- $e_{\min}$ minimal mögliche Fertigungsdicke
- e_n Nennwanddicke
- δ_e Absolutwert der negativen Toleranz nach der Werkstoffnorm des Bauteils
- δ_m mögliche Wanddickenminderung während der Herstellung des Bauteils

Bild 1 — Zusammenhang zwischen den Festlegungen von Wanddicken

4 Werkstoffe

4.1 Anforderungen an metallische Werkstoffe

Die drucktragende Umhüllung von Gasdruckbehältern muss aus einem der folgenden Werkstoffe konstruiert sein:

- harmonisierte Werkstoffe, die zur Herstellung von unbefeuerten Druckbehältern verwendet werden und die Anforderungen der EN 13445-2 erfüllen;
- andere als die in EN 13445-2 festgelegten Werkstoffe, sofern für sie ein Werkstoff-Einzelgutachten erstellt wurde;
- Werkstoffe, für die eine Europäische Werkstoffzulassung nach Artikel 15 der Druckgeräterichtlinie 2014/68/EU vorliegt.

4.2 Werkstoff-Prüfbescheinigungen für Bauteile der drucktragenden Hülle

Bauteilen, die für die Herstellung der drucktragenden Hülle von Gasdruckspeichern der Kategorien II, III und IV nach Anhang II der Druckgeräterichtlinie 2014/68/EU verwendet werden, muss ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach EN 10204 beigelegt werden (siehe Anhang III der Druckgeräterichtlinie 2014/68/EU). Solche Bauteile müssen die Bauteile umfassen, die nach den Berechnungsformeln dieser Norm bestimmt wurden, sich aber nicht auf sie beschränken.

5 Grundausslegung und Berechnungskriterien

5.1 Allgemeines

Die Anforderungen in Abschnitt 5 sind anzuwenden, wenn Werkstoffe und Schweißnähte durch die im Gasdruckspeicher enthaltenen Produkte oder durch die Umgebung keiner örtlichen Korrosion ausgesetzt sind.

5.2 Korrosion

Falls das Risiko einer Korrosion besteht, muss ein geeigneter Oberflächenschutz und/oder Korrosionszuschlag für die betroffenen Flächen vorgesehen werden.

Die Möglichkeit zur Korrosion sowohl durch das interne Medium als auch durch die externe Umgebung muss berücksichtigt werden. Dieser sollte durch Verfahren entgegengewirkt werden, die die Auswahl von korrosionsbeständigen Werkstoffen oder die Anwendung von Auskleidungen und Beschichtungen umfassen, aber nicht auf diese Verfahren begrenzt sind.

Nur vollkommen undurchlässige, ausreichend dicke und chemisch stabile Schichten mit einer mittleren Lebensdauer, die nicht geringer als die des Druckbehälters ist, müssen für den zuverlässigen Schutz gegen Korrosion berücksichtigt werden. Im Zweifelsfall müssen Korrosionsprüfungen durchgeführt werden.

Gibt es keinen Kontakt zwischen dem Korrosionsmittel und dem Grundwerkstoff des Behälters, dann ist es nicht notwendig, einen Korrosionszuschlag für den Verlust des Grundwerkstoffes vorzusehen.

5.3 Qualifizierung durch Ähnlichkeitsbetrachtung

Hydrospeicher werden häufig in Serie hergestellt und daher ist es möglich, eine ganze Reihe Hydrospeicher auf der Grundlage der Auslegung, Berechnung und Prüfung eines Modells aus dieser Reihe zu qualifizieren, sofern die anderen Hydrospeicher ähnlicher Bauart sind. Zwei Hydrospeicher sind ähnlich, vorausgesetzt, dass:

- sie aus dem gleichen Material von gleicher Form und gleichem Ursprung hergestellt sind;
- sie mit Ausnahme der Länge identisch sind;
- die innere Länge des zylindrischen Teils nicht kleiner als das Dreifache des Außendurchmessers ist.

Wenn die Länge des zylindrischen Teils geringer als das Dreifache des Außendurchmessers ist, muss eine detaillierte Spannungsanalyse durchgeführt werden.

5.4 Auslegungsverfahren

5.4.1 Allgemeines

Diese Europäische Norm legt für Hydrospeicher oder ihre Komponenten Auslegungen durch Formeln fest. Eine zufriedenstellende Anwendung solcher Formeln allein muss für den Nachweis der Konformität mit dieser Europäischen Norm dann ausreichend sein, wenn der Hydrospeicher während seiner Lebensdauer weniger als 500 Lastwechseln zwischen P_2 und P_1 ausgesetzt ist.

Wenn der Hydrospeicher mehr als 500 Lastwechseln zwischen P_2 und P_1 ausgesetzt wird, muss der Hersteller eine Dauerfestigkeitsbewertung vornehmen, entweder durch Prüfung oder durch Analyse. Diese Bewertung muss Teil der technischen Dokumentation sein.

EN 13445-3, Abschnitte 17 und 18, müssen als Grundlage für eine Lebensdauerberechnung verwendet werden, und 7.6 dieser Europäischen Norm muss verwendet werden, um das Verfahren zur Durchführung einer Schwellbelastungsprüfung durchzuführen.

Bild 2 zeigt den anzuwendenden Auslegungsprozess.

