

DIN EN 1442

ICS 23.020.30

Ersatz für
DIN EN 1442:2006-09

**Flüssiggas-Geräte und Ausrüstungsteile –
Ortsbewegliche, wiederbefüllbare, geschweißte Flaschen aus Stahl für
Flüssiggas (LPG) –
Gestaltung und Konstruktion;
Deutsche Fassung EN 1442:2006+A1:2008**

LPG equipment and accessories –
Transportable refillable welded steel cylinders for LPG –
Design and construction;
German version EN 1442:2006+A1:2008

Équipements pour GPL et leurs accessoires –
Bouteilles en acier soudé transportables et rechargeables pour gaz de pétrole liquéfiés
(GPL) –
Conception et fabrication;
Version allemande EN 1442:2006+A1:2008

Gesamtumfang 39 Seiten

Normenausschuss Druckgasanlagen (NDG) im DIN

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 1442:2006+A1:2008) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 286 „Flüssiggas-Geräte und Ausrüstungsteile“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom NSAI (Irland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Spiegelgremium ist der NA 016-00-06 AA „Flüssiggas-Geräte und Ausrüstung; Spiegelausschuss zu CEN/TC 286“ im Normenausschuss Druckgasanlagen (NDG) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V..

Die Änderung A1 ist durch   gekennzeichnet.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 1442:2006-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Änderung in Abschnitt 2;
- b) Änderung in Abschnitt 5.1.3;
- c) Änderung in Abschnitt 7.7.1.2;
- d) Änderung in Abschnitt 7.8.1;
- e) Änderung in Abschnitt 10;
- f) Änderung in Anhang A;
- g) Änderung in den Literaturhinweisen.

Frühere Ausgaben

DIN EN 1442: 1998-04, 2002-06, 2006-09
DIN EN 1442 Berichtigung 1: 2000-02

Deutsche Fassung

**Flüssiggas-Geräte und Ausrüstungsteile —
Ortsbewegliche, wiederbefüllbare, geschweißte Flaschen aus
Stahl für Flüssiggas (LPG) —
Gestaltung und Konstruktion**

LPG equipment and accessories —
Transportable refillable welded steel cylinders for LPG —
Design and construction

Équipements pour GPL et leurs accessoires —
Bouteilles en acier soudé transportables et rechargeables
pour gaz de pétrole liquéfiés (GPL) —
Conception et fabrication

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 18. Mai 2006 angenommen und schließt Änderung 1 ein, die am 20. Dezember 2007 vom CEN angenommen wurde.

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: rue de Stassart, 36 B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
Einleitung.....	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen.....	6
3 Begriffe und Symbole.....	7
3.1 Begriffe	7
3.2 Symbole	7
4 Werkstoffe	8
5 Gestaltung	9
5.1 Allgemeine Anforderungen.....	9
5.2 Wanddickenberechnung des zylindrischen Flaschenkörpers.....	10
5.3 Gestaltung der druckkonkaven Kugeltorusböden und halbelliptischen Böden.....	10
5.4 Gestaltung anderer Bodenformen als Kugeltorusböden und halbelliptischen Böden	14
5.5 Mindestwanddicke	14
5.6 Gestaltung der Öffnungen	15
5.7 Ventilschutz.....	15
5.8 Nicht drucktragende Teile.....	15
6 Konstruktion und Ausführung	15
6.1 Betriebszulassung für das Schweißen.....	15
6.2 Bleche und Pressteile	16
6.3 Schweißverbindungen	16
6.4 Toleranzen	18
6.4.1 Unrundheit.....	18
6.4.2 Abweichung von der Geraden.....	18
6.4.3 Vertikalität.....	18
6.5 Verschließen von Öffnungen.....	18
6.6 Wärmebehandlung.....	18
7 Prüfungen	19
7.1 Allgemeines	19
7.2 Prüfungsarten und Bewertung der Prüfergebnisse	19
7.3 Proben und zugehörige Prüfungen.....	19
7.3.1 Zweiteilige Flaschen.....	19
7.3.2 Dreiteilige Flaschen	20
7.3.3 Schweißnähte der Ventilgewindemuffe	21
7.4 Zugversuch.....	22
7.4.1 Ausgangswerkstoff.....	22
7.4.2 Schweißnähte.....	22
7.5 Faltversuch.....	22
7.5.1 Verfahren	22
7.5.2 Anforderungen	23
7.6 Wasserdruck-Berstprüfung	25
7.6.1 Verfahren	25
7.6.2 Anforderungen	25
7.7 Druckprüfung	26
7.7.1 Verfahren	26
7.7.2 Anforderungen	26
7.8 Röntgenprüfung.....	26
7.8.1 Verfahren	26
7.8.2 Bewertung	27
7.8.3 Anforderungen	27
7.9 Makroskopische Untersuchung	28

