

## SVTI-Vorschrift

	Nr.	Seiten	Revision
Berechnungsgrundlagen .....	301	14	9.02
Zylinder unter Innendruck .....	302	2	1.98
Zylinder unter Aussendruck .....	303	15	1.98
Gewellte und glatte Flammrohre .....	304	4	1.98
Konus unter Innen- oder Aussendruck .....	305	9	1.98
Gewölbte Böden unter Innendruck .....	307	12	1.98
Halbkugel- und Kugelschalen unter Innendruck .....	308	4	1.98
Kalottenböden unter Innendruck .....	309	6	1.98
Böden unter Aussendruck .....	310	3	1.98
Ebene oder gewölbte Platten .....	312	20	1.98
Rohre unter Innen- oder Aussendruck .....	313	3	1.98
Flansche .....	314	17	1.98
Schrauben .....	315	11	1.98
Ausschnitte .....	316	13	1.98
Kompensatoren .....	317	x	*
Tragelemente .....	318	x	*
Spezialkonstruktionen .....	319	2	1.98

\* Vorschriften in Arbeit

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Geltungsbereich .....	1
2. Grundsätze .....	1
3. Zulässige Spannungen und Sicherheitsfaktoren .....	3
4. Schweissfaktoren .....	6
5. Berechnungstemperatur .....	7
6. Berechnungsüberdruck .....	9
7. Zuschläge .....	10
8. Kleinste Wanddicke .....	13

### 1. Geltungsbereich

- 1.1 Die SVTI-Vorschriften der Reihe 300 behandeln Berechnungsregeln für drucktragende Teile von Druckgeräten (Kessel und Druckbehälter).
- 1.2 Ihre Anwendung setzt voraus, dass bei der Wahl der Werkstoffe und deren Verarbeitung der SVTI-Vorschriften der Reihen 100, 200, 400 und 500 sowie die allgemein anerkannten Regeln der Technik beachtet werden.

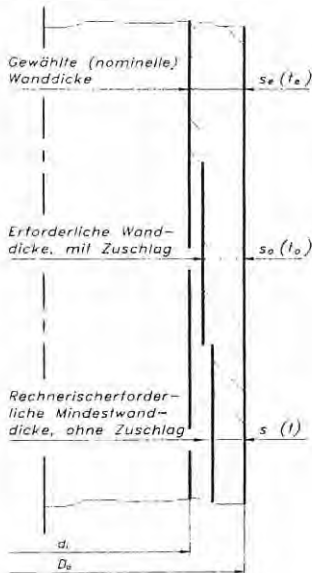
### 2. Grundsätze

- 2.1 Es ist zu beachten, dass das SVTI-Regelwerk vorwiegend statische Beanspruchungen durch Druckeinwirkung berücksichtigt. Zusätzliche Beanspruchungen, wie z.B. durch Eigengewicht, Transport- und Montagelasten, Gewicht bei der Druckprüfung, Temperaturspannungen, behinderte Verformung, Wind- und Schneelasten usw., müssen zusätzlich berücksichtigt werden.

- 2.2 In der rechnerisch erforderlichen Wanddicke  $s$  sind die Zuschläge wie der Unter-  
masszuschlag, der Abnutzungszuschlag (Korrosionszuschlag) und der Konstruk-  
tionszuschlag nicht enthalten. Generell ist die erforderliche Wanddicke  $s_0$  bzw.  $t_0$   
wie folgt zu bestimmen:

$$s_0 = s + c \leq s_e \quad (301.1)$$

$$t_0 = t + c \leq t_e \quad (301.2)$$



$s_0(t_0)$  = erforderliche Wanddicke in mm,  
inkl. Zuschlag

$s(t)$  = rechnerisch erforderliche Mindest-  
wanddicke in mm, ohne Zuschlag

$c$  = Zuschlag in mm, gemäss Ziffer 7

$s_e(t_e)$  = gewählte (nominelle) Wanddicke  
in mm

- 2.3 Wird von der Festlegung der SVTI-Vorschriften abgewichen, muss nachweisbar  
sein, dass die Sicherheit auf andere Weise eingehalten ist, z.B. durch Werkstoff-  
prüfungen, Versuche, Spannungsanalysen. Dabei ist die SVTI 319 zu beachten.

- 2.4 Die in den Tabellen 301 F (Bleche) und 313 A (Rohre) festgelegten Mindest-  
wanddicken können unterschritten werden, wenn der Nachweis der fachgerech-  
ten Verarbeitung (Schweissen) kleinerer Wanddicken in einer Verfahrensprüfung  
und/oder Bauartzulassung vermerkt ist.

- 2.5 Bei Festigkeitsnachweis durch einen Berstversuch (z.B. bei rechnerisch schwierig erfassbaren Formen) wird eine Sicherheit gegenüber dem Berstüberdruck von mindestens 4,5 verlangt. Dieser Nachweis gilt nur für Berechnungstemperaturen von  $-10\text{ °C}$  bis  $50\text{ °C}$ .  
Für Temperaturen unter  $-10\text{ °C}$  bzw. über  $50\text{ °C}$  ist der Sicherheitsfaktor mit dem SVTI abzusprechen.

### **3. Zulässige Spannungen und Sicherheitsfaktoren**

- 3.1 Die zulässige Spannung  $f$ , welche in den Berechnungsformeln zu verwenden ist, hängt von der Art der Belastung des Objektteils, von der Auslegungskategorie (SVTI 109) sowie von den Festigkeitseigenschaften des Werkstoffs bei der massgebenden Temperatur (Berechnungstemperatur) ab. Die Kriterien sowie die Formeln zur Bestimmung der zulässigen Spannung  $f$  sind in den Tabellen 301 A und 301 B zusammengestellt.
- 3.2 In den Berechnungsformeln der Bauelemente stellen die eingesetzten «zulässigen Spannungen  $f$ » Berechnungswerte dar, die sich nicht immer mit den effektiv auftretenden maximalen Spannungen decken. Dies gilt vor allem für Rohrplatten und Flansche sowie für die Berechnungen von Ausschnittsverstärkungen und generell für die durch die Verbindung ungleicher Elemente bedingten Spannungskonzentrationen. Zu beachten ist dieser Punkt bei Spannungsanalysen und Dehnungsmessungen, für welche die maximal tolerierbaren Spannungsspitzen von Fall zu Fall im Einvernehmen mit dem SVTI festzulegen sind.
- 3.3 Bei nicht artgleich geschweissten Verbindungen sind die Festigkeitskennwerte des Schweißgutes dann der Berechnung zugrunde zu legen, wenn sie niedriger sind als die des Grundwerkstoffes gemäss Abschnitt 200.
- 3.4 Vollbeanspruchte Schweißnähte ( $z = 1$ ) in Bauteilen, die mit Hilfe der Zeitstandfestigkeit bemessen werden, sind mit dem um 20% herabgesetzten Festigkeitskennwert des Grundwerkstoffes zu berechnen, es sei denn, Zeitstandwerte der Schweißverbindungen liegen vor.
- 3.5 Durch Kaltverfestigung erzielte höhere Festigkeitskennwerte können nur dann in die Berechnung eingesetzt werden, wenn sie nachgewiesen werden (Materialattest) und am fertigen Bauteil vorhanden sind (z.B. Wärmebehandlung, Kaltverfestigung).  
In der Regel wird eine Sonderzulassung erforderlich.

**Tabelle 301 A Zulässige Spannungen**

Beanspruchungsart	Objekt Auslegungskat. *1	Zulässige Spannungen $f$ in N/mm <sup>2</sup>	Bemerkungen
Innendruck	1, 2 und 3	$R_m / x_1$ bzw. $R_e / x_2$	*2 *3
		$R_t / x_3$	*4
Aussendruck a) elastisches Einbeulen b) plastische Deformation	1, 2 und 3	$x_4$ in den Dimensionierungsformeln enthalten	*2 *3
	1, 2 und 3	$R_e / x_5$ bzw. $R_t / x_5$	
Temperatur tiefer -10 °C	2	$f_t = f \cdot (x_6)$	
Prüfzustand nur sofern Prüfdruck nicht gemäss SVTI512 sowie für Einbauzustand von Schrauben nach SVTI 315	1, 2 und 3	$R_m / x_7$ $R_e / x_8$ Innen-Aussendruck plastische Deformation	*3
		$x_9$ Aussendruck elastisches Einbeulen in den Dimensionierungsformeln enthalten	
Verschraubungen	1, 2 und 3	$R_m / x_1$ bzw. $R_e / x_2$	*2 *3
		$R_t / x_3$	*4
Schwellige und schwingende Beanspruchungen	2	AD-Merkblätter S1 / S2	
Allgemeine Standsicherheitsnachweise	1, 2 und 3	AD-Merkblätter S3/0 bis S3/5	

**Anmerkungen**

- $f$  = zulässige Spannung in N/mm<sup>2</sup> (Berechnungsspannung)
- $f_t$  = Berechnungsspannung bei Anwendung von einem Lastfall nach SVTI 215
- $R_m$  = minimale garantierte Zugfestigkeit in N/mm<sup>2</sup> bei Raumtemperatur (20 °C)
- $R_e$  = minimale garantierte Streckgrenzwerte in N/mm<sup>2</sup> bei der Berechnungstemperatur:  
1) ferritische Stähle 0,2% bzw. 2) austenitische Stähle 1,0%
- $R_t$  = mittlere Zeitstandfestigkeit für Bruch bei 10<sup>5</sup> Stunden in N/mm<sup>2</sup> bei Berechnungstemperatur und Beachtung von Ziffer 3.4
- $x_1-x_9$  = Sicherheitsfaktoren gemäss Tabelle 301 B

\*1 Objekt Auslegungskategorie gemäss SVTI 109.

\*2 Der kleinste Wert ist massgebend.

\*3 Sofern der Prüfdruck nach SVTI 512 bestimmt wurde, ist eine Nachrechnung der Wanddicken für den Prüfzustand nicht erforderlich.

\*4 Anwendung ist Werkstoff- und Temperaturabhängig.

**Tabelle 301 B      Sicherheitsfaktoren  $x_1$  bis  $x_9$**

	Objekt Auslegungs- kategorie *1	Stähle *2	Stahl- guss	Sphäro- guss	Grau- guss	Alu Knet- Leg.	Alu- guss	Kupfer *3	Nickel Titan *4	Schrau- ben *5
$x_1$	1	2,7 *6	3,0	3,5	7,0	–	–	4,0	–	2,4
$x_2$		1,6 *6	1,8	2,2	–	–	–	–	–	1,8
$x_3$		1,6 *6	1,8	2,2	–	–	–	–	–	1,8
$x_1$	2 und 3	2,4 *7 *8	2,8	3,2	6,0	2,5	4,0	3,5 *9	2,4	2,4
$x_2$		1,5 *7	1,6	2,0	–	1,5	–	1,5 *9	1,5	1,8
$x_3$		1,5 *7	1,6	2,0	–	–	–	1,5 *9	1,5	1,8
$x_4$	1	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	–
	2 und 3	3,0	4,0	4,0	4,0	3,0	4,0	3,0	3,0	–
$x_5$	1	2,0								
		2,2 *10	2,5	2,5	7,0	–	–	4,0	2,2	–
	2 und 3	1,6								
		1,8 *10	2,5	2,5	6,0	2,0	3,5	3,5	1,8	–
$x_6$	2	Lastfall-Faktor nach SVTI 215 = % 100 / 85 / usw.								
$x_7$	1, 2 und 3	–	–	–	3,0	–	2,0	–	–	–
$x_8$		1,05	1,2	1,5	–	1,1	–	1,1	1,1	1,1
$x_9$	1, 2 und 3	$\geq 2,3$ (Prüftemperatur = Raumtemperatur)								

**Anmerkungen**

- \*1 Gemäss SVTI 109
- \*2 Für SVTI 203, 204, 206, 207 und 214
- \*3 Bei Temperaturen grösser als 100 °C  $x_1$  zu  $R_{mT}$  massgebend
- \*4 Für LCNi-Werkstoffe sind die Langzeitdehngrenzen massgebend
- \*5 Für Schrauben bei Flanschverbindungen nach SVTI 205
- \*6 Alternative nach PED:  
 $x_1 = 2,4$ ;  $x_2 = 1,5$ ;  $x_3 = 1,5$   
 Prüfumfang: mindestens nach SVTI 506, P4-PED  
 Zusätzliche Auflagen: a) Nachrechnung für den Prüfzustand und ev. Anpassung der Wanddicke  
 b) WPAR/AP nach SVTI 505/506 mit Nachweis  $R_{mT}$  und  $A_5 > 35\%$  im Schweissgut
- \*7 Alternative nach PED für Stähle nach SVTI 207 der Gruppe 8.1 (SVTI 505) mit  $A_5 > 35\%$   
 $x_1 = 3,0$  zu  $R_{mT}$ ;  $x_2 = 1,2$ ;  $x_3 = 1,2$   
 Prüfumfang: mindestens nach SVTI 506, P4-PED  
 Zusätzliche Auflagen: a) Nachrechnung für den Prüfzustand und ev. Anpassung der Wanddicke  
 b) WPAR/AP nach SVTI 505/506 mit Nachweis  $R_{mT}$  und  $A_5 > 35\%$  im Schweissgut
- \*8 Für geschmiedete Flaschen:  $x_1 = 2,1$  statt 2,4 und Prüfdruck = höchster Wert auf der Zeichnung, wenn mehrere Regelwerke vorkommen
- \*9 Für gelötete Teile:  $x_1 = 4,0$  statt 3,5 und Festlegungen in SVTI 212 beachten
- \*10 Für Stähle nach SVTI 207 und 214 bei Anwendung der 1%-Dehngrenzen

## 4. Schweissfaktoren

- 4.1 Der Schweißfaktor  $z$  ist als Ergänzung zum Sicherheitsfaktor mitbestimmend für die rechnerisch zugelassene Spannung in einem geschweissten Objektteil (Zylinder, Konus, Halbkugelboden usw.).
- 4.2 Die SVTI-Vorschrift 506 gibt Auskunft über den erforderlichen Prüfumfang in Abhängigkeit vom gewählten Schweißfaktor und von der Werkstoffgruppe.
- 4.3 Die Herstellerfirma muss für das betreffende Einsatzgebiet (Werkstoffgruppe, Dickenbereich, Schweißverfahren) im Besitze einer gültigen Herstellerzulassung, nach SVTI 501 und Verfahrensprüfungen nach SVTI 505, sein.
- 4.4 Die eingesetzten Schweißer müssen im Besitze eines gültigen Schweißerausweises, nach SVTI 504, sein.

### 4.5 Ausnutzung der zulässigen Spannung in der Schweißnaht

- 4.5.1 Für Schweißverbindungen können folgende Schweißfaktoren eingesetzt werden:
- a)  $z = 1,0$
  - b)  $z = 0,85$
  - c)  $z = 0,70 \cdot *1$

\*1 Der Schweißfaktor 0,70 gilt nur für Objekte der Auslegungskategorie 3 und für die Werkstoffgruppen 1.1 und 8.1 (SVTI 505/Tabelle 505 E und Anhang 1).

Der festgelegte Schweißfaktor sowie die damit verbundenen Prüfungen sind in der Konstruktionszeichnung anzugeben.

- 4.5.2 Für hartgelötete Verbindungen kann mit  $z = 0,8$  gerechnet werden, falls nicht in der Verfahrensprüfung ein niedrigerer Wert festgelegt wird.
- 4.5.3 Weichgelötete Längsnähte bei Kupfermänteln sind nicht zulässig. Weichgelötete Rundnähte sind zulässig, wenn:
- eine Überlappung angewandt wird.
  - die Überlappungsbreite mindestens  $10 \cdot s_a$  beträgt ( $s_a$  = ausgeführte Wanddicke).
  - die ausgeführte Mantelwanddicke 6 mm nicht überschreitet.
  - $D_a \times PS \leq 2500$  mm bar eingehalten wird.
- In diesem Fall ist für die Rundnaht der Schweißfaktor  $z = 0,80$  einzusetzen.

## 5. Berechnungstemperatur $t_{calc}$

- 1) Die Berechnungstemperatur (siehe SVTI 105) ist mitbestimmend bei der Werkstoffwahl sowie für die Höhe der zulässigen Spannung. Sie ist gemäss den nachstehenden Festlegungen zu wählen und muss auf den Konstruktionszeichnungen und in der Berechnung stets angegeben werden.
- 2) Als Berechnungstemperatur für die einzelnen Druckgeräteeile gelten in der Regel die zulässigen Temperaturen (TS)  $t_{min}$  und  $t_{max}$  gemäss SVTI 105, allenfalls zuzüglich eines Zuschlages je nach Druckgerätekategorie und Verwendungszweck des Bauteils gemäss Ziffer 5.1 bis 5.3 dieser Vorschrift.