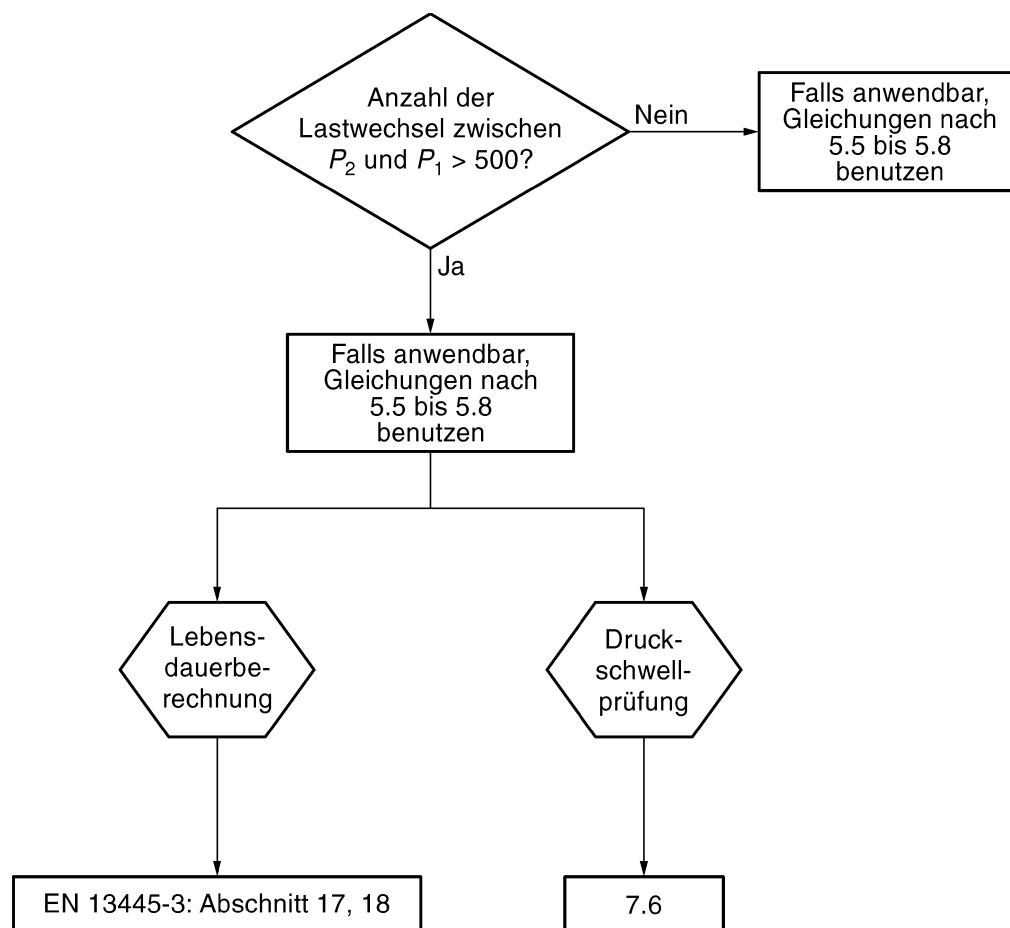


Bild 2 — Auslegungsverfahren

5.4.2 Allgemeine Symbole, Einheiten und Benennungen

Tabelle 2 enthält allgemeine Symbole und Einheiten. Weitere und modifizierte Angaben sind in den einzelnen Abschnitten enthalten.

Tabelle 2 — Allgemeine Symbole und Einheiten

Symbol	Merkmale	Einheit
D_e	Außendurchmesser des Gehäuses	mm
D_i	Innendurchmesser des Gehäuses	mm
e_s	Erforderliche Wanddicke eines Bodens zur Begrenzung der Membranspannung im Mittelbereich des Gehäuses	mm
e_y	Erforderliche Wanddicke der Krempe zur Vermeidung von achssymmetrischem Fließen	mm
f	Berechnungsnennspannung bei Auslegungstemperatur	MPa ^a
f_a	Berechnungsnennspannung bei Prüftemperatur	MPa ^a
f_{shear}	Berechnungsnennscherspannung bei Auslegungstemperatur	MPa ^a
f_{test}	Berechnungsnennspannung für Prüfbedingungen	MPa ^a
D_m	Mittlerer Durchmesser des Gehäuses	mm
h	Innenhöhe eines gewölbten Bodens gemessen vom zylindrischen Teil aus	mm
r	Innerer Krempenradius	mm
R	Innenradius im Mittelbereich eines torisphärischen Bodens	mm
^a MPa nur für Berechnungszwecke, ansonsten ist bar gebräuchlich (1 MPa = 10 bar).		

5.4.3 Maximal zulässige Werte der Berechnungsnennspannung für druckbeaufschlagte Teile

Dieser Unterabschnitt legt die maximal zulässigen Werte für die Berechnungsnennspannung von druckbeaufschlagten Teilen, ausgenommen Schrauben, und die physikalischen Eigenschaften von Stählen fest.

Die maximal zulässigen Werte der Berechnungsnennspannung bei Betriebstemperatur sind in Tabelle 3 angegeben.

Tabelle 3 — Maximal zulässige Werte der Berechnungsnennspannung für druckbeaufschlagte Teile, ausgenommen Schrauben

	Normal	Unter Prüfbedingungen
Austenitische Stähle mit 30 % < A ≤ 35 %	$f = \frac{R_{p1,0/t}}{1,5}$	$f_{\text{test}} = \frac{R_{p1,0/t_{\text{test}}}}{1,05}$
Austenitische Stähle mit A > 35 %	$f = \text{MAX} \left[\left(\frac{R_{p1,0/t}}{1,5} \right); \text{MIN} \left(\frac{R_{p1,0/t}}{1,2}; \frac{R_{m/t}}{3} \right) \right]$	$f_{\text{test}} = \text{MAX} \left(\frac{R_{p1,0/t_{\text{test}}}}{1,05}; \frac{R_{m/t_{\text{test}}}}{2} \right)$
Gussstähle	$f = \text{MIN} \left(\frac{R_{p0,2/t}}{1,9}; \frac{R_{m/20}}{3} \right)$	$f_{\text{test}} = \frac{R_{p0,2/t_{\text{test}}}}{1,33}$
Stähle, ausgenommen austenitische Stähle mit A < 30 %	$f = \text{MIN} \left(\frac{R_{p0,2/t}}{1,5}; \frac{R_{m/20}}{2,4} \right)$	$f_{\text{test}} = \frac{R_{p0,2/t_{\text{test}}}}{1,05}$
Feinkornbaustähle und wärmebehandelte Stähle	$f = \frac{R_{p0,2/t}}{1,5}$	$f_{\text{test}} = \frac{R_{p0,2/t_{\text{test}}}}{1,05}$

5.5 Auslegungs- und Berechnungsverfahren für alle Arten von Hydrospeichern

5.5.1 Allgemeines

Für den Nachweis der Konformität mit dieser Europäischen Norm sind alle zutreffenden Formeln anzuwenden. Der maximal zulässige Druck PS kann für die Berechnung unter Prüfbedingungen durch den Prüfdruck PT ersetzt werden.

5.5.2 Zusätzliche Definitionen

5.5.2.1

Zylinder

kreisrunder Zylinder (siehe Bild 3)

5.5.2.2

torisphärischer Boden

gewölbter Boden, bestehend aus einer Kugelschale, einer torusförmigen Krempe und einem zylindrischen Mantel, die an den Berührungslinien gemeinsame Tangenten haben (siehe Bilder 4 und 5)

5.5.2.3

Klöpferboden

torisphärischer Boden mit $R/D_e = 1,0$ und $r/D_e = 0,1$ (siehe Bild 5)

5.5.2.4

Korbbogenboden

torisphärischer Boden mit $R/D_e = 0,8$ und $r/D_e = 0,154$ (siehe Bild 5)

5.5.3 Zylindermäntel

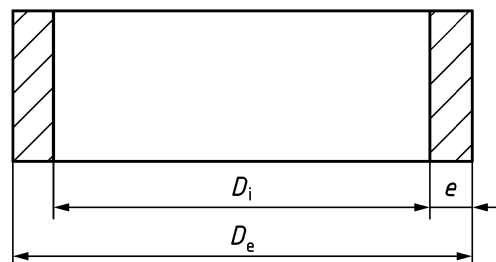


Bild 3 — Geometrie von Zylindermänteln

Die erforderliche Wanddicke e ergibt sich aus:

$$e = \frac{PS \cdot D_i}{2f \cdot z - PS} \quad (1)$$

oder

$$e = \frac{PS \cdot D_e}{2f \cdot z + PS} \quad (2)$$

Für eine vorgegebene Geometrie gilt:

$$P_{\max} = \frac{2f \cdot z \cdot e_a}{D_m} \quad (3)$$

ANMERKUNG Die Anforderungen nach den Formeln (2) und (3) gelten für e/D_e nicht größer als 0,16.