7.9.1	Verfahren	28
7.9.2	Anforderungen	28
7.10	Sichtprüfung der Schweißnahtoberfläche	28
7.10.1	Verfahren	28
7.10.2	Anforderungen	28
7.11	Ermüdungsprüfung	28
7.11.1	Verfahren	28
7.11.2	Anforderungen	29
8	Technische Anforderungen für die Typprüfung	29
8.1	Prüfumfang	29
8.2	Flaschentypen	29
8.3	Zertifikat für die Typ-Prüfung	30
9	Anforderungen an die Produktionsprüfung und Untersuchung	30
9.1	Prüfungen und Untersuchungen für alle Flaschen	30
9.2	Röntgenprüfung	30
9.3	Makroskopische Prüfung	31
9.4	Untersuchung der Schweißnaht von Ventilgewindemuffen	31
9.5	Untersuchung von Schweißnähten an nicht drucktragenden Ausrüstungsteilen	31
9.6	Bei Röntgenprüfungen oder makroskopischen Untersuchungen erkannte, unzulässige Mängel	31
9.7	Losprüfung (mechanische/Berst-Prüfungen)	31
9.7.1	Los	31
9.7.2	Prüfloze	32
9.7.3	Anzahl der Proben	32
9.7.4	Ergänzende Prüfungen	34
9.8	Anforderungen an die mechanische und die Berst-Prüfung nicht erfüllt	34
9.8.1	Mechanische Prüfung	34
9.8.2	Berstversuch	34
9.8.3	Los-Wiederholungsprüfung	34
9.8.4	Neues Los vorlegen	35
9.8.5	Schweißausbesserung	35
10	Kennzeichnung	35
11	Zertifikat	35
Anhang A (normativ)	A1 Normspezifische Kennzeichnung A1	36
Literaturhinweise		37

Vorwort

Dieses Dokument (EN 1442:2006+A1:2008) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 286 „Flüssiggas-Geräte und Ausrüstungsteile“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom NSAI gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Juli 2008 und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Juli 2008 zurückgezogen werden.

Dieses Dokument ersetzt  EN 1442:2006 .

Dieses Dokument enthält die Änderung 1, und wurde vom CEN am 2007-12-20 angenommen.

Anfang und Ende der durch die Änderung eingefügten oder geänderten Texte sind jeweils durch Änderungsmarken   angegeben.

Diese Europäische Norm wurde zur Bezugnahme ins RID und/oder in die technischen Anhänge des ADR vorgeschlagen. Daher gelten die in diesem Zusammenhang in den normativen Verweisungen aufgeführten Normen, welche Grundanforderungen des ADR/RID umfassen, die in der vorliegenden Norm nicht behandelt wurden, nur dann als normativ, wenn diese Normen selbst im RID und/oder in den technischen Anhängen des ADR in Bezug genommen werden.

Diese Europäische Norm wurde redaktionell überarbeitet, um an aktuellere LPG-Flaschen-Normen angeglichen zu werden.

Die wesentlichen technischen Änderungen bestehen in der Erweiterung der zugelassenen Materialien, dem Verweis auf die aktuellsten Schweiß-Normen, der Einführung der Radioskopie als zugelassene Alternative zur radiographischen Untersuchung von Schweißungen, der Reduzierung des Mindestberstdruckes von 50 bar auf 35 bar und der Vereinfachung der Kennzeichnungsanforderungen durch den Verweis auf EN 14894.

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.

Einleitung

Diese Europäische Norm behandelt den Gebrauch von Stoffen und Verfahren, welche gesundheitsschädlich sein können, falls keine ausreichenden Vorsichtsmaßnahmen getroffen worden sind. Sie bezieht sich nur auf die technische Anwendbarkeit und entbindet den Anwender grundsätzlich nicht von der Einhaltung gesetzlicher Vorschriften für Gesundheit und Sicherheit.

Beim Entwurf dieser Europäischen Norm wurde vorausgesetzt, dass die Ausführung dieser Bestimmungen entsprechend qualifiziertem und erfahrenem Personal übertragen wird.