### 5.1 Druckgeräte der Auslegungskategorie 1 (Einteilung siehe SVTI 109)

5.1.1 Die Berechnungstemperatur ist abhängig von der Verwendung des betreffenden Bauelementes zu wählen:

- 1) bei unbeheizten Elementen: maximale Mediumstemperatur
- 2) bei beheizten Elementen: im Strahlungsteil  
max. Mediumstemp. zuzüglich +50 °C  
im Konvektionsteil  
max. Mediumstemp. zuzüglich +25 °C
- 3) bei Überhitzern: im Strahlungsteil  
max. Mediumstemp. zuzüglich +50 °C  
im Konvektionsteil  
max. Mediumstemp. zuzüglich +35 °C

5.1.2 Für beheizte Elemente und Überhitzer können tiefere Berechnungstemperaturen bei Vorliegen eines rechnerischen Nachweises der Temperatur in der Wandmitte zugestanden werden.

### 5.2 Druckgeräte der Auslegungskategorie 2 (Einteilung siehe SVTI 109)

5.2.1 Die Berechnungstemperatur ist entsprechend der höchstmöglichen Temperatur, welcher der betreffende Objektteil ausgesetzt ist, zu wählen:

- 1) bei unbeheizten Wandungen wird in der Regel die höchste Temperatur des Beschickungsgutes eingesetzt.
- 2) bei beheizten Wandungen die höchste Temperatur des Heizmittels
- 3) bei abgedeckter Wand die höchste oder tiefste Temperatur des Beschickungsgutes zuzüglich 20 °C
- 4) Liegt die höchste zu erwartende Wandtemperatur unter +20 °C, so beträgt die Berechnungstemperatur +20 °C.



- 5.2.2 Bei Objekten, die künstlich oder witterungsbedingt bei Temperaturen unter +5 °C betrieben werden, ist zusätzlich SVTI 215 zu beachten.  
Zulässige Betriebstemperaturen unter -10 °C sind auf dem Fabrikschild anzugeben.
- 5.2.3 Bei im Freien aufgestellten, weder beheizten noch gekühlten Lagerbehältern für verflüssigte Gase sind die Berechnungstemperaturen der Tabelle 301 C zu entnehmen. Die Festlegungen der SVTI 215 sind zu beachten.
- 5.2.4 Bei beheizten bzw. gekühlten Objektteilen können niedrigere bzw. höhere Berechnungstemperaturen zugestanden werden, wenn ein rechnerischer und/oder messtechnischer Nachweis der Wandtemperatur vorliegt.

**Tabelle 301 C Berechnungstemperaturen für verflüssigte Gase**

<i>Behältertyp</i>	<i>max. zulässiger Druck (PS) entsprechend Dampfüberdruck bei</i>	<i>Bemerkung</i>
Lagerbehälter, die ohne Sicherheitsventile akzeptiert werden *1	mind. 50 °C *2	z.B. Cl <sub>2</sub> Lagerbehälter
Vorschriftsgemäss abgesicherte Lagerbehälter für leicht brennbare resp. explosive Medien *1	oberirdisch im Freien und teilweise erdüberdeckt: + 40 °C / -20 °C vollständig erdüberdeckt > 0,8 m; +30 °C / -20 °C	gemäss Flüssiggas-Richtlinie Teil 1 bzw. SVTI 705
Vorschriftsgemäss abgesicherte Lagerbehälter für sonstige verflüssigte Gase *1	keine Temperaturfestlegung, max. zulässiger Druck (PS) entspricht dem Ansprechüberdruck der Absicherung	z.B. CO <sub>2</sub>
Behälter von Kälteanlagen gemäss SN 253150 und SVTI 215		

*Anmerkungen*

\*1 SVTI 602 und 603 beachten.

\*2 Bei entsprechenden Kühleinrichtungen gemäss Vereinbarung mit dem SVTI.

**5.3 Druckgeräte der Auslegungskategorie 3** (Einteilung siehe SVTI 109)

- 5.3.1 Die Berechnungstemperatur ist entsprechend der maximal möglichen Temperatur des Füllmediums zu wählen.

- 5.3.2 Objekte, die einer Temperatur unter  $-10\text{ °C}$  ausgesetzt sind, sind nicht zugelassen. Für den Temperaturbereich zwischen  $+5\text{ °C}$  und  $-10\text{ °C}$  müssen die Festlegungen der SVTI 215 beachtet werden.

## **6. Berechnungsdruck $p_{\text{calc}}$**

- 6.1 Unter Druck wird stets der Überdruck in bar (siehe SVTI 105) verstanden. Unterdrücke sind mit negativem Vorzeichen (z.B.  $-0.7\text{ bar}$ ) anzugeben. In den Berechnungsformeln sind die Drücke nicht in bar, sondern in  $\text{N/mm}^2$  einzusetzen ( $1\text{ bar} = 0,1\text{ N/mm}^2$ ).
- 6.2 In den einzelnen Berechnungsformeln wird  $p_{\text{calc}}$  nur noch mit  $p$  geschrieben.
- 6.3 Als Berechnungsdruck der einzelnen Objektteile gilt in der Regel der max. zulässige Druck (PS).

$$p_{\text{calc}} \geq PS \quad (301.3)$$

PS = max. zulässiger Druck in bar gemäss SVTI 105

- 6.4 Statische Drücke der Füllung sowohl während des Betriebes als auch bei der Druckprüfung sind zusätzlich zu berücksichtigen, sofern sie die Beanspruchung der Wandung um mehr als 5% erhöhen.

$$p_{\text{calc}} \geq 0,95 PS + 0,1 H \cdot \rho \quad (301.4)$$

PS = max. zulässiger Druck in bar  
H = statische Druckhöhe (max. Füllhöhe des Mediums in m)  
 $\rho$  = Dichte des Mediums in  $\text{kg/dm}^3$  (für flüssige Medien  $\rho_{\text{min.}} = 1,0$ )

- 6.5 Drucktrennende Wandungen sind stets für den ungünstigsten Belastungsfall entsprechend dem jeweils grössten Druck und nach der grössten Druckdifferenz zu dimensionieren.
- 6.6 Wird der Prüfdruck höher gewählt als in der SVTI 512 verlangt, so ist eine zusätzliche Berechnung für den Prüfzustand erforderlich, unter Anwendung des Sicherheitsfaktors für den Prüfzustand gemäss Tabellen 301 A und 301 B.
- 6.7 Bei Lagerbehältern für verflüssigte Gase sind die max. zulässigen Drücke (PS) mindestens gemäss Tabelle 301 C zu wählen.
- 6.8 Statische Zusatzkräfte sind in der Zeichnung anzugeben, wenn dadurch die Beanspruchung der Druckgeräte um mehr als 5% erhöht wird (z.B. Füllgut, Auflagerkräfte, Wind- und Schneelast, Erdüberdeckung).

## 7. Zuschläge

7.1 Die durch die Berechnungsformeln gegebenen Wanddicken stellen Mindestwerte dar.

- 1) Sie dürfen allenfalls nur im Rahmen der zulässigen Wanddickentoleranzen gemäss Ziffer 7.2 am fertigen Bauteil unterschritten werden.
- 2) Der vorgeschriebene Zuschlag  $c$  zur formelmässig bestimmten Wanddicke setzt sich aus 3 Komponenten zusammen:

$$c = c_1 + c_2 + c_3 \quad (301.5)$$

$c$  = Zuschlag zur formelmässig bestimmten Wanddicke in mm

$c_1$  = Untermasszuschlag in mm gemäss Ziffer 7.2

$c_2$  = Abnutzungszuschlag (Korrosionszuschlag) in mm gemäss Ziffer 7.3

$c_3$  = Konstruktionszuschlag in mm gemäss Ziffer 7.4

### 7.2 Untermasszuschlag $c_1$

7.2.1 Für Bleche und geschweisste Rohre aus ferritischen und austenitischen Werkstoffen, welche mit Blechdicken- bzw. Wanddickentoleranzen nach DIN- bzw. EN-Normen gemäss Tabelle 301 D bestellt und ausgeliefert werden, gilt:

$s$	*1	$c_1$ in mm ferritische Werkstoffe	$c_1$ in mm austenitische Werkstoffe	$c_1$ in mm Aluminium und Buntmetalle
$\leq 5$ mm		0,2	0,2	0,2
$> 5$ mm		0,3	0	0,3

#### Anmerkung

\*1 Für Bleche und geschweisste Rohre mit grösseren Abweichungen als nach der DIN-Norm ( $>0,3$  mm bei Wanddicken bis 10 mm bzw.  $>0,5$  mm bei Wanddicken über 10 mm) sind die Abweichungen der betreffenden Norm zu berücksichtigen.

$s$  = rechnerisch erforderliche Mindestwanddicke in mm, ohne Zuschlag.

**Tabelle 301 D    Blechdickentoleranzen, Waddickentoleranzen nach DIN EN**

<i>Bleche</i>	
DIN EN 10029	warmgewalztes Blech von 3 bis 150 mm Dicke
DIN EN 10131	kaltgewalztes Breitband und Bleche aus unlegierten Stählen
DIN 59381	kaltgewalztes Band aus nicht rostenden und hitzebeständigen Stählen
DIN 59382	kaltgewalztes Breitband und Bleche aus nicht rostenden Stählen
<i>Geschweisste Rohre</i>	
DIN 1626	geschweisste kreisförmige Rohre aus unlegierten Stählen für besondere Anforderungen
DIN 1628	geschweisste kreisförmige Rohre aus unlegierten Stählen für besonders hohe Anforderungen
DIN 17174	geschweisste kreisförmige Rohre aus kaltzähem Stählen
DIN 17177	elektrisch pressgeschweisste Rohre aus warmfesten Stählen
DIN 2463	geschweisste Rohre aus austenitischen nicht rostenden Stählen

7.2.2 Für nahtlose Rohre aus ferritischen und austenitischen Werkstoffen, welche mit Waddickentoleranzen nach DIN gemäss Tabelle 301 E bestellt und ausgeliefert werden, gilt:

- 1) bei  $d_a \leq 127$  mm,  $c_1 = 5\%$  der Nennwanddicke
- 2) bei  $d_a > 127$  mm,  $c_1 = 10\%$  der Nennwanddicke  
 $d_a$  = Rohraussendurchmesser in mm  
 $c_1$  = Untermasszuschlag in mm
- 3) Für nahtlose Rohre aus anderen Werkstoffen oder mit anderen Toleranzverbindungen ist diese Vorschrift sinngemäss anzuwenden bzw. mit dem SVTI zu vereinbaren.

**Tabelle 301 E    Nahtlose Rohre**

<i>Nahtlose Rohre</i>	
DIN 1629	nahtlose kreisförmige Rohre aus unlegierten Stählen für besondere Anforderungen
DIN 1630	nahtlose kreisförmige Rohre aus unlegierten Stählen für besonders hohe Anforderungen
DIN 17173	nahtlose kreisförmige Rohre aus kaltzähem Stählen
DIN 17175	nahtlose Rohre aus warmfesten Stählen
DIN 2462	nahtlose Rohre aus nicht rostenden Stählen

- 7.2.3 Ein zusätzlicher Untermasszuschlag  $c'_1$  ist für den Ausgangswerkstoff überall dort vorzusehen, wo aus Fabrikationsgründen Wanddickenunterschreitungen zu erwarten sind, z.B. bei Rohrbogen, gewölbten Böden usw. Die Grösse dieses Zuschlages ist vom Hersteller der Zwischenfabrikate zu bestimmen und anzugeben.
- 7.2.4 Für gegossene Teile sind die Festlegungen in den betreffenden SVTI-Vorschriften zu beachten.

### **7.3 Abnutzungszuschlag (Korrosionszuschlag) $c_2$**

#### **7.3.1 Ferritische Stähle**

- 1) Der Abnutzungszuschlag  $c_2$  beträgt in der Regel mindestens 0,8 mm.
- 2) Er entfällt, wenn die gewählte (nominelle) Wanddicke  $s_e > 30$  mm beträgt.
- 3) Bei genügendem Schutz der Innenwandung, z.B. durch Plattierung, Gummierung, Emaillierung, Kunststoffüberzüge, nicht aber bei galvanischen Überzügen, Feinverzinkung und Anstrichen, unter der Voraussetzung einer zugänglichen Aussenseite (ohne aufgeschweissten Doppelmantel oder Heizschlange) kann der Zuschlag  $c_2$  weggelassen werden.
- 4) Bei Kunststoffüberzügen muss in jedem Falle die Eignung des Kunststoffs nachgewiesen sein.

#### **7.3.2 Austenitische Stähle und Nichteisenmetalle**

Sofern keine besondere Vereinbarung zwischen Betreiber und Hersteller vorliegt, beträgt der Abnutzungszuschlag  $c_2 = 0$  mm.

7.3.3 In Abweichung zu Ziffer 7.3.1 und 7.3.2 ist zwischen Betreiber und Hersteller ein höherer Zuschlag  $c_2$  zu vereinbaren, wenn die Beschickungsmittel stark korrodierend wirken. In diesem Fall muss er in der Zeichnung als Abnutzungszuschlag  $c_2$  vermerkt werden.

7.3.4 Bei der Auslegung der Mindestwanddicke von Zylindern bzw. Rohren, berechnet nach dem Innendurchmesser  $D_i$ , ist bei möglicher Korrosion auf der Innenseite der Zuschlag  $c_2$  gemäss der Formel (302.1) zu berücksichtigen.

### **7.4 Konstruktionszuschlag $c_3$**

7.4.1 Bei einigen Berechnungen von Elementen, z.B. bei gewellten Flammrohren, wird ein zusätzlicher Konstruktionszuschlag  $c_3$  verlangt. Dieser Konstruktionszuschlag ist unabhängig von der Materialwahl und ist, wo vorgeschrieben, jeweils in den betreffenden SVTI-Vorschriften angegeben.

- 7.4.2 Bei bestimmten Korrosionseinflüssen kann es notwendig sein, neben der Verwendung geeigneter Werkstoffe und zweckentsprechender Konstruktion, die Höhe der Zugspannung zu reduzieren, um dadurch eine Spannungskorrosion zu vermeiden.
- 7.4.3 Müssen aus Gründen der Festigkeit oder aus betrieblichen Gründen höhere Wanddicken vorgesehen werden als vom Berechnungsdruck erforderlich sind, so sind sie im Konstruktionszuschlag  $c_3$  auszuweisen.  
Zuschläge können z.B. bestimmt sein:
- zur Aufnahme von Eigengewicht.
  - zur Aufnahme von zusätzlichen Lasten, wie Ausmauerung, Verschmutzungen, Podestabstützungen, Isolation usw.
  - zur Aufnahme von Lasten aus Wind, Transport, Montage usw.
  - bei zu erwartenden Korrosionen und/oder Erosionen.
- 7.4.4 Die Höhe des Zuschlags  $c_3$  ist in jedem Fall in der Zeichnung zu vermerken.

## **8. Kleinste Wanddicke**

- 8.1 Die festgelegten Mindestwanddicken müssen am fertigen Bauteil als Nennmass vorhanden sein.
- 8.2 Für Bleche und gegossene Teile sind die kleinsten zugelassenen Mindestwanddicken in Abhängigkeit der Auslegungskategorie und der Werkstoffe aus der Tabelle 301 F zu entnehmen.
- 8.3 Für Rohre sind die Mindestwanddicken in SVTI 313 festgehalten.
- 8.4 Für Stützen sind die Festlegungen in SVTI 316 zu beachten. Die Mindestwanddicke für den Flanschansatz ist in der Vorschrift 314/Ziffer 5.1.3.4) festgehalten.

**Tabelle 301 F Mindestwanddicken für Bleche und Gussteile in mm**

Werkstoff	Aus <i>bvc</i> legungskategorie			
	1 <i>Innerer</i> <i>Überdruck</i>	*1 1 <i>Äusserer</i> <i>Überdruck</i>	2 und 3 <i>Innerer</i> <i>Überdruck</i>	*1 2 und 3 <i>Äusserer</i> <i>Überdruck</i>
Unlegierte und legierte Stähle	3,0	5,0	2,0	3,0
Nicht rostende austenitische Stähle	2,0	3,0	2,0	2,0
Kupfer und Kupferlegierungen	3,0	4,0	3,0	4,0
Aluminium und Aluminiumlegierungen	–	–	3,0	4,0
Stahlguss	8,0	8,0	7,0	7,0
Grauguss, Sphäroguss, Temperguss	10,0	10,0	8,0	8,0
Aluminiumguss	–	–	8,0	8,0

*Anmerkung*

\*1 Falls die ausgeführte Wanddicke mindestens den doppelten Wert der berechneten Mindestwanddicke aufweist, sind um 1 mm geringere Wanddicken zulässig, sofern die notwendigen Zulassungen nach SVTI 501 und 505 vorhanden sind. Diese Festlegung gilt nicht für direktbefeuerte Bauteile.

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Geltungsbereich .....	1
2. Berechnung .....	1
3. Verschwächung durch Ausschnitte .....	2
4. Kleinste Wanddicke .....	2

### 1. Geltungsbereich

- 1.1 Die nachstehenden Dimensionierungsregeln gelten unter Beachtung des Verhältnisses  $D_a / D_i$  für Bauteile, die unter innerem Überdruck stehen, und zwar für:
- 1) Zylinderschalen
  - 2) Rohre als Objektmantel
  - 3) Stutzen
- 1.2 Nahtlose oder geschweisste Rohre bis max. 400 mm Aussendurchmesser, welche der Wärmeübertragung dienen, werden nach der SVTI-Vorschrift 313 berechnet, ausgenommen jene Objekte, welche unter Ziffer 1.1 festgehalten sind.