5.5.4 Gewölbte Böden unter Innendruck

5.5.4.1 Halbkugelböden

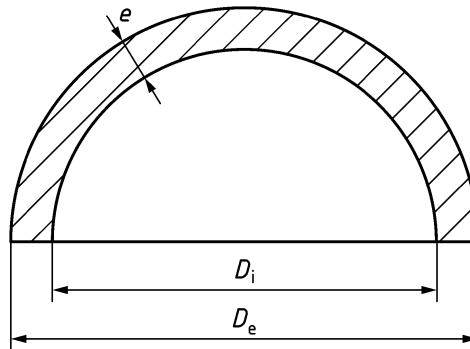


Bild 4 — Halbkugelboden

Die erforderliche Wanddicke e eines Halbkugel-Bodens (oder einer Kugelschale) ist nach einer der beiden nachstehenden Formeln zu berechnen:

$$e = \frac{PS \cdot D_i}{4 \cdot f \cdot z - PS} \quad (4)$$

oder

$$e = \frac{PS \cdot D_e}{4 \cdot f \cdot z + PS} \quad (5)$$

Die Wanddicke der Schale darf an Verbindungsstellen mit anderen Teilen, wie zylindrischen Partien oder dem Torus eines torisphärischen Bodens, vergrößert werden. Eine größere Wanddicke kann ebenso erforderlich sein, um eine Verstärkung an isolierten Öffnungen vorzusehen. Die Wanddicke der zylindrischen Partie bis zur Tangente muss mindestens der erforderlichen Wanddicke der Zylinderschale entsprechen.

5.5.4.2 Torisphärische Böden

5.5.4.2.1 Allgemeines

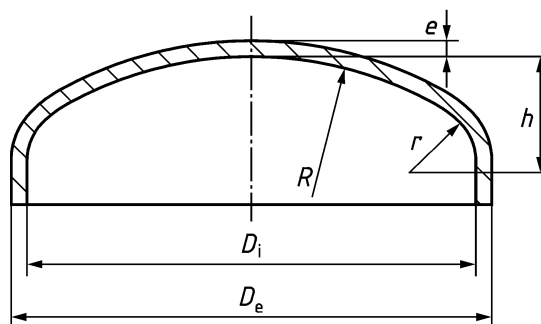


Bild 5 — Torisphärischer Boden

5.5.4.2.2 Geltungsbereich

Die folgenden Anforderungen sind in ihrer Anwendung auf Böden begrenzt, die alle nachstehenden Bedingungen erfüllen:

- a) $r \leq 0,2 D_i$

- b) $r \geq 0,06 D_i$
- c) $r \geq 2 e$
- d) $e \leq 0,08 D_e$
- e) $e_a \geq 0,001 D_e$
- f) $R \leq D_e$

Die erforderliche Wanddicke e muss gleich dem größten Wert von e_s und e_y sein, wobei gilt:

$$e_s = \frac{PS \cdot R}{2 \cdot f \cdot z - 0,5 \cdot PS} \quad (6)$$

$$e_y = \frac{\beta \cdot PS (0,75 \cdot R + 0,2 \cdot D_i)}{f} \quad (7)$$

Dabei wird β aus den folgenden Formeln ermittelt:

$$Y = \min(e/R; 0,04) \quad (8)$$

$$Z = \log_{10}(1/Y) \quad (9)$$

$$X = r/D_i \quad (10)$$

$$N = 1,006 - \frac{1}{6,2 + (90 \cdot Y)^4} \quad (11)$$

Für $X = 0,06$

$$\beta_{0,06} = N (-0,363 5Z^3 + 2,212 4Z^2 - 3,293 7Z + 1,887 3)$$

Für $0,06 < X < 0,1$

$$\beta = 25\{(0,1 - X)\beta_{0,06} + (X - 0,06)\beta_{0,1}\}$$

Für $X = 0,1$

$$\beta_{0,1} = N (-0,183 3Z^3 + 1,038 3Z^2 - 1,294 3Z + 0,837)$$

Für $0,1 < X < 0,2$

$$\beta = 10\{(0,2 - X)\beta_{0,1} + (X - 0,1)\beta_{0,2}\}$$

Für $X = 0,2$

$$\beta_{0,2} = \max\{0,95(0,56 - 1,94Y - 82,5Y^2); 0,5\} \quad (12)$$

β errechnet sich durch iteratives Lösen der vorstehenden Formeln, für die eine Computerberechnung empfohlen wird.

5.5.4.2.3 Besondere Bedingungen für Klöpperböden

$$R = D_e$$

$$r = 0,1 D_e$$

$$h = 0,1935 D_e - 0,455 e_a$$

$$0,001 \leq \frac{e_a}{D_e} \leq 0,1 \quad (13)$$

5.5.4.2.4 Besondere Bedingungen für Korbbogenböden

$$R = 0,8 D_e$$

$$r = 0,154 D_e$$

$$h = 0,255 D_e - 0,635 e_a$$

$$0,001 \leq \frac{e_a}{D_a} \leq 0,1 \quad (14)$$

5.5.5 Isolierte Öffnungen und Stutzen in Kugelschalen und kugelförmigen Mittelteilen von gewölbten Böden

5.5.5.1 Spezifische Symbole und Einheiten

Tabelle 4 enthält weitere spezifische Symbole und Einheiten.

Tabelle 4 — Spezifische Symbole und Einheiten

Symbol	Eigenschaften	Einheit
a	Abstand gemessen entlang der mittleren Wanddicke im Abschnitt, in dem die Öffnungsverstärkung berechnet werden muss, zwischen der Öffnungsmitte und der äußeren Kante eines Stutzens; wenn kein Stutzen vorhanden ist, ist a der Abstand zwischen der Öffnungsmitte und der inneren Kante der Öffnung	mm
A_f	Verstärkungsrelevante spannungsbeanspruchte Querschnittsfläche	mm ²
A_{fb}	A_f eines Stutzens (b = Abzweig)	mm ²
A_{fs}	A_f der Schalenwand (Hauptgehäuse)	mm ²
A_{fw}	Schweißnahtfläche zwischen Stutzen und Schale (nur wenn außerhalb von Schale- oder Stutzenumriss, Kehlnaht)	mm ²
A_p	Druckbeaufschlagte Fläche	mm ²
A_{pb}	A_p eines Stutzens	mm ²
A_{ps}	A_p der Schale (Hauptgehäuse)	mm ²
d	Durchmesser (oder maximale Weite) der Öffnung, oder Innendurchmesser eines Stutzens	mm
d_{eb}	Außendurchmesser eines Stutzens	mm
d_{ib}	Innendurchmesser eines Stutzens	mm
e_b	Erforderliche Wanddicke eines Stutzens (oder mittlere Wanddicke innerhalb der Länge l_{bo} oder l_{bio})	mm
e'_b	Effektive, zur Verstärkung nutzbare Wanddicke eines Stutzens	mm
e_{bk}	Erforderliche Wanddicke der Krempe zur Vermeidung von plastischem Beulen	mm