Alle Drücke sind Überdrücke, sofern nicht anders festgelegt.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt Mindestanforderungen an die Gestaltung, Konstruktion und Prüfung während der Herstellung von ortsbeweglichen, wiederbefüllbaren, geschweißten Flüssiggasflaschen (LPG) aus Stahl mit einem Fassungsraum von 0,5 l bis einschließlich 150 l fest, wenn diese der Umgebungstemperatur ausgesetzt werden.

Diese Europäische Norm gilt nur für Flaschen mit kreisförmigem Querschnitt.

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 287-1, *Prüfung von Schweißern — Schmelzschweißen — Teil 1: Stähle*

EN 462-1, *Zerstörungsfreie Prüfung — Bildgüte von Durchstrahlungsaufnahmen — Teil 1: Bildgüteprüfkörper (Drahtsteg), Ermittlung der Bildgütezahl*

EN 462-2, *Zerstörungsfreie Prüfung — Bildgüte von Durchstrahlungsaufnahmen — Teil 2: Bildgüteprüfkörper (Stufe-Loch-Typ); Ermittlung der Bildgütezahl*

EN 473:2000, *Zerstörungsfreie Prüfung — Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung — Allgemeine Grundlagen*

EN 895, *Zerstörende Prüfung von Schweißverbindungen an metallischen Werkstoffen — Querzugversuch*

EN 910, *Zerstörende Prüfungen von Schweißnähten an metallischen Werkstoffen — Biegeprüfungen*

EN 962:1996, *Ortsbewegliche Flaschen — Ventilschutzkappen und Ventilschutzvorrichtungen für Flaschen in industriellem und medizinischem Einsatz — Gestaltung, Konstruktion und Prüfungen*

EN 970, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schmelzschweißnähten — Sichtprüfung*

EN 1321, *Zerstörende Prüfung von Schweißverbindungen an metallischen Werkstoffen — Makroskopische und mikroskopische Untersuchungen von Schweißnähten*

EN 1418, *Schweißpersonal — Prüfung von Bedienern von Schweißeinrichtungen zum Schmelzschweißen und von Einrichtern für das Widerstandsschweißen für vollmechanisches und automatisches Schweißen von metallischen Werkstoffen*

EN 1435:1997, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Durchstrahlungsprüfung von Schmelzschweißverbindungen*

EN 10002-1, *Metallische Werkstoffe — Zugversuch — Teil 1: Prüfverfahren*

EN 10120, *Stahlblech und -band für geschweißte Flaschen*

EN 10204:2004, *Metallische Erzeugnisse — Arten von Prüfbescheinigungen*

EN 14784-1, *Zerstörungsfreie Prüfung — Industrielle Computer-Radiographie mit Phosphor-Speicherfolien — Teil 1: Klassifizierung der Systeme*

EN 14784-2, *Zerstörungsfreie Prüfung — Industrielle Computer-Radiographie mit Phosphor-Speicherfolien — Teil 2: Grundlagen für die Prüfung von metallischen Werkstoffen mit Röntgen- und Gammastrahlen* 

EN 14894  :2006 , Flüssiggas-Geräte und Ausrüstungsteile — Kennzeichnung von Flüssiggas-(LPG-) Flaschen

EN ISO 643, Stahl — Mikrophotographische Bestimmung der scheinbaren Korngröße (ISO 643:2003)

EN ISO 5817:2003, Schweißen — Schmelzschweißverbindungen an Stahl, Nickel, Titan und deren Legierungen (ohne Strahlschweißen) — Bewertungsgruppen von Unregelmäßigkeiten (ISO 5817:2003)

EN ISO 6520-1, Schweißen und verwandte Prozesse — Einteilung von geometrischen Unregelmäßigkeiten an Metallen — Teil 1: Schmelzschweißen (ISO 6520-1:1998)

EN ISO 15609-1, Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißanweisung — Teil 1: Lichtbogenschweißen (ISO 15609-1:2004)

EN ISO 15613, Anforderung und Anerkennung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Qualifizierung aufgrund einer Schweißverfahrensprüfung vor Fertigungsbeginn (ISO 15613:2004)

EN ISO 15614-1, Anforderungen und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißverfahrensprüfungen — Teil 1: Lichtbogen- und Gasschweißen von Stählen und Lichtbogen-schweißen von Nickel und Nickellegierungen (ISO 15614-1:2004)