### 2. Berechnung

- 2.1 Zylinder bzw. Rohre im Bereich  $D_a / D_i \leq 1,2$  (Rohre  $D_a \leq 219$  bis zu  $D_a / D_i \leq 1,7$ )

$$s = \frac{D_a \cdot p}{2 \cdot f \cdot z + p} = \frac{D_i \cdot p}{2 \cdot f \cdot z - p} \quad (302.1)$$

$s_e \geq s + c$  gemäss SVTI301

$s$  = Wanddicke in mm ohne Zuschlag  $c$

$D_a$  = Aussendurchmesser in mm

$D_i$  = Innendurchmesser in mm. Bei möglicher Korrosion auf der Innenseite ist für  $D_i$  der Wert  $D_i' = D_i + (2 \cdot c_2)$  in der Berechnung einzusetzen.

$p$  = Berechnungsüberdruck in  $N/mm^2$

$f$  = zulässige Spannung in  $N/mm^2$

$z$  = Schweißfaktor

$c$  = Zuschlag in mm

$s_e$  = gewählte (nominelle) Wanddicke in mm

} gemäss SVTI 301



- 2.2 Zylinder bzw. Rohre im Bereich  $1,2 < D_a / D_i \leq 1,5$  (Rohre mit  $D_a > 219$  mm)
- 1) Sofern diese Bauteile keinen nennenswerten Temperatureinflüssen (z.B. heizen, kühlen) unterworfen sind, ist in der Formel 302.1  $p'$  anstelle von  $p$  einzusetzen, wobei

$$p' = p \left( 0,623 \cdot \frac{D_a}{D_i} + 0,28 \right) \quad (302.2)$$

- 2) Treten in der Zylinderwand zusätzliche Wärmespannungen auf, so sind diese mittels einer anerkannten Berechnungsmethode mitzubersücksichtigen.
- 2.3 Zylinder bzw. Rohre im Bereich  $D_a / D_i > 1,5$  (Rohre  $D_a \leq 219$  bis  $D_a / D_i > 1,7$ )
- 1) Für diese Bauteile ist stets ein Spannungsnachweis unter Berücksichtigung von Temperatureinflüssen erforderlich.
  - 2) Die maximale Spannung an der inneren resp. äusseren Zylinderwand infolge Druck und Temperatur darf die Streckgrenze nicht überschreiten.

### **3. Verschwächung durch Ausschnitte**

Sind Zylinder oder Rohre durch Ausschnitte geschwächt, so gelten zusätzlich die Festlegungen der SVTI 316.

### **4. Kleinste Wanddicke**

Die zulässigen Mindestwanddicken sind in der SVTI 301 festgelegt.

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Geltungsbereich .....	1
2. Berechnung .....	1
3. Versteifungen .....	6
4. Verschwächung durch Ausschnitte .....	11
5. Kleinste Wanddicke .....	11

### 1. Geltungsbereich

- 1.1 Die nachstehenden Dimensionierungsregeln gelten für glatte Zylinderschalen und Rohre unter äusserem Überdruck, bei denen das Verhältnis bei Zylindern  $D_a / D_i \leq 1,2$  und bei Rohren mit  $D_a \leq 219$  mm bis  $D_a / D_i \leq 1,7$  beträgt.
- 1.2 Für nahtlose oder geschweisste Rohre mit  $D_a \leq 400$  mm ist für die Berechnung auf Aussendruck SVTI 313 massgebend.
- 1.3 Geschweisste glatte Zylinder werden, unabhängig von allenfalls verlangten Nahtprüfungen, wie nahtlose Zylinder ( $z = 1$ ) berechnet.
- 1.4 Der Druck muss auf dem gesamten Umfang wirken, da eine Beaufschlagung auf nur einen Teil zu erhöhter Beulgefahr führen kann. Grössere als vom äusseren Überdruck herrührende Axialbelastungen müssen zusätzlich berücksichtigt werden.
- 1.5 Bei Objekten der Auslegungskategorie 1 ist zu beachten:
  - 1) dass die maximal zulässige Blechdicke für Flammrohre und Feuerbüchsen 22 mm und die Mindestdicke 7 mm beträgt, weitere Voraussetzungen siehe SVTI 304.
  - 2) dass für mit Abgasen beheizte zylindrische Mäntel maximale Wanddicken bis 30 mm zugelassen sind.
  - 3) für gewellte Flammrohre ist SVTI 304 massgebend.

### 2. Berechnung

- 2.1 Zylinder unter Aussendruck sind einerseits gegen elastisches Einbeulen und andererseits gegen plastische Verformung zu dimensionieren. Als zulässiger Aussendruck gilt der kleinere der nach den Ziffern 2.2 und 2.3 bestimmten Werte.

### 2.2 Berechnung gegen elastisches Einbeulen

2.2.1 Der zulässige Aussendruck wird nach Formel 303.1 oder nach Tafel 303 A bestimmt.

$$p = \frac{p_e}{x_4} = \frac{E_t}{x_4} \left[ \frac{2}{(n^2 - 1) \cdot \left[ 1 + \left( \frac{n}{A} \right)^2 \right]^2} \left( \frac{s}{D_a} \right) + \frac{2}{3(1 - \mu^2)} \left( n^2 - 1 + \frac{2n^2 - 1 - \mu}{1 + \left( \frac{n}{A} \right)^2} \right) \left( \frac{s}{D_a} \right)^3 \right] \quad (303.1)$$

$p$  = zulässiger Aussendruck (Berechnungsüberdruck) in  $N/mm^2$

$p_e$  = Einbeulüberdruck in  $N/mm^2$

$x_4$  = Sicherheitsfaktor gegen elastisches Einbeulen gemäss SVTI 301

$E_t$  = Elastizitätsmodul bei der Berechnungstemperatur in  $N/mm^2$ . Der E-Modul ist der entsprechenden SVTI-Vorschrift der Reihe 200 oder Werkstoffnorm zu entnehmen.

$$A = \text{Koeffizient} = \frac{\pi \cdot D_a}{2 \cdot L} < n$$

$L$  = Beullänge in mm gemäss Ziffer 2.3.2 Fig. 303a

$D_a$  = Aussendurchmesser in mm

$\mu$  = Poissonzahl, kann für Metalle allgemein mit  $\mu = 0,3$  angenommen werden.

$s$  = Wanddicke in mm ohne Zuschlag  $c$  ( $s \leq s_e - c$ )

$s_e$  = gewählte (nominelle) Wanddicke in mm

$c$  = Zuschlag gemäss SVTI 301 in mm; bei Objekten der Auslegungskategorie 1 ist  $c_3 = 1$  mm zu berücksichtigen.

$n$  = Beulenzahl. Angenähert lässt sich diese Beulenzahl durch die Formel 303.2 bestimmen. Als massgebende Beulenzahl  $n$  gilt die ermittelte, abgerundete nächste ganze Zahl (mindestens 2).

$$n = 1,63 \cdot \sqrt[4]{\frac{D_a^3}{L^2 \cdot s}} \quad (303.2)$$

2.2.2 Für Rohre mit  $\varnothing \leq 219$  kann die Berechnung auch nach Formel 303.3 erfolgen.

$$p = \frac{p_e}{x_4} = \frac{E_t \cdot 2}{x_4 \cdot (1 - \mu^2)} \cdot \left( \frac{s}{D_a} \right)^3 \quad (303.3)$$

Formelzeichen siehe Ziffer 2.2.1

### 2.3 Berechnung gegen plastische Verformung

2.3.1 Der zulässige Aussendruck wird nach Formel 303.4 oder nach den Tafeln 303 B, C oder D bestimmt.

$$p = \frac{p_{kr}}{x_5} = \frac{2 \cdot K \cdot s}{x_5 \cdot D_a} \cdot F \quad (303.4)$$

$p$  = Zulässiger Aussendruck (Berechnungsüberdruck) in  $N/mm^2$

$p_{kr}$  = Kritischer Überdruck in  $N/mm^2$

$x_5$  = Sicherheitsfaktor gemäss SVTI 301/Tabelle 301 B

$K$  = Der kleinere der beiden Werte  $R_e$  oder  $R_t$  in  $N/mm^2$  (siehe SVTI 301, Tab. 301 A)

$D_a$  = Aussendurchmesser in mm

$s$  = Wanddicke in mm, ohne Zuschläge  $c$  ( $s \leq s_e - c$ )

$s_e$  = gewählte (nominelle) Wanddicke in mm

$c$  = Zuschlag gemäss SVTI 301 in mm; bei Objekten der Auslegungskategorie 1 ist zusätzlich ein Konstruktionszuschlag  $c_3$  von 1 mm zu berücksichtigen.

$F$  = Faktor für Formabweichungen

1) für  $D_a / L > 5$ :  $F = 1$  bzw.

$$2) \text{ für } D_a / L \leq 5: F = \frac{1}{1 + 0,015 \cdot u \cdot (1 - 0,2 \cdot D_a / L) \frac{D_a}{s}} \quad (303.5)$$

$L$  = Abstand zwischen wirksamen Versteifungen gemäss Ziffer 2.3.2 Fig. 303a

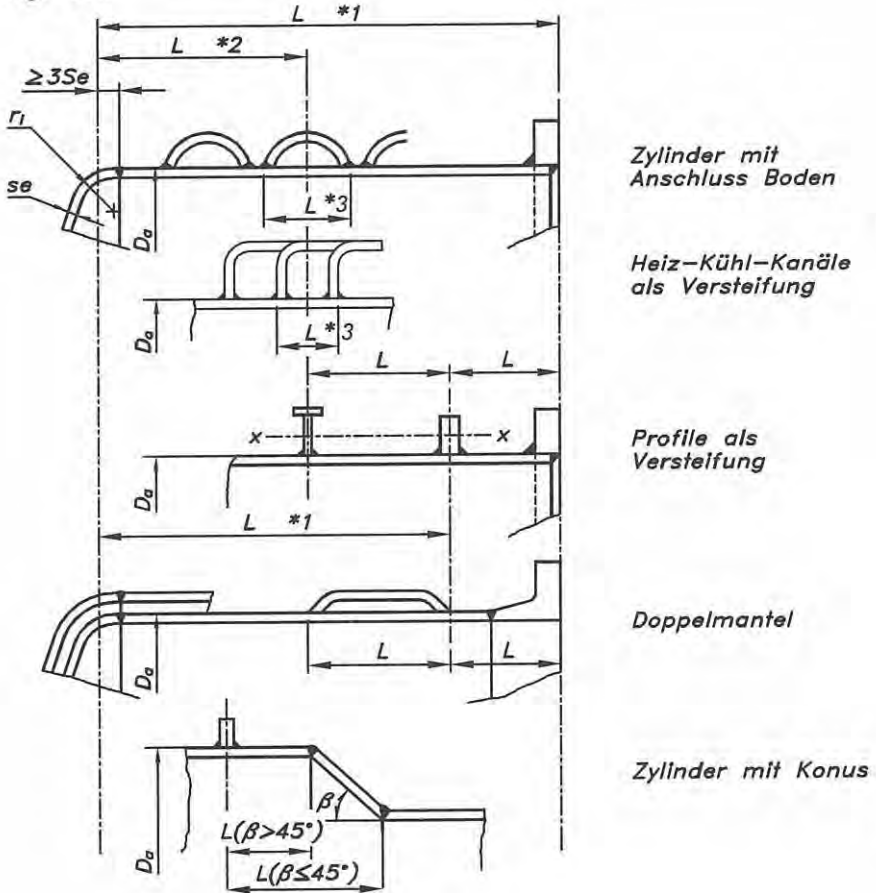
$u$  = Formabweichung in % (siehe Ziffer 2.3.4)

Für glatte Zylinder mit nicht spezifizierter Formabweichung ist in der Regel ein zugelassener Wert von  $u = 1,5\%$  einzuhalten. Es können jedoch auch kleinere Werte gewählt werden, unter der Bedingung, dass diese durch Messungen nachgewiesen werden.

Für grössere Unrundheiten ist der Sicherheitsfaktor  $x_5$  in Absprache mit dem SVTI zu erhöhen.

2.3.2 Die Beullänge (Stützlänge)  $L$  ist die Länge des Zylinders bzw. der Abstand von wirksamen Verstärkungen in mm der Fig. 303a. Ausnahme für Zylinder in Verbindung mit Flammrohren nach SVTI 304.

Fig. 303a



*Anmerkungen*

- \*1 In Verbindung mit gewölbten Böden beginnt die Stützlänge  $L$  am Übergang von der Krempe zum zylindrischen Bord. In der Regel ist diese Länge des zylindrischen Bordes mindestens  $3 \times s_e$ .
- \*2 In Verbindung mit Heiz-/Kühl-Kanal beginnt die Stützlänge  $L$  in der Mitte der 2. Kanalreihe.
- \*3 Bei den kleinen Stützlängen  $L$  ist in der Regel die Berechnungsformel nach Ziffer 2.3.3 massgebend.

$s_e$  = gewählte Wanddicke in mm.

2.3.3 Der Aussendruck bei kleinen Beullängen (Stütz­längen)

$$L \leq 1,2 \cdot \sqrt{D_a \cdot s}$$

wie z.B. bei Heizkanälen nach Fig. 303a bestimmt sich nach der Formel (303.6):

$$p = \frac{3 \cdot K \cdot s^2}{x_5 \cdot L^2} \quad (303.6)$$

$p$  = Aussendruck (Berechnungsüberdruck des Heizkanals) in N/mm<sup>2</sup>

$s$  = Wanddicke in mm ohne Zuschläge  $c$  ( $s \leq s_e - c$ )

$s_e$  = gewählte Wanddicke in mm

$L$  = Beullänge des Heizkanals in mm

$K$  = Der kleinere der beiden Werte  $R_e$  oder  $R_t$  in N/mm<sup>2</sup> (gemäss SVTI 301, Tab. 301 A und 301 B)

$x_5$  = Sicherheitsfaktor gegen plastische Verformung, gemäss SVTI 301, Tabelle 301 B

$c$  = Zuschlag gemäss SVTI 301 in mm

2.3.4 Für die Bestimmung der Formabweichung  $u$  in % gelten:

1) Unrundheit

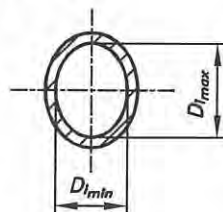
$$u = \frac{2 (D_{i_{\max}} - D_{i_{\min}})}{D_{i_{\max}} + D_{i_{\min}}} \cdot 100 \text{ in } \% \quad (303.7)$$

Bei Rohren kann die Unrundheit nach Formel (303.7) mit dem maximalen und minimalen Aussendurchmesser ermittelt werden. Die Durchmesser ergeben sich aus den in den Normen festgelegten Lieferbedingungen.

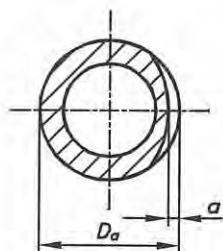
2) Abplattung

$$u = \frac{4 \cdot a}{D_a} \cdot 100 \text{ in } \% \quad (303.8)$$

**Fig. 303b**



**Fig. 303c**



### 3. Versteifungen

- 1) Versteifungen sollen in der Regel, im Hinblick auf den Elastizitätsmodul und die thermische Längenausdehnung, aus artgleichen Werkstoffen wie die Zylinder ausgeführt werden.
- 2) Werden Versteifungen durch unterbrochene Schweissnähte mit dem Zylinder verbunden, so müssen die Kehlnähte auf jeder Seite mindestens ein Drittel des Mantelumfangs erfassen. Die Anzahl der Schweissnahtunterbrechungen muss grösser sein als  $2n$  ( $n$  = Beulzahl gemäss Ziffer 2.2.1). Die Teilung der Schweissnähte sollte gleichmässig über den Umfang erfolgen. Die aus der Teilung resultierende Bogenlänge der Schweissnaht muss grösser sein als 300 mm.
- 3) Als wirksame Versteifung können in der Regel Ausführungen nach der Fig. 303a angewendet werden.
- 4) Die aufgeschweissten Versteifungen müssen den Bedingungen 3.1 und 3.2 genügen.