Symbol	Eigenschaften	Einheit
e'_s	Eindringlänge eines eingesetzten Stutzens mit partieller Durchdringung der Schalenwand	mm
e_y	Erforderliche Wanddicke der Krempe zur Vermeidung achsensymmetrischen Fließens	mm
f_b	f eines Stutzens	MPa ^a
f_{bk}	Berechnungsnennspannung für die Beulgleichung	MPa ^a
f_s	f des Schalenwerkstoffes (Hauptgehäuse)	MPa ^a
l_b	Sich außerhalb der Schale erstreckende Länge eines Stutzens	mm
l'_b	Effektive, zur Verstärkung nutzbare Länge eines Stutzens außerhalb der Schale	mm
l_{bi}	Stutzenlänge innerhalb der Schale	mm
l'_{bi}	Effektive, zur Verstärkung nutzbare Länge eines Stutzens innerhalb der Schale	mm
l_{bio}	Maximale, zur Verstärkung nutzbare Länge eines Stutzens innerhalb der Schale	mm
l_{bo}	Maximale, zur Verstärkung nutzbare Länge eines Stutzens außerhalb der Schale	mm
l'_s	Effektive, zur Verstärkung der Öffnung nutzbare Länge der Schale	mm
l_{so}	Maximale, zur Verstärkung der Öffnung beitragende Schalenlänge, gemessen am mittleren Krümmungsradius der Schalenwand	mm
r_{is}	Innerer Kurvenradius der Schale an der Öffnungsmitte	mm
r_{es}	Äußerer Kurvenradius der Schale an der Öffnungsmitte	mm
r_{ms}	Mittlerer Kurvenradius der Schale an der Öffnungsmitte	mm
^a MPa nur für Berechnungszwecke, ansonsten ist bar gebräuchlich (1 MPa = 10 bar).		

5.5.5.2 Allgemeines

Alle Öffnungen müssen isoliert und kreisförmig mit Mittellinien koaxial zur Achse des Hydrospeichers ausgeführt sein. Für Kugelschalen und Halbkugelböden oder torisphärische Böden müssen die folgenden Bedingungen erfüllt sein:

$$\frac{d}{2 \cdot r_{is}} \leq 0,5; \quad \frac{d}{D_e} \leq 0,6 \quad (15)$$

Verstärkung ist nur durch Erhöhung der Wanddicke des Mantels und/oder eines Stutzens zulässig. Stutzen dürfen „aufgesetzt“ oder „eingesetzt“ sein (siehe Bilder 7 und 9).

5.5.5.3 Kleine Öffnungen

Wenn eine isolierte Öffnung einen Durchmesser d nach den folgenden Bedingungen hat:

$$d \leq 0,15 \sqrt{e_s \cdot (2 \cdot r_{is} + e_s)} \quad (16)$$

dann ist sie als „kleine Öffnung“ anzusehen und sie benötigt keinerlei Verstärkung. Eine weitergehende Berechnung ist nicht erforderlich.

5.5.5.4 In Hydrospeichern verwendete Öffnungen und Stutzen

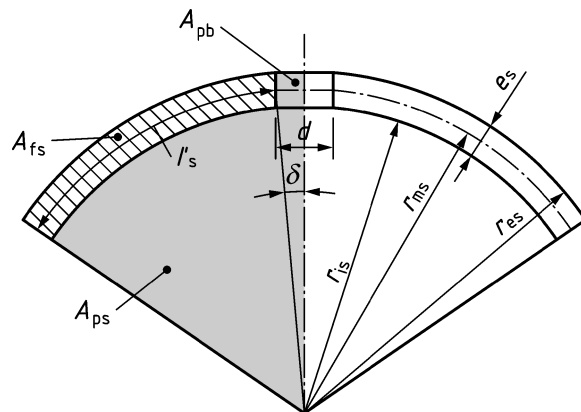


Bild 6 — Öffnungsverstärkung durch Wanddicke

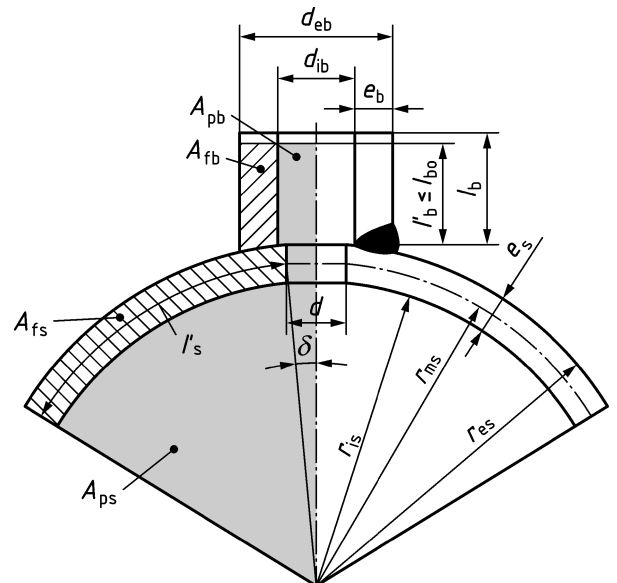


Bild 7 — Öffnungsverstärkung durch einen aufgesetzten Stutzen (und Wanddicke)

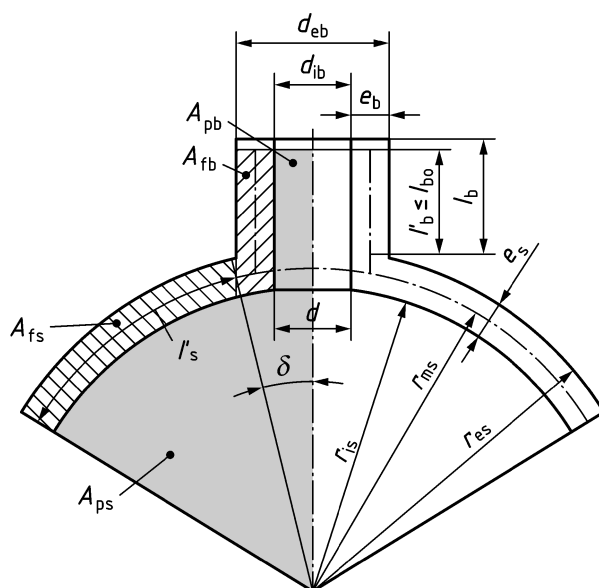


Bild 8 — Öffnungsverstärkung durch angeschmiedeten Stutzen (und Wanddicke)

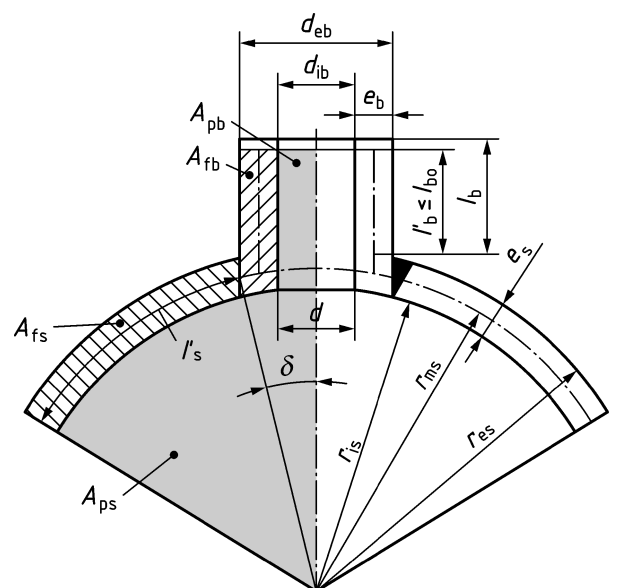


Bild 9 — Öffnungsverstärkung durch eingesetzten Stutzen (und Wanddicke)

5.5.5.5 Berechnungsverfahren für Öffnungen in Schalen

5.5.5.5.1 Zweck

Das in diesem Abschnitt festgelegte Auslegungsverfahren gilt für Kugelschalen oder den kugelförmigen Teil von torisphärischen Böden.