3 Begriffe und Symbole

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1.1

Streckgrenze

obere Streckgrenze, R_{eH} oder die 0,2 %-Dehngrenze (nichtproportionale Dehnung), $R_{p0,2}$, für Stähle ohne ausgeprägte Streckgrenze

3.1.2

normalisiert

durch Wärmebehandlung verursachter Zustand, bei der eine fertig gestellte Flasche auf eine gleich bleibende Temperatur oberhalb des oberen kritischen Punktes (Ac_3) des Stahls erhitzt und danach in einer kontrollierten Atmosphäre abgekühlt wird

3.1.3

spannungsfreies Glühen

durch Wärmebehandlung verursachter Zustand, bei der eine fertig gestellte Flasche auf eine einheitliche Temperatur unterhalb des unteren kritischen Punktes (Ac_1) des Stahls erwärmt und anschließend in einer stillen Atmosphäre abgekühlt wird, um die Restspannungen zu verringern, ohne die metallurgischen Strukturen des Stahls zu verändern

3.1.4

Überlappungsbereich der Schweißnaht

Bereich einer Rundschweißnaht, bei der der Schweißgutauftrag über den Anfangspunkt hinausgeht

3.2 Symbole

a berechnete Mindestdicke des zylindrischen Mantels, in Millimeter

A prozentuale Bruchdehnung

b berechnete Mindestdicke des Flaschenbodens, in Millimeter

C	Formfaktor für Böden (siehe Tabelle 2, Bild 2 und Bild 3)
D	Außendurchmesser der Flasche, entsprechend der Konstruktionszeichnung (siehe Bild 1), in Millimeter
D_p	Außendurchmesser des Dorns beim Faltversuch (siehe Bild 8), in Millimeter
e	tatsächliche Dicke des Werkstoffes der fertig gestellten Flasche (am fraglichen Punkt), in Millimeter
h	Höhe des zylindrischen Teils des Bodens (siehe Bild 1), in Millimeter
H	äußere Höhe des gewölbten Teils des Bodens (siehe Bild 1), in Millimeter
J	Schweißnahtwertigkeit
L_0	ursprüngliche Messlänge des Prüfstücks, nach EN 10002-1, in Millimeter
n	Verhältnis des Dorndurchmessers (Faltversuch) zur Probendicke (siehe Tabelle 6)
P_c	Berechnungsdruck, der zur Berechnung der erforderlichen Mindestdicke des zylindrischen Mantels und der Böden verwendet wird, in bar ($1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 10^5 \text{ N/m}^2$)
P_b	Höchstdruck, der während der Berstprüfung erreicht wurde, in bar
P_h	tatsächlicher Prüfüberdruck, den der Hersteller auf den Mantel wirken lässt, in bar
P_{hmin}	geringster zulässiger Prüfdruck, in bar
r	innerer Krempenradius des Kugeltorusbodens, in Millimeter
R	innerer Wölbungsradius des Kugeltorusbodens, in Millimeter
R_g	Mindestwert für die Zugfestigkeit, die vom Hersteller der Flasche für die fertig gestellte Flasche garantiert wird, in Newton je Quadratmillimeter
R_o	Mindestwert der Streckgrenze, der vom Hersteller der Flasche für die fertig gestellte Flasche garantiert wird, in Newton je Quadratmillimeter
R_m	tatsächlicher Wert der Zugfestigkeit, der durch die in 7.4 beschriebene Zugfestigkeitsprüfung ermittelt wurde, in Newton je Quadratmillimeter
R_{eH}	obere Streckgrenze, in Newton je Quadratmillimeter, wie in EN 10002-1 definiert
$R_{p0,2}$	0,2 %-Dehngrenze, nichtproportionale Dehnung, in Newton je Quadratmillimeter, wie in EN 10002-1 definiert

4 Werkstoffe

4.1 Die Werkstoffe für Mäntel und gepresste Böden müssen EN 10120 entsprechen oder anderen gleichwertigen Werkstoffspezifikationen oder Normen, welche die Anforderungen von Tabelle 1 erfüllen. Alternative Werkstoffspezifikationen müssen zumindest die chemische Zusammensetzung, mechanischen Eigenschaften, Wärmebehandlung und Lieferzustand festlegen.

ANMERKUNG Unter „Werkstoffen“ sind Werkstoffe im Herstellungszustand vor einer spezifischen Umformung zu verstehen.