#### 3.1 Erforderliche Trägheitsmomente

$$I_x \geq \frac{0,0417 \cdot x_4 \cdot p \cdot D_a^3 \cdot \sqrt{D_a \cdot s}}{E_t} \quad (303.9)$$

$I_x$  = erforderliches Trägheitsmoment in  $\text{mm}^4$ , bezogen auf die x-Achse (inkl. Zylindermantelteil)

$x_4$  = Sicherheitsfaktor gegen elastisches Einbeulen gemäss SVTI 301, Tabelle 301 B

$p$  = Berechnungsüberdruck in  $\text{N/mm}^2$  gemäss SVTI 301

$D_a$  = Aussendurchmesser des Mantels in mm

$s$  = Wanddicke in mm ohne Zuschlag  $c$  ( $s \leq s_e - c$ )

$E_t$  = Elastizitätsmodul bei der Berechnungstemperatur in  $\text{N/mm}^2$

$c$  = Zuschlag gemäss SVTI 301

$s_e$  = gewählte (nominelle) Wanddicke in mm

**3.2 Erforderliche Querschnittsflächen**

$$A \geq \frac{0,5 \cdot x_5 \cdot D_a \cdot p \cdot \sqrt{D_a \cdot s}}{K} \quad (303.10)$$

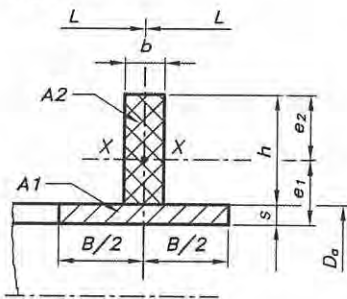
- A = erforderliche Querschnittsfläche in mm<sup>2</sup>
- x<sub>5</sub> = Sicherheitsfaktor gegen plastische Verformung gemäss SVTI 301, Tabelle 301 B
- p = Berechnungsüberdruck in N/mm<sup>2</sup> gemäss SVTI 301
- D<sub>a</sub> = Aussendurchmesser des Mantels in mm
- s = Wanddicke in mm ohne Zuschlag c (s ≤ s<sub>e</sub> - c)
- K = Der kleinere der beiden Werte R<sub>e</sub> oder R<sub>t</sub> in N/mm<sup>2</sup> gemäss SVTI 301, Tabelle 301 A
- c = Zuschlag gemäss SVTI 301
- s<sub>e</sub> = gewählte Wanddicke in mm

**3.3 Vorhandene Trägheitsmomente und Querschnittsflächen**

3.3.1 Flachstahl

Voraussetzungen

**Fig. 303d**



1)  $b \geq \frac{h}{8}$

2)  $s = s_e - c$

3)  $B = 1,1 \sqrt{(D_a - s) \cdot s}$

4)  $B \leq L$  (L gemäss Fig. 303a)

A1; A2 = Fläche

$$e_1 = \frac{1}{2} \cdot \frac{b(h+s)^2 + (B-b)s^2}{b(h+s) + (B-b)s}$$

$$e_2 = h + s - e_1$$

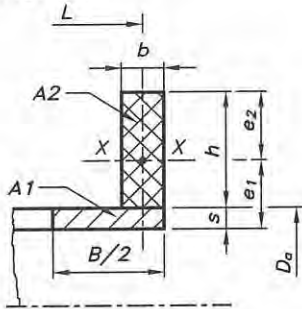
$$I_x = \frac{1}{3} [B \cdot e_1^3 - (B-b)(e_1-s)^3 + b \cdot e_2^3]$$

Formelzeichen s<sub>e</sub> und c siehe Ziffer 2.2.1



3.3.2 Flachstahl an Mantel/  
 Rohrende

**Fig. 303e**



Voraussetzungen

- 1)  $b \geq \frac{h}{8}$
- 2)  $s = s_e - c$
- 3)  $h \leq 10 \cdot s$
- 4)  $B = 1,1 \sqrt{(D_a - s) \cdot s}$
- 5)  $\frac{B}{2} \leq L$  (L gemäss Fig. 303a)
- 6) Das Schraubenloch bleibt unberücksichtigt (kein Abzug für Trägheitsmoment und Fläche).

A1; A2 = Fläche

$$e_1 = \frac{1}{2} \cdot \frac{b(h+s)^2 + (B/2 - b)s^2}{b(h+s) + (B/2 - b)s}$$

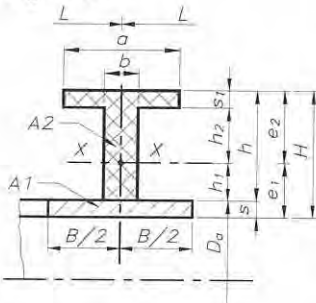
$$e_2 = h + s - e_1$$

$$I_x = \frac{1}{3} \cdot \left[ \frac{B}{2} \cdot e_1^3 - (B/2 - b)(e_1 - s)^3 + b \cdot e_2^3 \right]$$

Formelzeichen  $s_e$  und  $c$  siehe Ziffer 2.2.1

3.3.3 T-Stück

**Fig. 303f**



Voraussetzungen

- 1)  $b \geq \frac{h}{15}$
  - 2)  $s = s_e - c$
  - 3)  $B = 1,1 \sqrt{(D_a - s) \cdot s}$
  - 4)  $B \leq L$  (L gemäss Fig. 303a)
- A1; A2 = Fläche

$$e_1 = \frac{1}{2} \cdot \frac{b \cdot H^2 + (B - b) s^2 + (a - b) s_1 (2H - s_1)}{b \cdot H + (B - b) s + (a - b) s_1}$$

$$e_2 = H - e_1$$

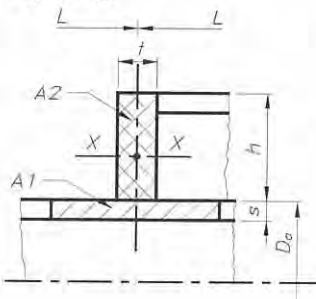
$$I_x = \frac{1}{3} \cdot [B \cdot e_1^3 - (B - b) h_1^3 + a \cdot e_2^3 - (a - b) h_2^3]$$

Formelzeichen  $s_e$  und  $c$  siehe Ziffer 2.2.1

3.3.4 Doppelmantel

Berechnungsgrössen  
gemäss 3.3.1

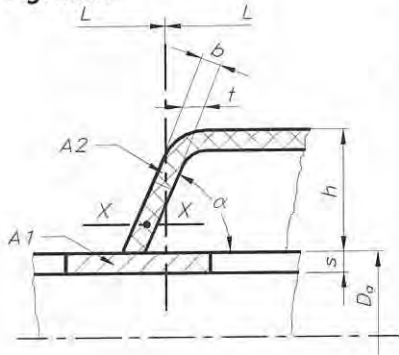
**Fig. 303g**



dabei  $t$  für  $b$   
 $t = t_e - c$

Formelzeichen  $t_e$  und  $c$  siehe Ziffer 2.2.1, wobei  $t_e$  sinngemäss wie  $s_e$  zu verwenden ist.

**Fig. 303h**



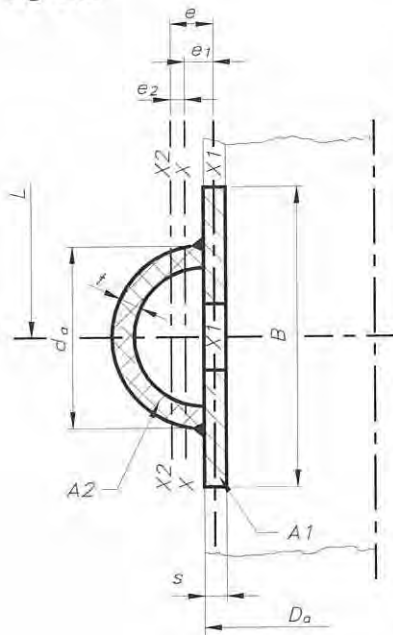
Berechnungsgrößen  
 gemäss 3.3.1 dabei

$$t = \frac{b}{\cos \alpha}$$

$$t = t_e - c$$

3.3.5 Halbrohr

**Fig. 303i**



Voraussetzungen

- 1)  $s = s_e - c$
- 2)  $t = t_e - c$
- 3)  $A1 = \text{Fläche Schale}$
- 4)  $A2 = \text{Fläche Halbrohr}$
- 5)  $B = \text{Kleinstwert aus}$ 
  - a)  $B = 1,1 \sqrt{(D_a - s) \cdot s} + d_a$
  - b)  $B = 2 \cdot d_a$

Berechnung

$$A1 = B \cdot s$$

$A2 = \text{Fläche Profil}$

$L = \text{gemäss Fig. 303a}$

$$A2 = \frac{\pi \cdot (d_a^2 - d_i^2)}{8} \text{ wobei } d_i = d_a - 2 \cdot t$$

$$e = \frac{2 \cdot (d_a^3 - d_i^3)}{3 \cdot \pi \cdot (d_a^2 - d_i^2)} + \frac{s}{2}$$

$$e_1 = \frac{e \cdot A2}{A1 + A2}$$

$$e_2 = e - e_1$$

Trägheitsmomente

$I_1$  = Mantel     $I_2$  = Halbrohr

$$I_1 = B \cdot \frac{s^3}{12}$$

$$I_2 = \frac{\pi (d_a^4 - d_i^4)}{128} - \frac{(d_a^3 - d_i^3)^2}{\pi 18 (d_a^2 - d_i^2)}$$

$$I_x = (e_1^2 \cdot A_1 + I_1) + (e_2^2 \cdot A_2 + I_2)$$

### 3.3.6 Versteifung des Mantels mit Halbrohren

Die versteifende Wirkung von Heiz-Kühlkanälen gemäss Fig. 303a kann bei der Berechnung des ganzen Mantels berücksichtigt werden.

- Berechnung gegen elastisches Einbeulen. In Formel 303.1 wird dann der Druck  $p$  im Verhältnis der Flächenträgheitsmomente mit und ohne Versteifung, bezogen auf die jeweilige Schwerpunktschwerachse  $x - x$  bzw.  $x_2 - x_2$  grösser.
- Berechnung gegen plastisches Verformen. In Formel 303.4 wird dann der Druck  $p$  im Verhältnis der Querschnittsflächen des Behälters mit und ohne Versteifung grösser.

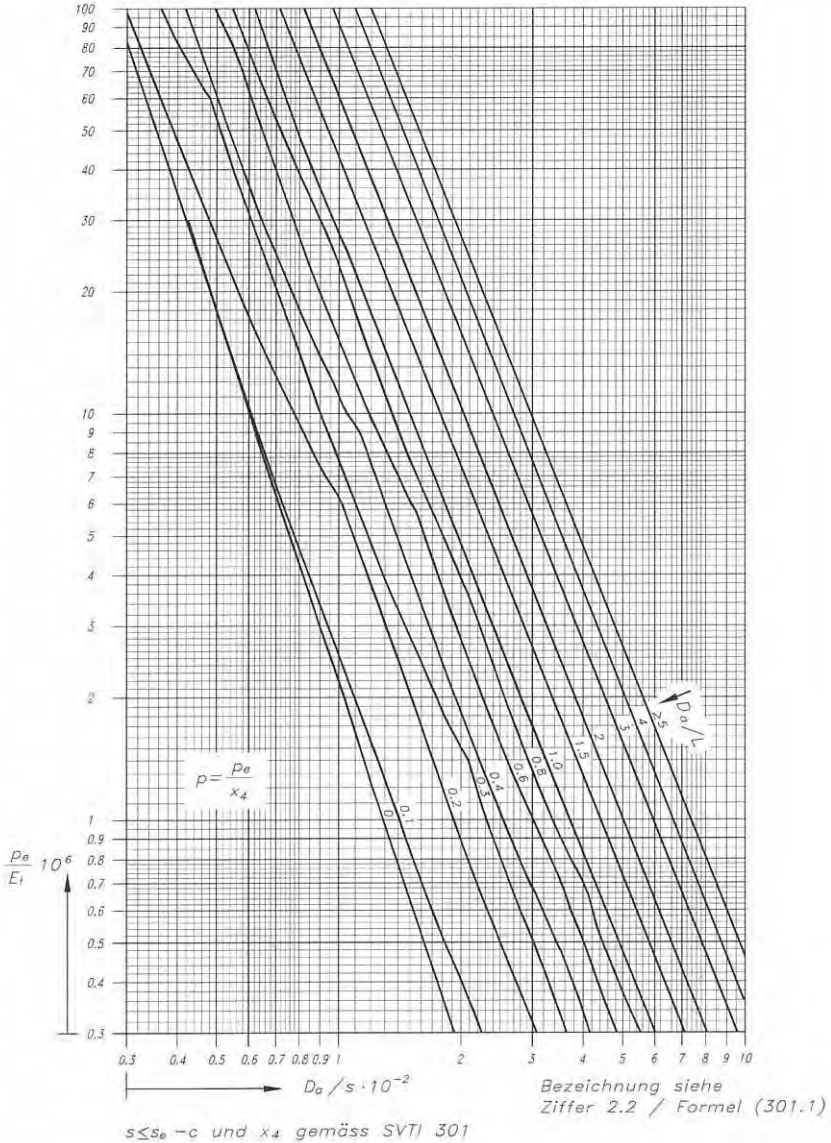
## 4. Verschwächung durch Ausschnitte

Sind Zylinder durch Ausschnitte geschwächt, so gelten zusätzlich die Festlegungen der SVTI 316.

## 5. Kleinste Wanddicke

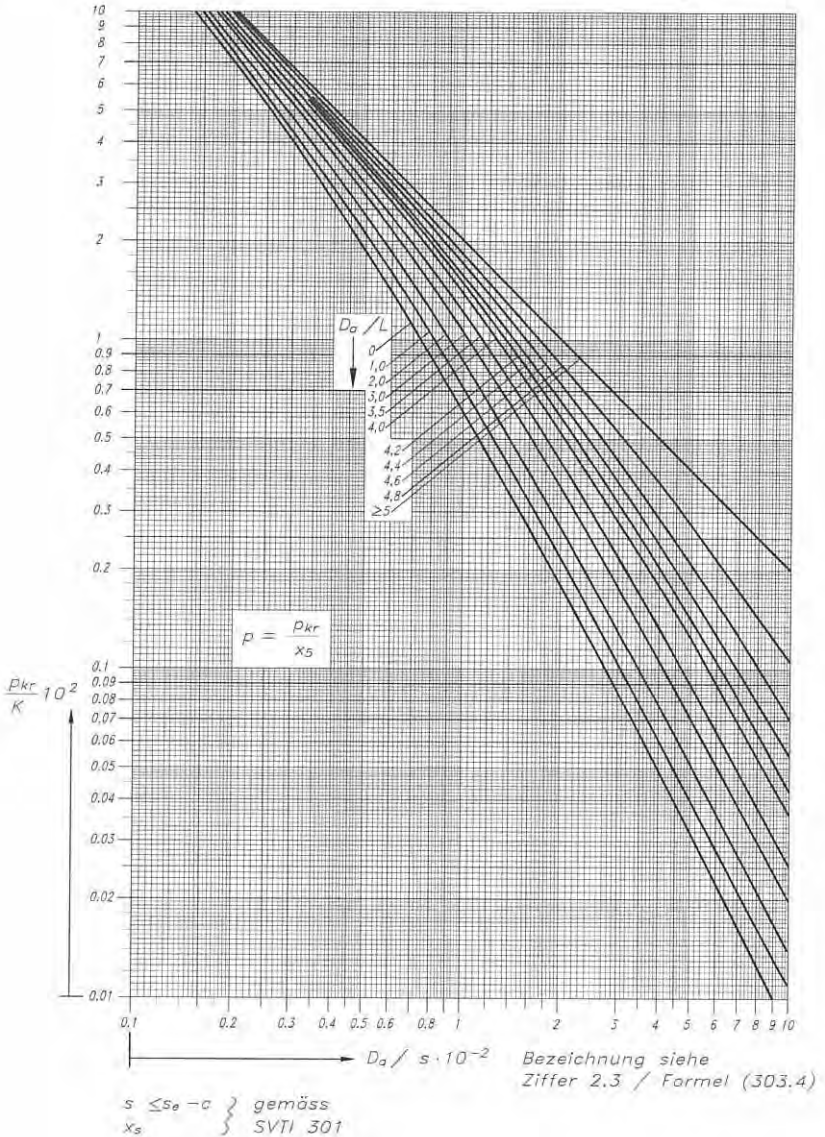
Die zulässigen Mindestwanddicken sind in der SVTI 301 festgelegt.