Die folgenden Bedingungen müssen erfüllt werden:

$$(A_{fs} + A_{fw}) \cdot (f_s - 0,5 \cdot PS) + A_{fb} \cdot (f_{ob} - 0,5 \cdot PS) \geq PS \cdot (A_{ps} + A_{pb}) \quad (17)$$

$$f_{ob} = \text{MIN}(f_s; f_b) \quad (18)$$

Für Kugelschalen:

$$r_{is} = \frac{D_e}{2} - e_s = \frac{D_i}{2} \quad (19)$$

Für halbkugelförmige oder torisphärische Böden:

$$r_{is} = R \quad (20)$$

Für gewölbte Böden und Kugelschalen:

$$A_{ps} = 0,5 \cdot r_{is}^2 \cdot \frac{l'_s + a}{0,5 \cdot e_s + r_{is}} \quad (21)$$

Mit der Stutzenachse senkrecht zur Schalenwand ergibt sich der Wert a aus der folgenden Formel:

$$a = r_{ms} \cdot \arcsin(\delta) \quad (22)$$

Dabei gilt

$$r_{ms} = r_{is} + 0,5 \cdot e_s \quad (23)$$

$$\delta = \frac{d_{eb}}{2 \cdot r_{ms}} \quad (24)$$

Weiterhin gilt für eingesetzte Stutzen:

$$A_{fs} = e_s \cdot l'_s \quad (25)$$

für aufgesetzte Stutzen:

$$A_{fs} = e_s \cdot (e_b + l'_s) \quad (26)$$

5.5.5.5.2 Öffnungsverstärkung durch Waddickenverstärkung der Schale

Die zur Öffnungsverstärkung beitragende Schalenlänge l'_s , gemessen entlang der mittleren Waddicke von der Öffnungskante oder dem Außendurchmesser eines Stutzens, darf nicht größer sein als l_{so} .

ANMERKUNG Der Zweck dieser Formel ist die Festlegung der Begrenzung der Fläche, die für die Berechnung angewendet wird.

$$l'_s \leq l_{so} = \sqrt{[(2 \cdot r_{is} + e_s) \cdot e_s]} \quad (27)$$

5.5.5.3 Öffnungsverstärkung durch vergrößerte Wanddicke eines Stutzens

Eine Öffnungsverstärkung kann auch durch Erhöhung der Wanddicke des Stutzens auf einen Wert oberhalb der Mindestwanddicke erreicht werden, die erforderlich ist, um dem Innendruck standzuhalten (siehe 5.5.3). Diese Möglichkeit ist unabhängig von jeder durch Wanddickenerhöhung des Gehäuses erreichten Öffnungsverstärkung. Jene die Öffnungsverstärkung fördernde Länge darf für die Schale nicht größer sein als l_{so} und für einen Stutzen nicht größer als l_{bo} , mit:

$$l_{bo} \leq \sqrt{[(d_{eb} - e_b) \cdot e_b]} \quad (28)$$

für eingesetzte und angeschmiedete Stutzen ($l'_{bi} = 0$):

$$A_{fb} = e'_b \cdot (l'_b + l'_{bi} + e'_s) \quad (29)$$

für aufgesetzte Stutzen:

$$A_{fb} = e'_b \cdot l'_b \quad (30)$$

Dabei ist

$$l'_b = \text{MIN} (l_{bo}; l_b);$$

$$l'_{bi} = \text{MIN} (l_{bio}; l_{bi});$$

e'_s die Einstecktiefe (vollständig oder teilweise) eines eingesetzten Stutzens in der Schalenwand ($\leq e_s$);

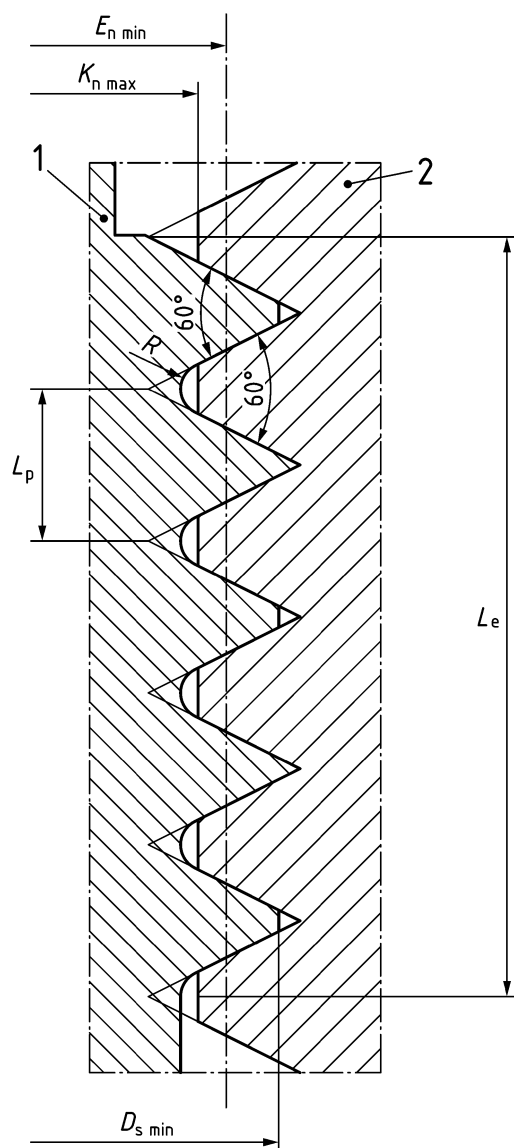
$$A_{pb} = 0,5 d_i (l'_b + e_s);$$

A_{fs} und A_{ps} wurden schon in Tabelle 4 definiert.

5.5.6 Gewindeberechnung

5.5.6.1 Allgemeines

Für die Bewertung der Gewindespannungen von Gasdruckspeichern gelten die Anforderungen nach 5.5.6.



Legende

- 1 Außengewinde
- 2 Innengewinde

Bild 10 — Gewinde-Abmessungen

ANMERKUNG Die Darstellung zeigt nur eine typische Gewindegeometrie (60°) — andere Gewindearten sind zulässig.

5.5.6.2 Spezifische Symbole und Einheiten

Tabelle 5 enthält zusätzliche spezifische Symbole und Einheiten.

Tabelle 5 — Spezifische Symbole und Einheiten

Symbol	Eigenschaften	Einheit
$E_{n \max}$	Maximaler Flankendurchmesser des Innengewindes	mm
$E_{n \min}$	Minimaler Flankendurchmesser des Innengewindes	mm
$D_{s \min}$	Minimaler Außendurchmesser des Außengewindes	mm
f_{comp}	Flächenpressung im Gewinde	MPa ^a
f_{sh}	Scherspannung bei Berechnungsdruck	MPa ^a
$K_{n \max}$	Maximaler Innendurchmesser des Innengewindes	mm
L_e	Tragende Gewindelänge am Flankendurchmesser	mm
L_p	Gewindesteigung	mm

^a MPa nur für Berechnungszwecke, ansonsten ist bar gebräuchlich (1 MPa = 10 bar).