4.2 Alle an die Flasche angeschweißten Teile müssen aus den mit dem Flaschenwerkstoff verträglichen Werkstoffen hergestellt sein.

4.3 Die Schweißzusatzwerkstoffe müssen so ausgelegt sein, dass sich mit ihnen feste Schweißnähte herstellen lassen.

4.4 Der Flaschenhersteller muss im Besitz von Zertifikaten über die Schmelz- und die mechanischen Eigenschaften des Stahls sein, der für den Bau der drucktragenden Teile der Flasche geliefert wurde. Die Zertifikate/Berichte müssen für den Mantel und Boden nach EN 10204:2004, Zertifikat Typ 3.1 und für den Ventilstutzen Typ 2.2 sein.

4.5 Der Hersteller muss für die zur Herstellung verwendeten Werkstoffe ein Identifizierungssystem unterhalten, damit für alle drucktragende Teile der fertig gestellten Flasche ein eindeutiger Herkunftsnachweis erbracht werden kann.

Tabelle 1 — Werkstoffanforderungen

Element	Grenzen %
Werkstoffe, die nicht in EN 10120 enthalten sind, und für die Flaschenherstellung verwendet werden, müssen Schweißqualität haben und dürfen in der Schmelzanalyse die nachfolgenden Grenzen nicht übersteigen:	
Kohlenstoff	höchstens 0,22
Silikon	höchstens 0,50
Mangan	mindestens 0,30 bis höchstens 1,60
Phosphor	höchstens 0,025
Schwefel	höchstens 0,020
Phosphor und Schwefel	höchstens 0,040
Bei der Verwendung von niedriglegierten Stählen wie Niob, Titan und Vanadium muss der Gehalt wie folgt begrenzt werden:	
Niob	höchstens 0,05
Titan	höchstens 0,05
Vanadium	höchstens 0,05
Niob und Vanadium	höchstens 0,08
Bei der Verwendung anderer niedriglegierter Elemente, müssen ihr Vorhandensein und ihre Menge zusammen mit den oben stehenden Angaben in der Herstellerbescheinigung für den Stahl angegeben werden.	
Sollten Prüfanalysen gefordert werden, müssen diese an Proben durchgeführt werden, die entweder während der Herstellung von dem durch den Stahlhersteller an den Flaschenhersteller zu liefernden Werkstoff oder von der fertigen Flasche entnommen wurden.	

5 Gestaltung

5.1 Allgemeine Anforderungen

5.1.1 Zur Berechnung der Wanddicke der drucktragenden Teile muss die Streckgrenze des Werkstoffs berücksichtigt werden.

5.1.2 Für Berechnungszwecke wird der Wert für die Streckgrenze R_o auf einen Höchstwert von $0,85R_g$ begrenzt.

5.1.3 Der Berechnungsdruck (P_c) darf nicht geringer sein, als der höhere Wert von:

- dem sich bei 65 °C einstellenden Druck des höchsten Druckes des Flüssiggases abzüglich 1 bar; oder
- 10 bar.

[A1] ANMERKUNG Diese Anforderung entspricht RID/ADR. Prüfdrücke für tabellarisierte LPG-Gemische (UN 1965) sind RID/ADR, S. 200, Tabelle 2, zu entnehmen. **[A1]**

5.1.4 Es muss eine Zeichnung angefertigt werden, die alle Maßangaben des Flaschentyps (siehe 8.2) einschließlich der Werkstoffspezifikationen enthält.

5.2 Wanddickenberechnung des zylindrischen Flaschenkörpers

Die Wanddicke, a , zylindrischer Mäntel darf nicht geringer sein als:

$$a = \frac{P_c \times D}{(15 \times R_o \times J) + P_c}$$

Für zylindrische Mäntel mit einer Längsnaht: $J = 0,9$

Für zylindrische Mäntel, einschließlich der zylindrischen Teile der Böden, aber ohne Längsnaht: $J = 1,0$

5.3 Gestaltung der druckkonkaven Kugeltorusböden und halbelliptischen Böden

5.3.1 Die Gestalt der Böden der Flasche muss so sein, dass folgende Bedingungen erfüllt sind:

- für Kugeltorusböden: $R \leq D$; $r \geq 0,1D$; $h \geq 4b$ (siehe Bild 1);
- für halbelliptische Böden: $H \geq 0,2D$; $h \geq 4b$ (siehe Bild 1).