**Tafel 303A**      Elastisches Einbeulen, Berechnung des Einbeulüberdrucks  $p_e$



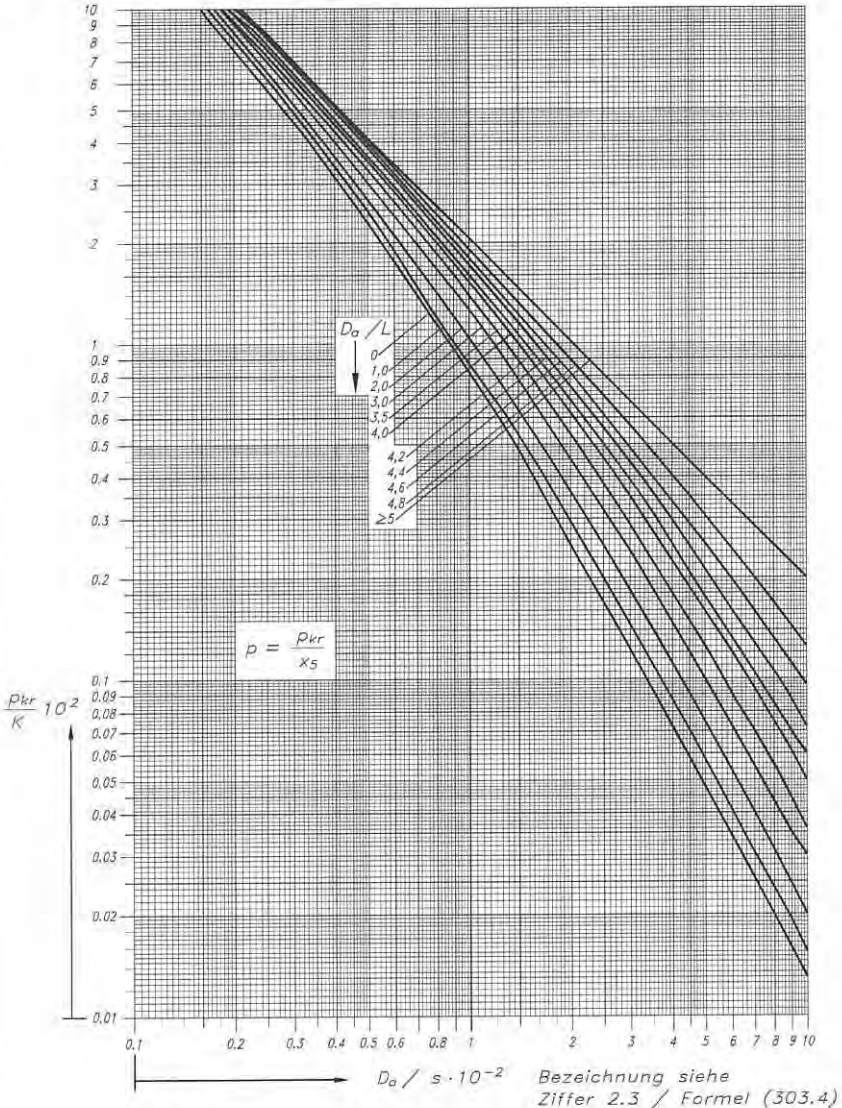
**Tafel 303B**

Plastische Verformung, Berechnung des kritischen Druckes  $p_{kr}$  für  $u = 1,5\%$  Formabweichung



**Tafel 303C**

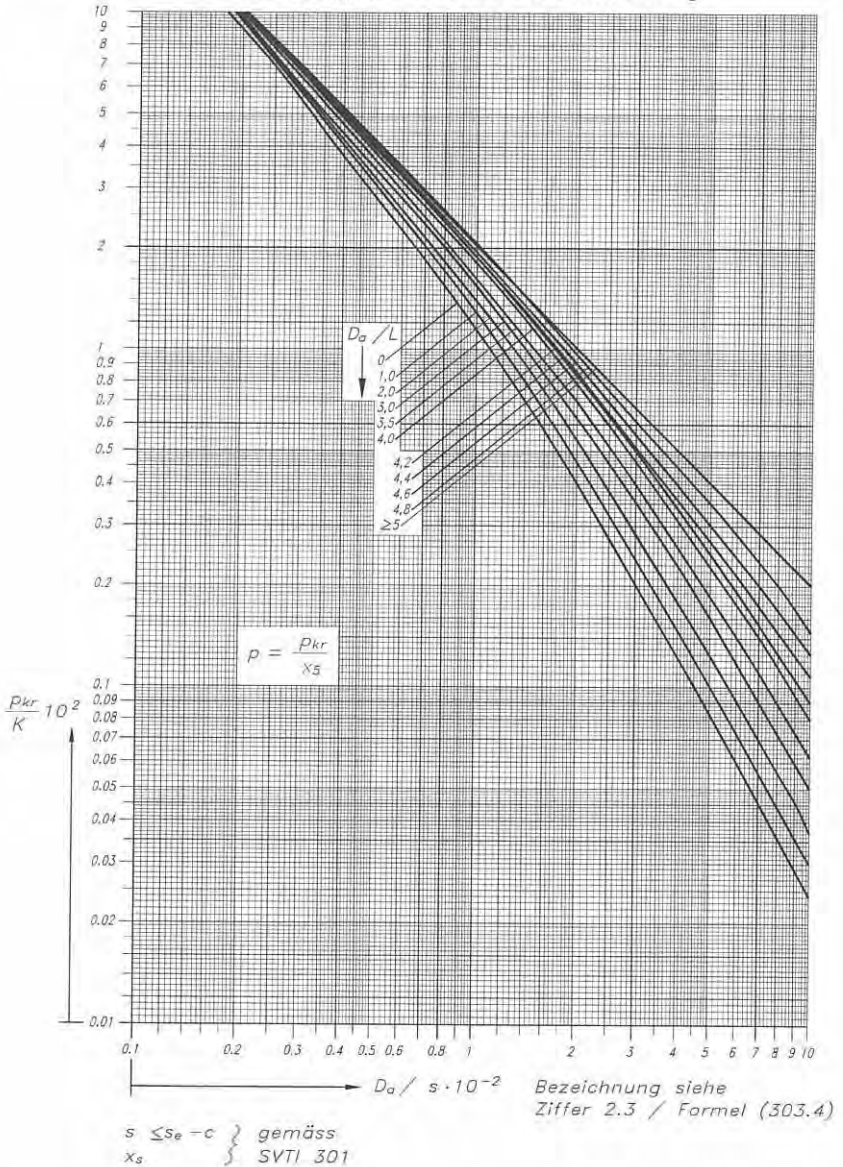
Plastische Verformung, Berechnung des kritischen Druckes  $p_{kr}$  für  $u = 1,0\%$  Formabweichung



$s \leq s_e - c$  } gemäss  
 $x_s = \text{gemäss}$  } SVTI 301

**Tafel 303D**

Plastische Verformung, Berechnung des kritischen Druckes  $p_{kr}$  für  $u = 0,5\%$  Formabweichung





## **Inhaltsverzeichnis**

	Seite
1. Geltungsbereich .....	1
2. Berechnung gewellter Flammrohre .....	2
3. Übergang Wellrohr/Glattrohr .....	3
4. Zulässige Wanddicken .....	3
5. Zulässige Massabweichungen .....	3

### **1. Geltungsbereich**

- 1.1 Für die Dimensionierung von Flammrohren sind die nachstehenden Voraussetzungen zu beachten:
  - 1) Für die Berechnung ist ausschliesslich die Streckgrenze des Werkstoffes bei der Berechnungstemperatur massgebend.
  - 2) Als Berechnungstemperatur ist die dem zulässigen Betriebsüberdruck entsprechende Satttdampf­temperatur erhöht um 50 °C, im Minimum jedoch 250 °C anzunehmen.
  - 3) Ein Konstruktionszuschlag  $c_3$  von 1 mm ist stets zu berücksichtigen.
  - 4) Die zulässigen Soll-Massabweichungen sind in der Ziffer 5 festgehalten.
- 1.2 Gewellte Flammrohre sind mit den Formeln nach Ziffer 2 zu dimensionieren.
- 1.3 Glatte Flammrohre sind nach SVTI 303 zu dimensionieren, wobei die Festlegungen der Ziffer 1.1 dieser Vorschrift zu beachten sind.
- 1.4 Für die Fertigung von gewellten Flammrohren benötigt der Hersteller eine entsprechende Verfahrensprüfung gemäss SVTI 505/Sonderprogramm.

## 2. Berechnung gewellter Flammrohre

2.1 Die Berechnungsformel lautet:

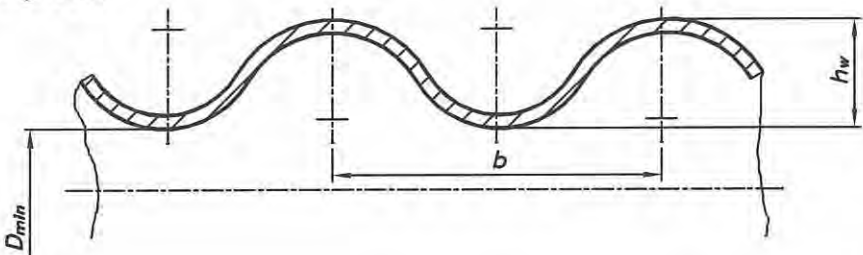
$$s = \frac{p \cdot D_{\min} \cdot b}{2 \cdot f' \cdot W_L} \quad (304.1)$$

wobei  $f' = \frac{R_e}{3,6}$  in  $N/mm^2$

- $s_e \geq s + c$  gemäss SVTI 301
- $s$  = Wanddicke in mm, ohne Zuschläge
- $p$  = Berechnungsüberdruck in  $N/mm^2$  gemäss SVTI 301
- $D_{\min}$  = Kleinster Innendurchmesser in mm
- $b$  = Wellenabstand in mm
- $h_w$  = Wellentiefe in mm
- $R_e$  = minimale garantierte Streckgrenzwerte in  $N/mm^2$  bei der Berechnungstemperatur
  - 1) ferritische Stähle 0,2%-Wert
  - 2) austenitische Stähle 1,0%-Wert
- $W_L$  = gestreckte Länge einer Welle in mm
- $c$  = Wanddickenzuschlag in mm gemäss SVTI 301, wobei  $c_3 = 1$  mm gemäss Ziffer 1.1 zusätzlich zu berücksichtigen ist
- $s_e$  = gewählte (nominelle) Wanddicke in mm

2.2 Für die gebräuchlichsten Wellrohrformen nach Fig. 304a sind die Werte für  $b$ ,  $h_w$  und  $W_L$  in der Tabelle 304 A angegeben.

**Fig. 304a**



**Tabelle 304 A Gewellte Flammrohre**

Wellrohrform	Wellentiefe $h_w$	Wellenabstand $b$	gestreckte Länge $W_L$
Fox-Wellrohr	50 mm	151 mm	170 mm
Fox-Wellrohr	75 mm	151 mm	207 mm
Fox-Wellrohr	75 mm	200 mm	245 mm
Morrison-Wellrohr	50 mm	202 mm	217 mm

### 3. Übergang Wellrohr/Glattrohr

- 3.1 Wird ein Glattrohr mit einem Wellrohrschuss verschweisst, so ist für die Berechnung des Glattrohrschusses die 1,5fache Länge des glatten Zylinders einzusetzen.
- 3.2 Für glatte Ansatzteile der Wellrohre ist kein rechnerischer Nachweis zu erbringen, sofern ihre Länge gleich oder kleiner dem Wert «b» der Tabelle 304 A ist.

### 4. Zulässige Wanddicken

- 4.1 Die kleinste zulässige Wanddicke beträgt:
- 1) 10 mm bei Wellrohren
  - 2) 7 mm bei Glattrohren
  - 3) Bei Kesseln mit  $p \cdot V \leq 3000$  (bar · Liter) kann die kleinste Wanddicke geringer als nach Abs. 1 bzw. 2 gewählt werden, sofern mindestens die 2fache rechnerische Wanddicke vorhanden ist.
- 4.2 Die grösste zulässige Wanddicke beträgt:
- 1) 22 mm bei glatten und gewellten Flammrohren
  - 2) 30 mm bei den übrigen beheizten Bauteilen

### 5. Zulässige Massabweichungen

- 5.1 An fertigen glatten oder gewellten Flammrohren sind die Massabweichungen vom Sollwert in einem Hersteller-Protokoll festzuhalten. Gemessen wird in der Regel wiederholt in einem Abstand von je etwa 1 m.
- 5.2 Unrundheiten (Erläuterungen siehe SVTI 303)
- a) glatte Rohre 1,5% jedoch nicht mehr als 15 mm
  - b) Wellrohre 1,0%

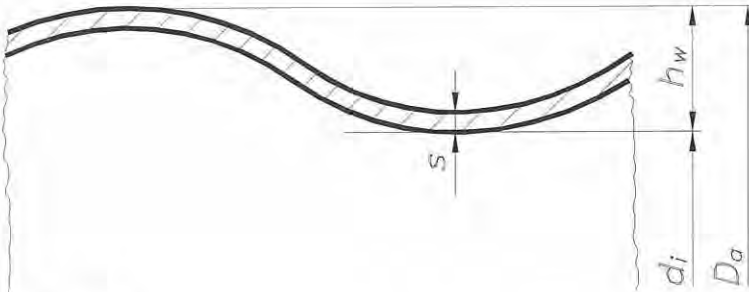
### 5.3 Soll-Aussenumfang

- a) glatte Rohre
  - 1) An den Enden der Schüsse bis zu einer Länge von 25 mm  $\pm 15$  mm
  - 2) im übrigen Teil  $+ 0 / - 75$  mm
- b) Wellrohre
  - 1) im nicht gewellten Teil  $\pm 15$  mm
  - 2) im gewellten Teil  $+ 0 / - 75$  mm

### 5.4 Gewellte Flammrohre

Das Sollmass der Wellentiefe  $h_w$  darf nicht um mehr als 10 mm unterschritten werden.

Die Toleranz des Innendurchmessers  $d_i$  und des Aussendurchmessers  $D_a$  auf das Sollmass beträgt  $\pm 20$  mm.



### 5.5 Geradheit

Die Abweichung von der Geraden darf bei glatten und gewellten Flammrohren 0,3% der zylindrischen Länge der Schüsse betragen.

### 5.6 Wanddicken

- a) Bei glatten Flammrohren gelten für die Bleche zulässige Toleranzen gemäss SVTI 301.
- b) Bei gewellten Flammrohren gilt:
  - 1) Die durchschnittliche Wanddicke muss über eine Wellenteilung mindestens der Nennwanddicke entsprechen.
  - 2) Örtliche begrenzte Unterschreitungen innerhalb einer Wellenteilung können bis 10% der Sollwanddicke betragen.

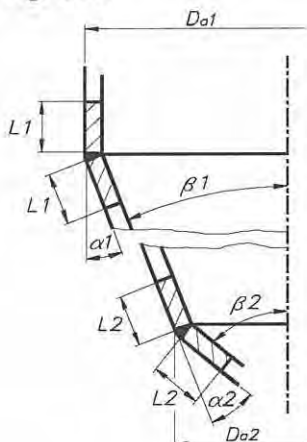
## Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Geltungsbereich .....	1
2. Grundsätze .....	1
3. Berechnung auf Innendruck .....	2
4. Berechnung auf Aussendruck .....	6
5. Verschwächung durch Ausschnitte .....	9
6. Kleinste Wanddicke .....	9

## 1. Geltungsbereich

- 1.1 Die nachstehenden Berechnungsformeln gelten für konische rotationssymmetrische Schüsse mit halbem Öffnungswinkel  $\beta \leq 70^\circ$  gemäss Fig. 305a oder  $\beta > 70^\circ$  gemäss Fig. 305c.
- 1.2 Die Verbindung zum Anschlussbauteil erfolgt durch Eckstoss oder eine Krempe mit einem Neigungswinkel  $\alpha$  gemäss Fig. 305a.

Fig. 305a



$D_a$  = grösster Aussendurchmesser des betreffenden Konus in mm

$\beta$  = halber Kegelöffnungswinkel

$\alpha$  = Neigungswinkel

$L$  = Länge des Übergangsbereichs in mm

*Anmerkungen*

Index 1 für Konus mit Übergang zu Zylinder oder Boden

Index 2 für Konus mit Übergang zu einem anderen Konus

## 2. Grundsätze

- 2.1 Die Mindestwanddicke im Übergangsbereich (Eckstoss oder Krempe) ist gemäss Ziffer 3.1.2 und 3.1.3 einzuhalten.