5.5.6.3 Scherspannung und tragende Gewindelänge

Die Scherspannung im Gewinde ist nach der folgenden Gleichung zu ermitteln:

$$f_{\text{sh}} = \frac{D_i^2 \cdot PS}{2 \cdot L_e \cdot E_{n \min}} \quad (31)$$

Die folgende Bedingung muss erfüllt werden:

$$f_{\text{sh}} \leq f_{\text{shear}} \quad (32)$$

Dabei ist

$$f_{\text{shear}} = 0,8 f \quad (33)$$

Der Mindestwert der tragenden Gewindelänge L_e ist nach der folgenden Gleichung zu ermitteln:

$$L_e \geq \frac{D_i^2 \cdot PS}{2 \cdot f_{\text{shear}} \cdot E_{n \min}} \quad (34)$$

5.5.6.4 Flächenpressung im Gewinde

Die Flächenpressung ist nach folgender Gleichung zu bestimmen:

$$f_{\text{comp}} = \frac{D_i^2 \cdot PS \cdot L_p}{L_e \cdot (D_{s \min}^2 - K_{n \max}^2)} \quad (35)$$

Die folgende Bedingung muss erfüllt werden:

$$f_{\text{comp}} \leq R_{p0,2/t}$$

Die tragende Gewindelänge L_e ist nach der folgenden Gleichung zu ermitteln:

$$L_e \geq \frac{D_i^2 \cdot PS \cdot L_p}{R_{p0,2/t} \cdot (D_{s \min}^2 - K_{n \max}^2)} \quad (36)$$

5.6 Spezifische Auslegungskriterien für Kolbenspeicher

5.6.1 Geschraubte Deckel

5.6.1.1 Allgemeines

Für die Bewertung der Spannungen in Kolbenspeichern mit geschraubten Deckeln gelten die Anforderungen nach 5.6.1.

5.6.1.2 Spezifische Symbole und Einheiten

Tabelle 6 enthält weitere spezifische Symbole und Einheiten.

Tabelle 6 — Spezifische Symbole und Einheiten

Symbol	Eigenschaften	Einheit
α	Faktor für die Berechnung der Radialspannung	—
β	Faktor für die Berechnung der Radialspannung	mm^{-1}
A_u	Querschnittsfläche des Hydrospeichergehäuses am Gewindeauslauf	mm^2
b	Halber Dichtungsdurchmesser (für O-Ring)	mm
C	Befestigungsbeiwert für Deckel	
D_a	Durchmesser des Deckelauslaufs	mm
D_c	Durchmesser der Anschlussöffnung am Deckel	mm
D_d	Außendurchmesser der Kontaktfläche	mm
D_f	Innendurchmesser der Kontaktfläche	mm
D_m	Mittlerer Gehäusedurchmesser am Gewindeauslauf	mm
D_p	Flankendurchmesser des Gehäusegewindes	mm
D_r	Maximaler Innendurchmesser für die Berechnung der Radialspannung	mm
D_u	Durchmesser des Gewindeauslaufs	mm
E_t	Wanddicke des Mantels am Gewindeauslauf	mm
F	Klemmkraft des Deckels	N
f_b	Radialspannung	MPa^a
F_e	Aufgebrachte Kraft (Moment pro Längeneinheit am Hydrospeichergehäuse) — Nmm/mm	N
G	Durchmesser der wirksamen Dichtungsfläche	mm
G_o	Außendurchmesser der Dichtfuge	mm
$2c$	Dichtfugenbreite	mm
L_r	Länge für die Berechnung der Radialspannung	mm
m	Dichtungsbeiwert	—
M_{ra}	Radiales Gesamtbiegemoment je Längeneinheit bei D_a	$\text{mm} \cdot \text{N/mm}$

Symbol	Eigenschaften	Einheit
M_{rai}	Radiales Biegemoment je Längeneinheit bei D_a	mm·N/mm
M_{rc}	Radiales Gesamtbiegemoment bei D_c	mm·N/mm
M_{rci}	Radiales Biegemoment je Längeneinheit bei D_c	mm·N/mm
M_{ta}	Tangentiales Gesamtbiegemoment bei D_a	mm·N/mm
M_{tai}	Tangentiales Biegemoment je Längeneinheit bei D_a	mm·N/mm
M_{tci}	Tangentiales Biegemoment je Längeneinheit bei D_c	mm·N/mm
q	Flächenpressung	MPa
S	Wanddicke des Deckels	mm
S_c	Kontaktfläche	mm ²
t_c	Tangentiales Gesamtbiegemoment bei D_c	mm·N/mm
ν	Poisson-Zahl	—
Y	Befestigungsbeiwert für Deckel	—
Y'	Befestigungsbeiwert für Deckel	—
^a MPa nur für Berechnungszwecke, ansonsten ist bar gebräuchlich (1 MPa = 10 bar).		

5.6.1.3 Gewinde-Abmessungen

Tabelle 7 zeigt empfohlene Gewindesteigungen für einen Bereich von Gewindedurchmessern. Diese sollten in Verbindung mit den folgenden Gleichungen verwendet werden.

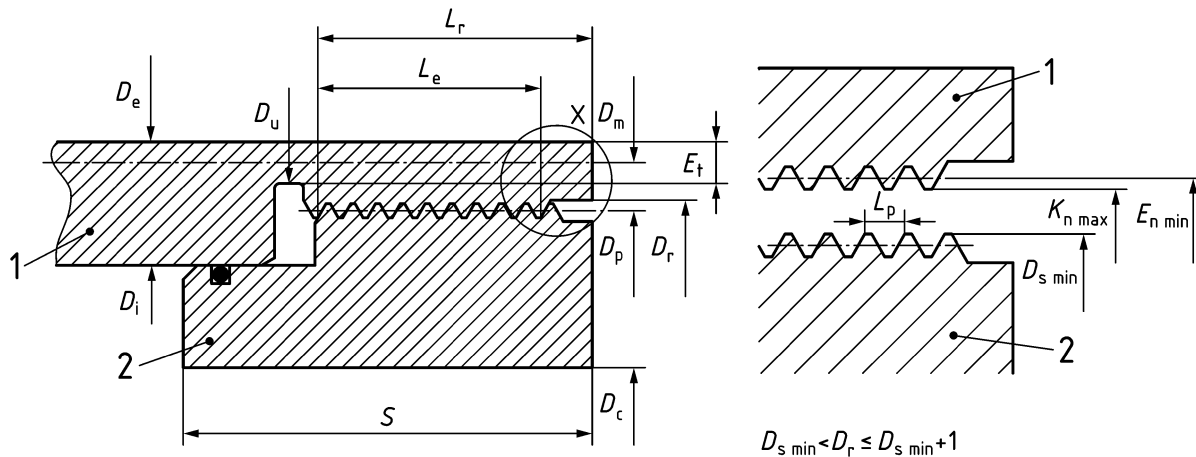
Tabelle 7 — Gewinde

Flankendurchmesser des Gehäusegewindes (D_p)	Gewindesteigung (L_p)
≤ 100 mm	$\geq 1,5$ mm
100 mm bis 200 mm	≥ 2 mm
200 mm bis 400 mm	≥ 3 mm
> 400 mm	≥ 4 mm

ANMERKUNG Für die Gewindeberechnung siehe 5.5.6.