2.2 Bei Neigungswinkel  $\alpha \leq 60^\circ$  (siehe Fig. 305a) dürfen konische Schüsse untereinander oder in Verbindung mit einem zylindrischen Schuss oder Boden durch einen Eckstoss verbunden werden, unter Beachtung der nachfolgenden Festlegungen:

- 1) Ist  $\alpha > 20^\circ$ , so ist die Ecknaht entweder gegenzuschweissen, oder der Nachweis der Gleichwertigkeit ist durch eine zerstörungsfreie Prüfung mit einem Prüfumfang sinngemäss der Prüfmart P1 bis P3 gemäss SVTI 506 ungeachtet des Schweissfaktors  $z = 1$  oder  $0,85$  durchzuführen.
- 2) Ist  $\alpha > 35^\circ$ , so ist der Übergang als Ecknaht nur zulässig, sofern die nachfolgenden Festlegungen eingehalten werden, ansonst ist die Ecknaht als Krempe auszuführen.
  - a) für Berechnungstemp.  $\leq 120^\circ\text{C}$  mit  $p \cdot V \leq 50\,000$  (bar · Liter) und  $p \leq 6$  bar
  - b) für Berechnungstemp.  $> 120^\circ\text{C}$  bis  $200^\circ\text{C}$  mit  $p \cdot V \leq 20\,000$  (bar · Liter) und  $p \leq 6$  bar

2.3 Bei Neigungswinkel  $\alpha > 60^\circ$  ist die Übergangspartie stets als Krempe auszuführen.

## 3. Berechnung auf Innendruck

### 3.1 Konus mit halbem Öffnungswinkel $\beta \leq 70^\circ$

3.1.1 Die Konuswanddicke ausserhalb des Übergangsbereiches L (gemäss Fig. 305a) ist wie folgt zu bestimmen:

$$s = \frac{D_a \cdot p}{(2 \cdot f \cdot z + p) \cdot \cos \beta} \quad (305.1)$$

$s_e \geq s + c$  gemäss SVTI 301

$s$  = Wanddicke in mm ohne Zuschlag  $c$

$D_a$  = grösster Aussendurchmesser in mm

$\beta$  = halber Öffnungswinkel (siehe Fig. 305a)

$p$  = Berechnungsüberdruck in  $\text{N/mm}^2$

$f$  = zulässige Spannung in  $\text{N/mm}^2$

$z$  = Schweissfaktor

$c$  = Zuschlag in mm

$s_e$  = gewählte (nominelle) Wanddicke in mm

} gemäss SVTI 301

3.1.2 Die Konuswanddicke innerhalb des Übergangsbereiches L (gemäss Fig. 305a) ist wie folgt zu bestimmen:

$$s = \frac{p \cdot D_a \cdot a}{2 \cdot f \cdot z} \quad (305.2)$$

s = Wanddicke in mm ohne Zuschlag c

D<sub>a</sub> = grösster Aussendurchmesser in mm

a = Berechnungsbeiwert (Funktion von β und r<sub>i</sub> / D<sub>a</sub>) gemäss Tabelle 305 A  
Formelzeichen p, f, z, c und s<sub>e</sub> gemäss Ziffer 3.1.1

**Tabelle 305 A Berechnungsbeiwert a**

β	Verhältnis r <sub>i</sub> /D <sub>a</sub> *3								
	*1 < 0,06	*2 ≥ 0,06	≥ 0,08	≥ 0,10	≥ 0,15	≥ 0,20	≥ 0,30	≥ 0,40	0,50
10°	0,70	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	Halbkugel- boden nach SVTI 308
20°	1,00	0,70	0,65	0,60	0,55	0,55	0,55	0,55	
30°	1,35	0,90	0,85	0,80	0,70	0,65	0,55	0,55	
45°	2,05	1,30	1,20	1,10	0,95	0,90	0,70	0,55	
60°	3,20	2,00	1,75	1,60	1,40	1,25	1,00	0,70	
70°	6,80	3,85	3,50	3,15	2,70	2,40	1,55	1,00	

1\* Winkelzwischenwerte sind zu interpolieren.

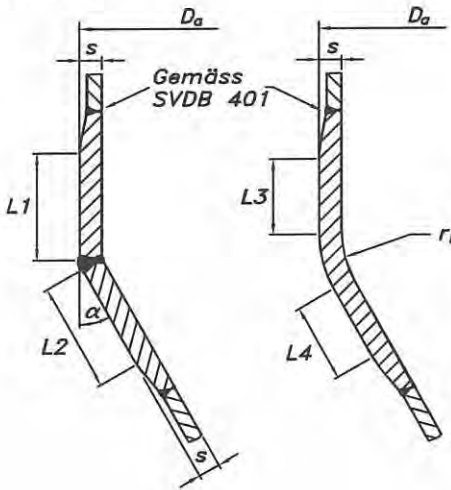
2\* Eckstoss bzw. < 0,06.

3\* r<sub>i</sub> = Radius siehe Fig. 305 b

### 3.1.3 Anforderungen an den Übergangsbereich

- 1) Wanddicke darf nicht kleiner gewählt werden als die nach der Formel (305.2) errechnete Mindestwanddicke.
- 2) Die Mindestlänge L des Übergangsbereiches ist entsprechend der Bauart als Eckstoss oder als Krempe nach Fig. 305b zu bestimmen.

**Fig. 305b**



$$r_i \geq 0,06 D_a \text{ bei } D_a \leq 1600 \text{ mm}$$

$$r_i \geq 100 \text{ mm bei } D_a > 1600 \text{ mm}$$

$$L1 = \sqrt{D_a \cdot s}$$

$$L2 = \sqrt{D_a \cdot s / \cos \alpha}$$

$$L3 = 0,5 \cdot \sqrt{D_a \cdot s}$$

$$L4 = 0,7 \cdot \sqrt{D_a \cdot s / \cos \alpha}$$



### 3.2 Konus mit halbem Öffnungswinkel $\beta > 70^\circ$

Flache Konusschüsse mit  $\beta > 70^\circ$  gemäss Fig. 305c sind nach der folgenden Formel zu dimensionieren:

$$s = 0,5 \cdot (D_a - r_i) \cdot \frac{\beta}{90} \cdot \sqrt{\frac{p}{f \cdot z}} \quad (305.3)$$

$s_e \geq s + c$  gemäss SVTI 301

$s$  = Wanddicke in mm ohne Zuschlag  $c$

$D_a$  = Aussendurchmesser in mm

$\beta$  = halber Öffnungswinkel

$p$  = Berechnungsüberdruck in  $\text{N/mm}^2$

$f$  = zulässige Spannung in  $\text{N/mm}^2$

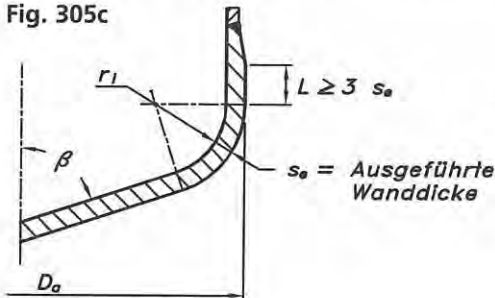
$z$  = Schweisssfaktor \*1

$c$  = Zuschlag

} gemäss SVTI 301

\*1  $z = 1$  sofern keine Meridiannaht im Konus vorhanden ist; andernfalls ist  $z = 1$  oder  $0,85$  abhängig vom durchgeführten Prüfumfang gemäss SVTI 506.

Fig. 305c



## 4. Berechnung auf Aussendruck

- 4.1 Bei der Dimensionierung auf Aussendruck ist sowohl die Beanspruchung der Kreppe oder der Ecknaht auf Innendruck sinngemäss den Ziffern 3.1 und 3.2 wie auch das Beul- und Tragverhalten des Konus nach Ziffer 4.5 zu berücksichtigen.
- 4.2 Die Konuswanddicke muss der Berechnungsformel nach Ziffer 3.1 und 3.2 genügen, wobei für die Spannung  $f$  die reduzierte Spannung  $f'$  unter Anwendung des Sicherheitsfaktors  $x_5$  anstelle von  $x_2$  bzw.  $x_3$  nach SVTI 301 einzusetzen ist.
- 4.3 Der Schweißfaktor  $z$  darf generell gleich 1 gesetzt werden.
- 4.4 Bei den Objekten der Auslegungskategorie 1 ist ein Konstruktionszuschlag  $c_3$  von 1 mm zu berücksichtigen.
- 4.5 In Funktion des Formfaktors  $F$  ist die Stabilität des Konus entsprechend den geometrischen Grössen in Fig. 305d auf Aussendruck gemäss den Ziffern 4.6 bzw. 4.7 zu überprüfen, und zwar:

- a) nach Ziffer 4.6 bei  $L > F$  bzw. b) nach Ziffer 4.7 bei  $L \leq F$

$$F = 0,18 \sqrt{D_f^3 / s} \quad (305.4)$$

$$D_f = \frac{D_{a1} + D_{a2}}{2 \cdot \cos \beta} \quad (305.5)$$

$D_f$  = Berechnungsdurchmesser in mm gemäss Fig. 305d

$D_a$  = Aussendurchmesser des Konus in mm gemäss Fig. 305b

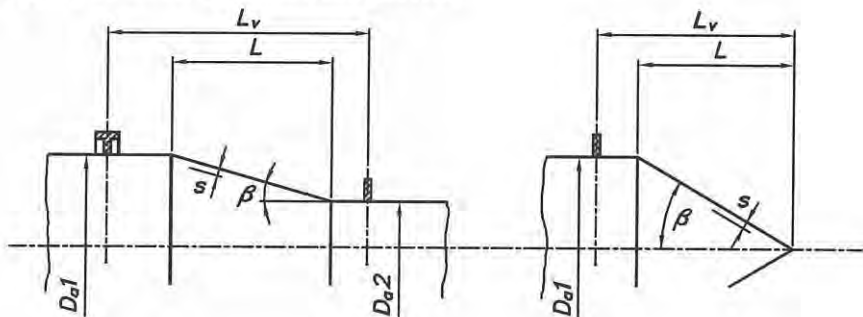
$s$  = Wanddicke in mm ohne Zuschlag  $c$  ( $s \leq s_e - c$ )

$s_e$  = gewählte (nominelle) Wanddicke in mm

$c$  = Zuschlag gemäss Ziffer 4.4 und SVTI 301

$\beta$  = halber Öffnungswinkel

Fig. 305d Konus geometrische Grössen



#### 4.6 Konus mit axialer Länge $L > F$

Für Konus gemäss Fig. 305d mit axialer Länge  $L$  bzw.  $L_v > F$  ist die Berechnung gegen elastisches Einbeulen nach SVTI 303 durchzuführen. Diese Überprüfung erfolgt unter Anwendung des Berechnungsdurchmessers  $D_r$  gemäss Ziffer 4.5.

4.6.1 Ist der Konus an beiden Enden radial ausreichend versteift, so ist  $L$  als axiale Länge zu verwenden.

Als ausreichende Versteifung gelten:

- 1) angeschweisste Versteifungsringe am Konusende, für die die Bedingungen gemäss SVTI 303 erfüllt sind.
- 2) gekrempte Konusenden mit Übergangsbereich  $1,5 \times$  Konuswanddicke
- 3) gekrempte Konusenden mit halbem Öffnungswinkel  $\beta > 45^\circ$

4.6.2 Werden die Anforderungen nach Ziffer 4.6.1 nicht erfüllt, so wird die axiale Länge  $L$  verlängert in  $L_v$  gemäss Fig. 305d. Die Versteifung hat die Bedingungen der SVTI 303 zu erfüllen.

#### 4.7 Konus mit axialer Länge $L \leq F$

Für Konen gemäss Fig. 305d mit axialer Länge  $L$  bzw.  $L_v \leq F$  wird das Beul- und Tragverhalten wie folgt überprüft:

- a) nach Ziffer 4.7.1 (elastischer Ansatz) bei  $s > s_g$  bzw.
- b) nach Ziffer 4.7.2 (plastischer Ansatz) bei  $s \leq s_g$

Die nach Formel (305.6) bestimmte Grenzwanddicke  $s_g$  wird mit der gewählten Konuswanddicke  $s$  verglichen.

$$s_g = \frac{0,58}{\cos \beta} \left[ \frac{R_e \cdot L_a^2}{E_t} \cdot D_f \right]^{\frac{1}{3}} \quad (305.6)$$

$s_g$  = Grenzwanddicke in mm

$\beta$  = halber Öffnungswinkel

$R_e$  = minimale garantierte Streckgrenze in  $N/mm^2$  bei der Berechnungstemperatur gemäss SVTI 301

( $R_t$  statt  $R_e$ , sofern die Auslegung mit der Zeitstandfestigkeit erfolgt)

$L_a$  = Berechnungslänge bzw.  $L$  oder  $L_v$  gemäss Fig. 305 d in mm

$E_t$  = Elastizitätsmodul bei der Berechnungstemperatur in  $N/mm^2$ .

Der E-Modul ist der entsprechenden SVTI-Vorschrift der Reihe 200 oder der Werkstoffnorm zu entnehmen.

$D_f$  = Berechnungsdurchmesser in mm gemäss Ziffer 4.5

### 4.7.1 Zulässiger Aussendruck (elastischer Ansatz)

$$p = \frac{p_e}{x_4} = T_e \cdot \frac{2 \cdot s}{x_4 \cdot D_f} \quad (305.7)$$

$p$  = zulässiger Aussendruck in  $N/mm^2$

$p_e$  = Einbeulüberdruck (Überdruck) in  $N/mm^2$

$x_4$  = Sicherheitsfaktor gegen elastisches Einbeulen gemäss SVTI 301

$s$  = Wanddicke in mm ohne Zuschlag  $c$  ( $s \leq s_e - c$ )

$s_e$  = gewählte (nominelle) Wanddicke in mm

$c$  = Zuschlag gemäss SVTI 301; bei Objekten der Auslegungskategorie 1 ist  $c_3 = 1$  mm zu berücksichtigen.

$D_f$  = Berechnungsdurchmesser in mm gemäss Ziffer 4.5

$T_e$  = abgeminderte elastische Beulspannung in  $N/mm^2$

$$T_e = \frac{0,63 \cdot E_t \cdot s}{\sqrt{1 + 0,5 \frac{D_f}{s} \cdot D_a}} \quad (305.8)$$

$E_t$  = Elastizitätsmodul bei der Berechnungstemperatur in  $N/mm^2$

Der E-Modul ist der entsprechenden SVTI-Vorschrift der Reihe 200 oder der Werkstoffnorm zu entnehmen.

$D_a$  = grösster Aussendurchmesser in mm

**4.7.2 Zulässiger Aussendruck (plastischer Ansatz)**

$$p = \frac{p_{kr}}{x_5} = \frac{2 \cdot K}{x_5 \cdot \frac{D_f}{s \cdot \cos \beta}} \quad (305.9)$$

$p$  = zulässiger Aussendruck in  $\text{N/mm}^2$

$p_{kr}$  = kritischer Überdruck in  $\text{N/mm}^2$

$x_5$  = Sicherheitsfaktor gegen plastische Verformung gemäss SVTI 301

$K$  = Kleinstbeiwert aus  $K_a$  bzw.  $K_b$  in  $\text{N/mm}^2$

$K_a$  =  $R_e$  bzw.  $R_t$  bei Berechnungstemperatur gemäss SVTI 301

$$K_b = R \cdot \left( 1,28 - 0,55 \cdot \sqrt{\frac{R}{T_e}} \right) \quad (305.10)$$

$R$  =  $R_e$  bzw.  $R_t$

$s$  = Wanddicke in mm ohne Zuschlag  $c$  ( $s \leq s_e - c$ )

$s_e$  = gewählte (nominelle) Wanddicke in mm

$\beta$  = halber Öffnungswinkel gemäss Fig. 305 d

$T_e$  = abgeminderte elastische Beulspannung in  $\text{N/mm}^2$  gemäss (305.8)

$c$  = Zuschlag gemäss SVTI 301; bei Objekten der Auslegungskategorie 1 ist

$c_3 = 1$  mm zu berücksichtigen.

**5. Verschwächung durch Ausschnitte**

Sind Konen durch Ausschnitte geschwächt, so gelten zusätzlich die Festlegungen der SVTI 316.

**6. Kleinste Wanddicke**

Die zulässigen Mindestwanddicken sind in der SVTI 301 festgelegt.

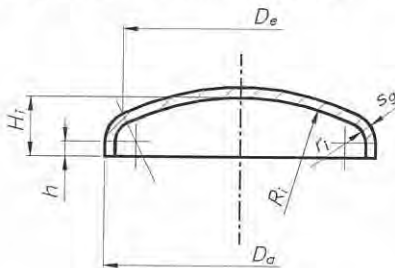
**Inhaltsverzeichnis**

	Seite
1. Geltungsbereich . . . . .	1
2. Grundsätze . . . . .	2
3. Bodenschweissnähte . . . . .	3
4. Berechnung . . . . .	5
5. Verschwächung durch Ausschnitte . . . . .	12
6. Äussere Kräfte . . . . .	12
7. Kleinste Wanddicke . . . . .	12

**1. Geltungsbereich**

- 1.1 In der Bodenform unterscheidet man zwischen 2-Radius-Böden und elliptischen Böden. Bei den 2-Radius-Böden sind einige Formen genormt, siehe Tabelle 307 A.
- 1.2 Die in der Vorschrift 307 festgehaltenen Berechnungsregeln gelten für alle Bodenformen, sofern die nachstehenden Formbedingungen gemäss Fig. 307a eingehalten werden.

**Fig. 307a Formbedingungen für Böden**



- $m = R_i / D_a$
- $n = r_i / D_a$
- $R_i =$  Kalottenradius
- $r_i =$  Krempe radius
- $D_a =$  Boden Aussendurchmesser
- $H_i =$  Bodentiefe (Innenmass)
- $h =$  zylindrische Bordhöhe,  
 Mindestmass gemäss Ziff. 2.1

$D_e =$  Übergangsdurchmesser Krempe/Kalotte für Ausschnitt-Berechnung nach SVTI 316

$s_g =$  durch das Presswerk garantierte Mindestwanddicke wobei  $s_g \geq s + c$

Anmerkungen zu den Formeinschränkungen

- $R_i \leq D_a$  \*1
- $0,08 R_i \leq r_i \leq 0,1 D_a$  \*1 \*4
- $0,003 \leq s_g / D_a \leq 0,08$  \*3 \*6

**Tabelle 307 A Bodenform von 2-Radien-Böden**

	<i>Klöpperböden</i>	<i>Betaböden</i>	<i>Korbbogenböden</i>	<i>beliebiger 2-Radien-Böden</i>
m	1,0	0,95	0,8	$R_i / D_a$
n	0,1	0,15	0,154	$r_i / D_a$
Norm	DIN 28011	–	DIN 28013	–
Formeinschränkungen	*1 *4 *6	*1 *4	*1 *4 *6	*1 *2 *3 *4 *5

\*1 Bedingung gilt für 2-Radien-Böden.

\*2 Bedingung gilt für elliptische Böden.

\*3 Bedingung gilt für beide Bodenformen.

\*4 Bei «Zweiradienböden» mit einem Verhältnis  $r_i/R_i < 0,1$  sind unter der Bedingung  $s \geq 0,006 D_a$  kleinere Krepfenradien bis  $r_i = 0,08 D_a$  zugelassen.

\*5 Bei elliptischen Böden darf ein Verhältnis  $H_i/D_i = 0,14$  nicht unterschritten werden.

\*6 Für die gemäss Tabelle 307 A nach DIN genormten Böden sind Unterschreitungen des Schlankheitsgrades  $s/D_a = 0,003$  unter Beachtung der Festlegung in Ziffer 2.7 zugelassen.

## 2. Grundsätze

2.1 Die Böden müssen mit einem zylindrischen Bord h gemäss Fig. 307a ausgeführt werden. Dabei sind folgende Mindestbordhöhen h in Funktion der garantierten Wanddicke  $s_g$  einzuhalten, und zwar:

$$s_g \leq 40 \text{ mm} \quad \rightarrow \quad h \geq 3 \cdot s_g$$

$$40 \leq s_g \leq 150 \text{ mm} \quad \rightarrow \quad h \geq 145 - 0,64 s_g$$

$$s_g > 150 \text{ mm} \quad \rightarrow \quad h \geq 50$$

2.2 Abweichend zu Ziffer 2.1 können geringere Bordhöhen ausgeführt werden, wenn die Anschlussnähte entsprechend einem Schweißfaktor  $z = 1$  wie eine vollbeanspruchte Stumpfnah nach SVTI 506 zerstörungsfrei geprüft wird.

2.3 Zusätzlich zum Werkstoffnachweis gehört stets eine Pressbescheinigung des Bodenherstellers, in welcher die am Boden gemessene garantierte Mindestwanddicke  $s_g$  anzugeben ist.

2.4 Die erforderliche Mindestwanddicke  $s_o$  ist gemäss der SVTI-Vorschrift 301 wie folgt zu bestimmen:  $s_o = s + c \leq s_g$ . In Abweichung zur Vorschrift 301 ist der Zuschlag  $c_1$  nicht zu berücksichtigen.

1) Die garantierte Mindestwanddicke  $s_g$  ist in der Pressbescheinigung gemäss Ziffer 2.3 auszuweisen.

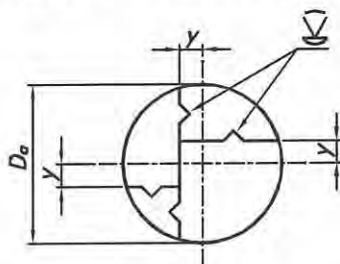
- 2) In den Konstruktionszeichnungen ist die garantierte Mindestwanddicke  $s_g$  der Böden oder Bodenteile zusätzlich anzugeben.
  - 3) Werden dem Presswerk Rondellen angeliefert, so hat der Lieferer die Grösse des Presszuschlages  $c_1'$  mit dem Presswerk so abzusprechen, dass die Anforderungen gemäss Abs. 1) erreicht werden.
- 2.5 Die erforderlichen Wärmebehandlungen für warm- und kaltgeformte Böden aus ferritischen oder austenitischen Stählen sind in SVTI 402 festgelegt. Die durchgeführte Wärmebehandlung ist in der Pressbescheinigung zu bestätigen.
- 2.6 Die Berechnung der Kalotte gemäss Ziffer 4.4 ist nur erforderlich bei:
- 1) Böden, die zusammengesetzt sind aus Rondellen und Segmenten gemäss Fig. 307c
  - 2) Bestimmung der Mindestwanddicke für die Berechnung bei Ausschnitten gemäss SVTI 316.
- 2.7 Böden mit einem Schlankheitsgrad  $\lambda < 0,003$  gemäss Ziffer 4.2 sind zusätzlich zur Dimensionierung nach der Ziffer 4.1 auf ausreichende Sicherheit gegen Einbeulen der Krempepartie nach der Ziffer 4.5 zu überprüfen.

### 3. Bodenschweissnähte

- 3.1 In Zusammenhang mit der Bodenrundnaht zum Anschlussbauteil muss, sofern die Bordhöhe gemäss Ziffer 2.1 eingehalten ist, kein Schweißfaktor bei der Bodenberechnung berücksichtigt werden ( $z = 1$ ).
- 3.2 Werden Objekte aus zwei direkt zusammengeschweissten Böden (ohne zylindrischen Zwischenschuss) hergestellt, so ist die zylindrische Bordpartie mit der Rundnaht als geschweisster Zylinder zu beurteilen.
- 3.3 Die Nähte dürfen in der Regel, mit Ausnahme von Ausschnitten, im Kalottenbereich  $\leq 0,6 D_a$  nicht durch Öffnungen unterbrochen werden. Ist dies konstruktiv erforderlich, so ist diese Naht wie eine vollbeanspruchte Naht ( $z = 1$ ) nach SVTI 506 zerstörungsfrei zu prüfen.
- 3.4 Alle Schweissnähte an zusammengesetzten Böden und Ausgangsrondellen sind stets als gegengeschweisste Nähte auszuführen.
- 3.5 Werden Rondellen für gewölbte Böden aus mehreren Teilen gemäss Fig. 307b zusammengesetzt, dürfen Schweissnähte max. 20% vom Meridianschnitt entfernt liegen.



**Fig. 307 b Ausgangsrondelle mit Schweissnähten**



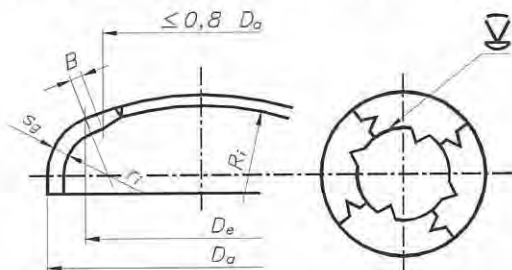
Voraussetzungen:

$$y \leq 0,2 D_a$$

$$z = 1, \text{ sofern Ziffer 3.6 beachtet wird}$$

- 3.6 Der Prüfumfang von Nähten in Ausgangsrondellen erfolgt nach SVTI 506, Tab. 506 E, und der Schweißfaktor  $z$  darf = 1 gesetzt werden.
- 3.7 Die Durchführung der Prüfung gemäss Ziffer 3.6 und deren Gutbefund ist vom Bodenhersteller in der Pressbescheinigung zu bestätigen.  
Bei angelieferten Rondellen ist die Prüfung durch die Prüforganisation in Herstellerwerken durchzuführen.
- 3.8 Werden Böden aus vorgepressten Segmenten und Ronden abweichend von Ziff. 3.5 gemäss Fig. 307c zusammengesetzt, so sind die Schweissnähte entsprechend dem Schweißfaktor  $z = 1,0$  oder  $0,85$  wie Längsnähte nach SVTI 506 zu prüfen.

**Fig. 307 c Böden aus Ronden und Segmenten zusammengesetzt**



Voraussetzungen:

$$B \geq 0,5 \sqrt{R_i \cdot s_g}$$

$$z = 1 \text{ oder } 0,85 \text{ gemäss Ziffer 3.8}$$

$$s_o = \text{gemäss Ziffer 2.4}$$

$$D_e = \text{gemäss Ziffer 1.2}$$

## 4. Berechnung

### 4.1 Bodenkrempe

$$s = \frac{p \cdot D_a \cdot g}{2 \cdot f \cdot z} \leq s_o \quad (307.1)$$

$s_g \geq s_o = s + c$  gemäss SVTI 301

$s_g$  = garantierte Mindestwanddicke am fertigen Boden unter Beachtung von Ziffer 2.4

$s$  = Wanddicke in mm ohne Zuschlag  $c$

$p$  = Berechnungsüberdruck in  $N/mm^2$  gemäss SVTI 301

$D_a$  = Aussendurchmesser in mm

$g$  = Formfaktor gemäss Ziffer 4.3

$f$  = zulässige Spannung in  $N/mm^2$

$c$  = Zuschlag in mm (SVTI 307, Ziffer 2.4)

$z$  = Schweissfaktor (SVTI 307, Ziffer 3.6 bzw. 3.8)

} gemäss SVTI 301

### 4.2 Schlankheitsgrad $\lambda$

Der Schlankheitsgrad eines Bodens ist die Funktion der garantierten Mindestwanddicke  $s_g$  gemäss Ziffer 2.3 zum Aussendurchmesser  $D_a$

Der Schlankheitsgrad eines Bodens rechnet sich wie folgt:

$$\lambda = \frac{s}{D_a} \quad (307.2)$$

$\lambda$  = Schlankheitsgrad

Formelzeichen für  $s$  und  $D_a$  siehe Ziff. 4.1

### 4.3 Formfaktor

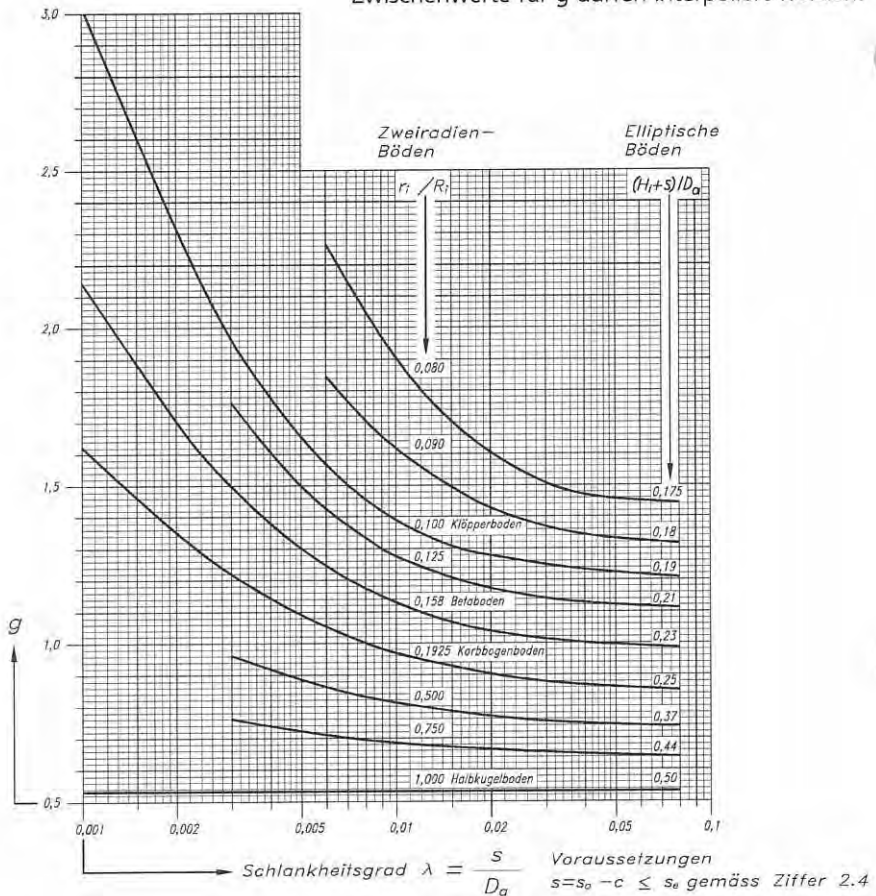
Der Formfaktor  $g$  ist bei gegebener Bodenform vom Schlankheitsgrad abhängig und kann wie folgt ermittelt werden:

- 1) Aus dem Diagramm 307 B bzw. Tabelle 307 C bzw.
- 2) Unter Anwendung der Formel aus Tabelle 307 D

**Diagramm 307 B Formfaktor g**

- 1) Das Diagramm gilt unter Beachtung der Formeinschränkung gemäss Ziffer 1.2 für beliebige Böden.
- 2) Bei elliptischen Böden ist der Parameter  $(H_i + s) / D_a$  massgebend, wobei für  $(H_i + s) / D_a - 2 \cdot s > 0,14$  die Formbedingung beachtet werden muss.

Zwischenwerte für g dürfen interpoliert werden.



**Tabelle 307 C Formfaktor g für genormte Böden**

Be- reich	s / D <sub>a</sub>	Klöp- per- böden g	Beta- böden g	Korb- bogen- böden g	Be- reich	s / D <sub>a</sub>	Klöp- per- böden g	Beta- böden g	Korb- bogen- böden g	Be- reich	s / D <sub>a</sub>	Klöp- per- böden g	Beta- böden g	Korb- bogen- böden g	
1	0,0010	3,029	2,147	1,622	3	0,0060	1,551	1,240	1,054	4	0,0175	1,285	1,050	0,909	
	0,0011	2,918	2,080	1,581		0,0062	1,539	1,232	1,048		0,0180	1,281	1,047	0,907	
	0,0012	2,820	2,021	1,545		0,0064	1,528	1,224	1,042		0,0185	1,276	1,043	0,904	
	0,0013	2,732	1,968	1,512		0,0066	1,517	1,216	1,036		0,0190	1,272	1,040	0,902	
	0,0014	2,654	1,920	1,483		0,0068	1,507	1,209	1,031		0,0195	1,268	1,037	0,900	
	0,0015	2,583	1,877	1,456		0,0070	1,497	1,202	1,026		5	0,0200	1,264	1,034	0,897
	0,0016	2,518	1,837	1,431		0,0072	1,487	1,195	1,020			0,0205	1,263	1,033	0,896
	0,0017	2,459	1,800	1,408		0,0074	1,478	1,188	1,015			0,0210	1,262	1,032	0,895
	0,0018	2,404	1,766	1,387		0,0076	1,468	1,182	1,011			0,0215	1,260	1,031	0,893
	0,0019	2,354	1,735	1,367		0,0078	1,460	1,176	1,006			0,0220	1,259	1,029	0,892
	0,0020	2,307	1,706	1,348		0,0080	1,451	1,170	1,001			0,0225	1,258	1,028	0,891
	0,0021	2,263	1,678	1,331		0,0082	1,443	1,164	0,997		0,0230	1,257	1,027	0,890	
	0,0022	2,222	1,653	1,314	0,0084	1,435	1,158	0,993	0,0235	1,256	1,026	0,889			
	0,0023	2,184	1,628	1,299	0,0086	1,427	1,153	0,989	0,0240	1,255	1,025	0,887			
	0,0024	2,147	1,606	1,284	0,0088	1,420	1,147	0,985	0,0245	1,254	1,024	0,886			
	0,0025	2,113	1,584	1,270	0,0090	1,412	1,142	0,981	0,0250	1,253	1,023	0,885			
	0,0026	2,081	1,563	1,257	0,0092	1,405	1,137	0,977	0,0255	1,252	1,022	0,884			
	0,0027	2,050	1,544	1,244	0,0094	1,398	1,132	0,973	0,0260	1,251	1,021	0,883			
	0,0028	2,021	1,525	1,223	0,0096	1,391	1,127	0,969	0,0265	1,250	1,020	0,882			
	0,0029	1,993	1,508	1,221	0,0098	1,385	1,122	0,966	0,0270	1,249	1,019	0,881			
	2	0,0030	1,967	1,491	1,207	4	0,0100	1,378	1,118	0,962	0,0275	1,248	1,018	0,880	
		0,0032	1,924	1,466	1,192		0,0105	1,370	1,112	0,958	0,0280	1,247	1,017	0,879	
		0,0034	1,884	1,442	1,178		0,0110	1,362	1,106	0,953	0,0285	1,246	1,016	0,878	
		0,0036	1,848	1,421	1,165		0,0115	1,354	1,100	0,949	0,0290	1,245	1,015	0,877	
0,0038		1,814	1,400	1,153	0,0120		1,347	1,095	0,945	0,0295	1,244	1,014	0,877		
0,0040		1,782	1,381	1,142	0,0125		1,340	1,090	0,941	0,0300	1,244	1,013	0,876		
0,0042		1,753	1,363	1,131	0,0130		1,334	1,085	0,937	0,0305	1,243	1,012	0,875		
0,0044		1,725	1,347	1,121	0,0135		1,328	1,081	0,934	0,0310	1,242	1,012	0,874		
0,0046		1,699	1,331	1,111	0,0140		1,322	1,077	0,930	0,0315	1,241	1,011	0,873		
0,0048		1,674	1,316	1,102	0,0145		1,316	1,072	0,927	0,0320	1,240	1,010	0,872		
0,0050		1,651	1,302	1,094	0,0150		1,310	1,068	0,924	0,0325	1,240	1,009	0,871		
0,0052		1,629	1,288	1,086	0,0155		1,305	1,064	0,921	0,0330	1,239	1,008	0,871		
0,0054		1,608	1,275	1,078	0,0160	1,300	1,061	0,918	0,0335	1,238	1,008	0,870			
0,0056		1,588	1,263	1,070	0,0165	1,295	1,057	0,915	0,0340	1,237	1,007	0,869			
0,0058		1,569	1,251	1,063	0,0170	1,290	1,053	0,912	0,0345	1,237	1,006	0,868			