5.6.1.4 Wanddicke von ebenen Deckeln

5.6.1.4.1 Gehäuse mit Innengewinde



Legende

- 1 Gehäuse mit Innengewinde
- 2 Deckel

Bild 11 — Geometrie von Deckeln — Gehäuse mit Innengewinde

Die Wanddicke von ebenen Deckeln S für Gehäuse mit Innengewinde ist nach der folgenden Gleichung zu ermitteln:

$$S = C \cdot Y \cdot D_i \sqrt{\frac{PS}{f}} \quad (37)$$

Für geschraubte Deckel ist der Wert $C = 0,5$ geeignet.

Y ist abhängig vom Wert des Quotienten D_c/D_i .

$$Y = \left\{ \sum_{i=1}^6 A_i \cdot \left(\frac{D_c}{D_i} \right)^{i-1} ; \quad 0 < \left(\frac{D_c}{D_i} \right) \leq 0,8 \right\} \quad (38)$$

$$A_1 = 0,999\,034\,2$$

$$A_2 = 1,980\,626\,0$$

$$A_3 = -9,018\,554\,0$$

$$A_4 = 18,632\,830\,0$$

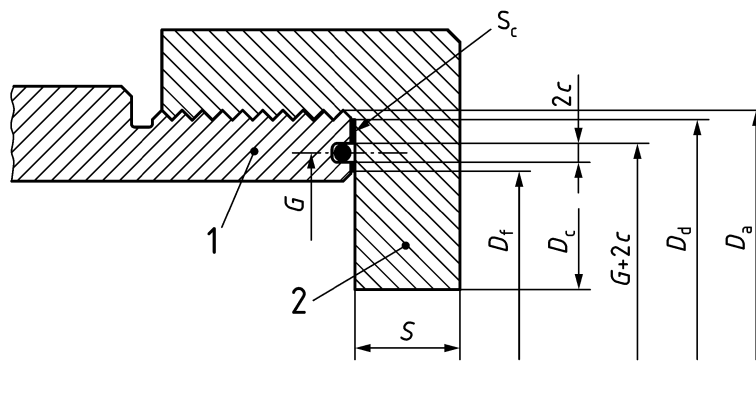
$$A_5 = -19,497\,590\,0$$

$$A_6 = 7,612\,568\,0$$

Alternativ darf ein Wert von 1,16 für Y verwendet werden. Dies ergibt eine konservative Auslegung.

5.6.1.4.2 Gehäuse mit Außengewinde

Für die Bewertung der Spannungen in geschraubten Deckeln gelten die Anforderungen nach 5.6.1.4.2.



Legende

- 1 Gehäuse mit Außengewinde
- 2 Deckel

Bild 12 — Geometrie von Deckeln — Gehäuse mit Außengewinde

Die Wanddicke von ebenen Deckeln S für Gehäuse mit Außengewinde ist unter Berücksichtigung folgender auf D_a und D_c aufgebrachtener Teil- und Gesamtbiegemomente zu ermitteln.

Tabelle 8 — Berechnung des Teil- und Gesamtbiegemoments auf den ebenen Deckel

Last- bedingung	M_{ra}	M_{tc}
1	$M_{ra1} = -PS \frac{D_a^2}{4} \left(L_1 - \frac{C_2}{C_1} L_2 \right)$	$M_{tc1} = PS \frac{D_a^3}{4 \cdot D_c} L_2 \frac{1 - v^2}{C_1}$
2	$M_{ra2} = PS \frac{D_a^2}{4} \left(L_3 - \frac{C_2}{C_1} L_4 \right)$	$M_{tc2} = -PS \frac{D_a^3}{4 \cdot D_c} L_4 \frac{1 - v^2}{C_1}$
3	$M_{ra3} = -q \frac{D_a^2}{4} \left(L_5 - \frac{C_2}{C_1} L_6 \right)$	$M_{tc3} = q \frac{D_a^3}{4 \cdot D_c} L_6 \frac{1 - v^2}{C_1}$
4	$M_{ra4} = q \frac{D_a^2}{4} \left(L_7 - \frac{C_2}{C_1} L_8 \right)$	$M_{tc4} = -q \frac{D_a^3}{4 \cdot D_c} L_8 \frac{1 - v^2}{C_1}$
Gesamt	$M_{ra} = \sum_{i=1}^4 v \cdot M_{rai}$	$M_{tc} = \sum_{i=1}^4 v \cdot M_{tci}$

Dabei ist

$$q = \text{MAX} \left(0; \frac{\left[F - \pi \cdot PS \cdot \frac{((G + 2c)^2)}{4} \right]}{S_c} \right) \quad (39)$$

und

S_c die Kontaktfläche zwischen 1 und 2 (siehe Bild 12);

F die durch Anziehen entstandene Klemmkraft des Deckels.

ANMERKUNG 1 Wenn die Anziehungskraft nicht sicherstellen kann, dass die Teile unter Druck in Kontakt bleiben, dann ist die berechnete Flächenpressung negativ. In diesem Fall ist die Flächenpressung q gleich 0.

ANMERKUNG 2 Der Anwender kann den aufzubringenden Wert F frei wählen.

ANMERKUNG 3 Es ist ratsam, den Koeffizienten des Drehmoments mittels der Kellermann-und-Klein- oder Motosh-Formel zu berechnen.

Dabei gilt

$$C_1 = \frac{1}{2} \left[(1 + \nu) \frac{D_c}{D_a} + (1 - \nu) \frac{D_a}{D_c} \right] \quad (40)$$

$$C_2 = \frac{1}{2} (1 - \nu^2) \left(\frac{D_a}{D_c} - \frac{D_c}{D_a} \right) \quad (41)$$

$$L_1 = \frac{1}{4} \left\{ 1 - \frac{1 - \nu}{4} \left[1 - \left(\frac{D_c}{D_a} \right)^4 \right] - \left(\frac{D_c}{D_a} \right)^2 \left[1 + (1 + \nu) \ln \frac{D_a}{D_c} \right] \right\} \quad (42)$$

$$L_2 = \frac{1}{16} \left[1 - \left(\frac{D_c}{D_a} \right)^4 - 4 \left(\frac{D_c}{D_a} \right)^2 \ln \frac{D_a}{D_c} \right] \quad (43)$$

$$L_3 = \frac{1}{4} \left\{ 1 - \frac{1 - \nu}{4} \left[1 - \left(\frac{G + 2c}{D_a} \right)^4 \right] - \left(\frac{G + 2c}{D_a} \right)^2 \left[1 + (1 + \nu) \ln \frac{D_a}{G + 2c} \right] \right\} \quad (44)$$

$$L_4 = \frac{1}{16} \left[1 - \left(\frac{G + 2c}{D_a} \right)^4 - 4 \left(\frac{G + 2c}{D_a} \right)^2 \ln \frac{D_a}{G + 2c} \right] \quad (45)$$

$$L_5 = \frac{1}{4} \left\{ 1 - \frac{1 - \nu}{4} \left[1 - \left(\frac{D_f}{D_a} \right)^4 \right] - \left(\frac{D_f}{D_a} \right)^2 \left[1 + (1 + \nu) \ln \frac{D_a}{D_f} \right] \right\} \quad (46)$$

$$L_6 = \frac{1}{16} \left[1 - \left(\frac{D_f}{D_a} \right)^4 - 4 \left(\frac{D_f}{D_a} \right)^2 \ln \frac{D_a}{D_f} \right] \quad (47)$$

$$L_7 = \frac{1}{4} \left\{ 1 - \frac{1-\nu}{4} \left[1 - \left(\frac{D_d}{D_a} \right)^4 \right] - \left(\frac{D_d}{D_a} \right)^2 \left[1 + (1+\nu) \ln \frac{D_a}{D_d} \right] \right\} \quad (48)$$

$$L_8 = \frac{1}{16} \left[1 - \left(\frac{D_d}{D_a} \right)^4 - 4 \left(\frac{D_d}{D_a} \right)^2 \ln \frac{D_a}{D_d} \right] \quad (49)$$

Die auf den Durchmesser D_a aufgetragenen maximalen Biege- und Scherspannungen müssen wie folgt berechnet werden:

$$\sigma_a = \frac{6M_{ra}}{S^2} \quad (50)$$

$$r_a = \frac{\text{MAX} \left(F; \pi PS \frac{(G+2c)^2}{4} \right)}{\pi D_a S} \quad (51)$$

Die Vergleichsspannung (nach von Mises) ist gegeben durch:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_a^2 + 3\tau_a^2} \quad (52)$$

Die auf den Durchmesser D_c aufgetragene maximale Biegespannung muss wie folgt berechnet werden:

$$\sigma_c = \frac{6M_{tc}}{S^2} \quad (53)$$

Die folgende Bedingung ist zu erfüllen:

$$\text{MAX} (\sigma_{eq}; \sigma_c) \leq f \quad (54)$$

5.6.1.5 Zugspannung und Radialspannung in einem Hydrospeichergehäuse mit Gewinde

Die Zug- und Radialspannung in einem Hydrospeichergehäuse mit Gewinde ist nach den folgenden Gleichungen zu ermitteln:

$$f_b = \frac{\pi \cdot D_i^2 \cdot PS}{4 \cdot A_u} + \frac{6 \cdot F_e \cdot \alpha}{E_t^2} \quad (55)$$

und

$$F_e = \frac{D_i^2 \cdot PS \cdot |D_m - D_p|}{8 \cdot D_m} \quad (56)$$

dabei gilt für ein Gehäuse mit Innengewinde:

$$A_u = \frac{\pi \cdot (D_e^2 - D_u^2)}{4} \quad (57)$$

und

$$E_t = \frac{D_e - D_u}{2} \quad (58)$$

und

$$D_m = \frac{D_e + D_u}{2} \quad (59)$$

Für ein Gehäuse mit Außengewinde gilt:

$$D_{smin} < D_r \leq D_{smin} + 1 \quad (60)$$

$$\alpha = \frac{1}{4 \cdot \beta \cdot L_e} \left[1 + 4 \cdot e^{-\beta \cdot L_e} \cdot \sin(\beta \cdot L_e) - e^{-2 \cdot \beta \cdot L_e} (\sin(2 \cdot \beta \cdot L_e) + \cos(2 \cdot \beta \cdot L_e)) \right] \quad (61)$$

und

$$E_t = \frac{D_u - D_i}{2} \quad (62)$$

und

$$D_m = \frac{D_i + D_u}{2} \quad (63)$$

Für Gehäuse mit Innen- und Außengewinde gilt:

$$\alpha = \frac{1}{4 \cdot \beta \cdot L_r} \left[1 + 4 \cdot e^{-\beta \cdot L_r} \cdot \sin(\beta \cdot L_r) - e^{-2 \cdot \beta \cdot L_r} (\sin(2 \cdot \beta \cdot L_r) + \cos(2 \cdot \beta \cdot L_r)) \right] \quad (64)$$

ANMERKUNG Nur für die Formeln (61) und (64) ist e = Eulersche Konstante, etwa gleich 2,718.

und

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{12(1 - \nu^2)}{D_m^2 \cdot E_t^2}} \quad (65)$$

Die folgende Bedingung ist zu erfüllen:

$$f_b \leq f$$

5.6.2 Deckel mit Zugankerbefestigung

5.6.2.1 Allgemeines

Für die Bewertung der Spannungen in Deckeln mit Zugankerbefestigung gelten die Anforderungen in 5.6.2.

5.6.2.2 Spezifische Symbole und Einheiten

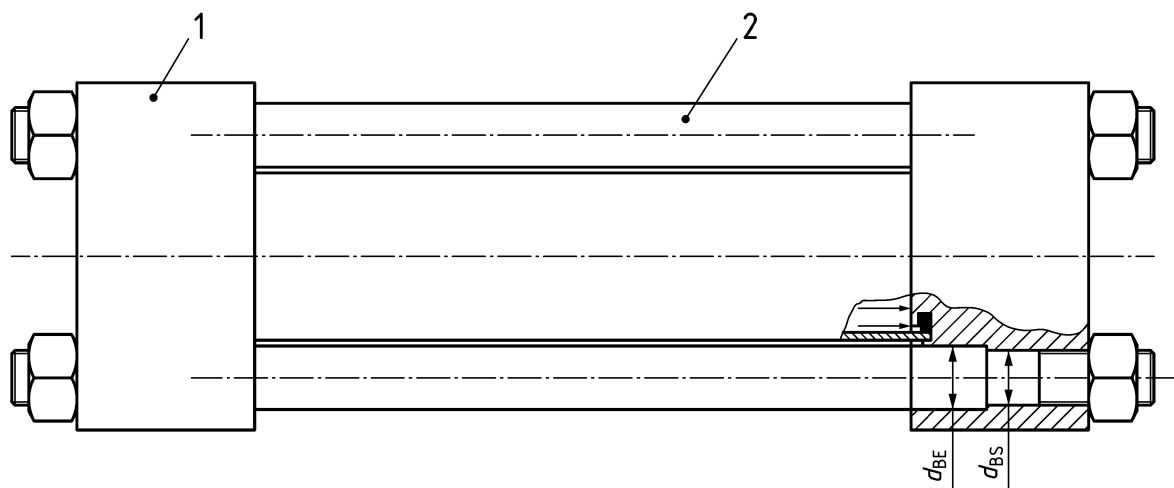
Tabelle 9 enthält zusätzliche spezifische Symbole und Einheiten.

Tabelle 9 — Spezifische Symbole und Einheiten

Symbol	Eigenschaften	Einheit
d_{BE}	Kerndurchmesser des Zugankergewindes	mm
d_{BS}	Schaftdurchmesser eines Zugankers (falls zutreffend)	mm
f_B	Berechnungsnennspannung für Zuganker	MPa ^a
n_B	Anzahl der Zuganker (mindestens 4)	

^a MPa nur für Berechnungszwecke, ansonsten ist bar gebräuchlich (1 MPa = 10 bar).

5.6.2.3 Geometrie



Legende

- 1 Deckel
- 2 Zuganker

Bild 13 — Geometrie