Tabellen-Fortsetzung siehe Seite 8

Fortsetzung Tabelle 307 C

Be- reich	$s / D_a$	Klöp- per- böden g	Beta- böden g	Korb- bogen- böden g	Be- reich	$s / D_a$	Klöp- per- böden g	Beta- böden g	Korb- bogen- böden g	Be- reich	$s / D_a$	Klöp- per- böden g	Beta- böden g	Korb- bogen- böden g	
5	0,0350	1,236	1,005	0,868	6	0,0500	1,121	0,994	0,858	6	0,0650	1,212	0,988	0,854	
	0,0355	1,235	1,005	0,867		0,0510	1,121	0,994	0,858		0,0660	1,211	0,988	0,854	
	0,0360	1,235	1,004	0,866		0,0520	1,120	0,993	0,857		0,0670	1,211	0,987	0,854	
	0,0365	1,234	1,003	0,865		0,0530	1,219	0,993	0,857		0,0680	1,210	0,987	0,853	
	0,0370	1,233	1,002	0,865		0,0540	1,218	0,992	0,857		0,0690	1,210	0,987	0,853	
	0,0375	1,233	1,002	0,864		0,0550	1,218	0,992	0,857		0,0700	1,209	0,986	0,853	
	0,0380	1,232	1,001	0,863		0,0560	1,217	0,992	0,856		0,0710	1,208	0,986	0,853	
	0,0385	1,231	1,000	0,863		0,0570	1,216	0,991	0,856		0,0720	1,208	0,986	0,852	
	0,0390	1,231	1,000	0,862		0,0580	1,216	0,991	0,856		0,0730	1,207	0,985	0,852	
	0,0395	1,230	0,999	0,861		0,0590	1,215	0,990	0,855		0,0740	1,207	0,985	0,852	
	6	0,0400	1,229	0,999		0,861	0,0600	1,215	0,990		0,855	0,0750	1,207	0,985	0,852
		0,0410	1,229	0,999		0,861	0,0610	1,214	0,990		0,855	0,0760	1,206	0,985	0,852
		0,0420	1,228	0,998		0,861	0,0620	1,213	0,989		0,855	0,0770	1,206	0,984	0,851
		0,0430	1,227	0,998		0,860	0,0630	1,213	0,989		0,854	0,0780	1,205	0,984	0,851
0,0440		1,226	0,997	0,860	0,0640	1,212	0,988	0,854	0,0790	1,205	0,984	0,851			
0,0450		1,225	0,996	0,860					0,0800	1,204	0,983	0,851			
0,0460		1,224	0,996	0,859											
0,0470		1,224	0,996	0,859											
0,0480		1,223	0,995	0,859											
0,0490		1,222	0,995	0,858											

Die angegebenen g-Werte sind mit den den Bereichen 1 bis 6 zugeordneten Berechnungsformeln des Diagramms 307 B bestimmt worden.

Zwischenwerte von g können interpoliert werden.

**Tabelle 307 D Berechnungsformeln zur Ermittlung des Faktors g gemäss Diagramm 307 B**

Bereich	Schlankheitsgrad		g-Faktor		Korbbogenböden
	$\left(\frac{s}{D_a}\right) \geq$	$\left(\frac{s}{D_a}\right) <$	Klöpferböden	Betaböden	
1	0,0010	0,0030	$0,2006 \left(\frac{s}{D_a}\right)^{-0,393}$	$0,2167 \left(\frac{s}{D_a}\right)^{-0,332}$	$0,2565 \left(\frac{s}{D_a}\right)^{-0,267}$
2	0,0030	0,0060	$0,2682 \left(\frac{s}{D_a}\right)^{-0,343}$	$0,3180 \left(\frac{s}{D_a}\right)^{-0,266}$	$0,3955 \left(\frac{s}{D_a}\right)^{-0,192}$
3	0,0060	0,0100	$0,4757 \left(\frac{s}{D_a}\right)^{-0,231}$	$0,4389 \left(\frac{s}{D_a}\right)^{-0,203}$	$0,4240 \left(\frac{s}{D_a}\right)^{-0,178}$
4	0,0100	0,0200	$0,7751 \left(\frac{s}{D_a}\right)^{-0,125}$	$0,6674 \left(\frac{s}{D_a}\right)^{-0,112}$	$0,6044 \left(\frac{s}{D_a}\right)^{-0,101}$
5	0,0200	0,0400	$1,0809 \left(\frac{s}{D_a}\right)^{-0,040}$	$0,8473 \left(\frac{s}{D_a}\right)^{-0,051}$	$0,7095 \left(\frac{s}{D_a}\right)^{-0,060}$
6	0,0400	0,0800	$1,1163 \left(\frac{s}{D_a}\right)^{-0,030}$	$0,9279 \left(\frac{s}{D_a}\right)^{-0,023}$	$0,8130 \left(\frac{s}{D_a}\right)^{-0,018}$

**4.4 Bodenkalotte**

$$s = \frac{p \cdot R_i}{2 \cdot f \cdot z - 0,5 \cdot p} \leq s_g \quad (307.3)$$

$s_g \geq s_o = s + c$  gemäss SVTI 301

$s$  = Wanddicke in mm ohne Zuschlag  $c$

$s_g$  = garantierte Mindestwanddicke am fertigen Boden unter Beachtung von Ziffer 2.4

$p$  = Berechnungsüberdruck in  $N/mm^2$  gemäss SVTI 301

$R_i$  = Kalotteninnenradius in mm  
bei elliptischen Böden:

$$\text{Scheitel-Innenradius} = R_i = \frac{D_i^2}{4 \cdot (H_i - h)} \quad (\text{siehe Fig. 307a})$$

$f$  = zulässige Spannung

$c$  = Zuschlag in mm (SVTI 307, Ziffer 2.4)

$z$  = Schweißfaktor (SVTI 307, Ziffer 3.6 bzw. 3.8)

} gemäss SVTI 301

**4.5 Böden mit Schlankheitsgrad  $\lambda < 0,003$** 

Überprüfung auf ausreichende Sicherheit gegen Einbeulen der Krepfenpartie entsprechend der Ziffer 2.7

$$p = \frac{F_b \cdot E_t}{1,5 \cdot 10^5} \quad (307.4)$$

$p$  = zulässiger Aussendruck (Berechnungsüberdruck) in  $N/mm^2$

$F_b$  = Beulfaktor gemäss Tabelle 307 E

$E_t$  = Elastizitätsmodul bei der Berechnungstemperatur in  $N/mm^2$

Der E-Modul ist der entsprechenden SVTI-Vorschrift der Reihe 200 oder Werkstoffnorm zu entnehmen.

$\lambda$  = Schlankheitsgrad (siehe Ziffer 4.2)

Allfällige Bodenverschwächungen durch Ausschnitte bleiben unberücksichtigt.

**Tabelle 307 E**      **Beulfaktor  $F_b$**

$\lambda$	$F_b$ Klöpperboden	$F_b$ Betaboden	$F_b$ Korbbogenboden
0,0010	0,0465	0,0924	0,1199
0,0011	0,0582	0,1146	0,1484
0,0012	0,0715	0,1396	0,1804
0,0013	0,0863	0,1673	0,2158
0,0014	0,1029	0,1979	0,2548
0,0015	0,1210	0,2314	0,2974
0,0016	0,1410	0,2678	0,3436
0,0017	0,1627	0,3072	0,3936
0,0018	0,1862	0,3496	0,4474
0,0019	0,2115	0,3952	0,5050
0,0020	0,2387	0,4438	0,5665
0,0021	0,2669	0,4957	0,6319
0,0022	0,2990	0,5507	0,7013
0,0023	0,3321	0,6091	0,7748
0,0024	0,3672	0,6707	0,8523
0,0025	0,4043	0,7356	0,9339
0,0026	0,4436	0,8039	1,0197
0,0027	0,4849	0,8757	1,1097
0,0028	0,5284	0,9508	1,2039
0,0029	0,5740	1,0295	1,3024
0,0030	0,6218	1,1118	1,4053
Formeln	$F_b = 560349 \cdot \lambda^{2,3603}$	$F_b = 57343 \cdot \lambda^{2,2643}$	$F_b = 630954 \cdot \lambda^{2,2404}$



## **5. Verschwächung durch Ausschnitte**

- 5.1 Sind Böden durch Ausschnitte geschwächt, so gelten zusätzlich die Festlegungen der SVTI 316.  
Bis zu einem Durchmesser von  $0,8 D_a$  gemäss Fig. 307c ist für den entfernten Querschnitt die Wanddicke  $s$  nach der Formel (307.3) für die Bodenkalotte gemäss Ziff. 4.4 zu bestimmen.

## **6. Äussere Kräfte**

Eine zusätzliche Erhöhung der nach den gegebenen Regeln bestimmten Bodendickungen kann erforderlich werden, wenn auf einen Boden grössere äussere Kräfte von Tragkonstruktionen, Abstützungen, Rührwerkantrieben usw. einwirken. Festlegungen hierüber sind mit der Prüfstelle von Fall zu Fall zu vereinbaren.

## **7. Kleinste Wanddicke**

Die zulässigen Mindestwanddicken sind in der SVTI 301 festgelegt.

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Geltungsbereich .....	1
2. Grundsätze .....	1
3. Bodenschweissnähte .....	2
4. Berechnung .....	3
5. Verschwächung durch Ausschnitte .....	4
6. Kleinste Wanddicke .....	4

### 1. Geltungsbereich

- 1.1 Die nachstehenden Berechnungsregeln gelten unter Beachtung des Verhältnisses  $D_a / D_i \leq 1,2$  für Halbkugel- und Kugelschalen, die unter innerem Überdruck stehen.
- 1.2 Für kleine Halbkugel mit  $D_a \leq 219$  mm bis zu  $D_a / D_i \leq 1,7$ .

### 2. Grundsätze

- 2.1 Zum Werkstoffnachweis gehört stets eine Pressbescheinigung des Presswerkes, in welcher die am Bauteil gemessenen garantierten Mindestwanddicken  $s_g$  anzugeben sind.
- 2.2 Die verlangten Wärmebehandlungen für warm- und kaltgeformte Schalen aus ferritischen und austenitischen Stählen sind in SVTI402 festgelegt.  
Die durchgeführte Wärmebehandlung ist in der Pressbescheinigung zu bestätigen.
- 2.3 Die erforderliche Wanddicke  $s_o$  ist gemäss der SVTI-Vorschrift 301 wie folgt zu bestimmen:  $s_o = s + c \leq s_g$ . In Abweichung zur Vorschrift 301 ist der Zuschlag  $c_1$  nicht zu berücksichtigen.
- 1) Die garantierte Mindestwanddicke  $s_g$  ist in der Pressbescheinigung auszuweisen.
  - 2) In der Konstruktionszeichnung ist die garantierte Mindestwanddicke  $s_g$  der Schale zusätzlich anzugeben.
  - 3) Werden dem Presswerk Rondellen angeliefert, so hat der Lieferer die Grösse des Presszuschlages  $c_1'$  mit dem Presswerk so abzusprechen, dass die Anforderungen gemäss Abs. 1) garantiert sind.

# Berechnungen

## Halbkugel- und Kugelschalen unter Innendruck

# Vorschrift 308

Rev. 1.98

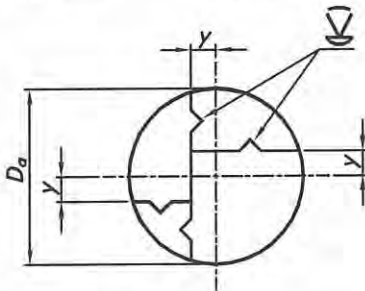
Seite 2

- 2.4 Für die Auslegung kugelförmiger Grossraumbehälter sind mit dem SVTI besondere Festlegungen abzusprechen.

### 3. Bodenschweissnähte

- 3.1 Halbkugelböden weisen kein zylindrisches Bord auf. Die Schweissnaht zum Anschlussbauteil bedingt, dass ein Halbkugelboden oder Halbkugelsegment stets als geschweisster Bauteil bewertet wird und dass bei der Dimensionierung ein Schweissfaktor gemäss SVTI 301 mitberücksichtigt werden muss.
- 3.2 Die Nähte dürfen in der Regel, mit Ausnahme von Ausschnitten, im Kalottenbereich  $\leq 0,6 D_a$  nicht durch Öffnungen unterbrochen werden. Ist dies konstruktiv erforderlich, so ist diese Naht wie eine vollbeanspruchte Naht ( $z = 1$ ) nach SVTI 506 zerstörungsfrei zu prüfen.
- 3.3 Alle Schweissnähte an zusammengesetzten Halbkugeln und Ausgangsrondellen sind stets als gegengeschweisste Nähte auszuführen.
- 3.4 Werden Rondellen für Halbkugeln oder Kugelschalen aus mehreren Teilen gemäss Fig. 308a zusammengesetzt, dürfen Schweissnähte max. 20% vom Meridianschnitt entfernt liegen.
- 3.5 Der Prüfumfang von Nähten in Ausgangsrondellen erfolgt nach SVTI 506, Tab. 506 E, und der Schweissfaktor  $z$  darf = 1 gesetzt werden.

**Fig. 308a** Ausgangsrondelle mit Schweissnähten



Voraussetzungen

$$y \leq 0,2 D_a$$

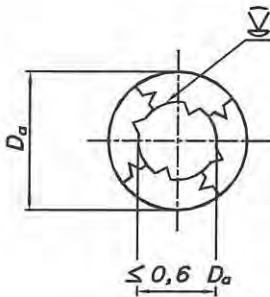
$$z = 1$$

Prüfumfang der Schweissnähte gemäss SVTI 506

- 3.6 Die Durchführung der Prüfung gemäss Ziffer 3.5 und deren Gutbefund ist vom Bodenhersteller in der Pressbescheinigung zu bestätigen.

- 3.7 Bei angelieferten Rondellen ist die Prüfung durch die Prüforganisation im Herstellwerk durchzuführen.
- 3.8 Werden Halbkugeln und Kugeln aus vorgepressten Segmenten und Ronden gemäss Fig. 308b zusammengesetzt, so sind die Schweissnähte entsprechend dem Schweißfaktor  $z = 1,0$  oder  $0,85$  wie Längsnähte nach SVTI 506 zu prüfen.

**Fig. 308b** Halbkugeln und Kugeln aus Ronden und Segmenten zusammengesetzt



Voraussetzungen

$z = 1$  oder  $0,85$

Prüfumfang der Schweissnähte gemäss SVTI 506

## 4. Berechnung

- 4.1 Halbkugeln und Kugelschalen im Bereich ausserhalb  $0,6 D_a$  gemäss Fig. 308b

$$s = \frac{1,1 \cdot p \cdot R_i}{2 \cdot f \cdot z - 0,5 \cdot p} \leq s_g \quad (308.1)$$

$s_g \geq s_o = s + c$  gemäss SVTI 301

$s$  = Wanddicke in mm ohne Zuschlag  $c$

$s_g$  = garantierte Mindestwanddicke am fertigen Bauteil in mm unter Beachtung von Ziffer 2.3

$p$  = Berechnungsüberdruck in  $N/mm^2$  gemäss SVTI 301

$R_i$  = Innenradius in mm

$D_a$  = Aussendurchmesser der Halbkugel in mm

$f$  = zulässige Spannung in  $N/mm^2$

$z$  = Schweißfaktor

$c$  = Zuschlag in mm unter Beachtung von Ziffer 2.3

} gemäss SVTI 301

## Berechnungen

### Halbkugel- und Kugelschalen unter Innendruck

## Vorschrift 308

Rev. 1.98

Seite 4

4.2 Kugeln und Kugelschalen im Bereich innerhalb  $0,6 D_a$  gemäss Fig. 308b

$$s = \frac{p \cdot R_i}{2 \cdot f \cdot z - 0,5p} \leq s_g \quad (308.2)$$

$$s_g \geq s_o = s + c$$

Formelzeichen siehe Ziffer 4.1

## 5. Verschwächung durch Ausschnitte

Sind Kugelschalen durch Ausschnitte geschwächt, so gelten zusätzlich die Festlegungen der SVTI316.

## 6. Kleinste Wanddicke

Die zulässigen Mindestwanddicken sind in der SVTI301 festgelegt.

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Geltungsbereich . . . . .	1
2. Grundsätze . . . . .	1
3. Bodenschweissnähte . . . . .	3
4. Berechnung . . . . .	4
5. Verschwächung durch Ausschnitte . . . . .	6
6. Kleinste Wanddicke . . . . .	6

### 1. Geltungsbereich

- 1.1 Die nachstehenden Dimensionierungsformeln gelten für Kalottenböden unter innerem Überdruck, bei denen das Verhältnis der Wanddicke der Kalotte zum Wölbungsradius in folgendem Bereich liegt:

$$0,003 \leq s / R_i \leq 0,1$$

$s$  = Wanddicke in mm ohne Zuschlag  $c$

$R_i$  = Innenradius der Kalotte in mm

- 1.2 Für die Berechnung wird zwischen 2 Bodenformen unterschieden.
- 1) Tiefe Kalottenböden mit einem Verhältnis  $R_i / D_i \leq 1,2$ ;  $R_i$ ,  $D_i$  gemäss Fig. 309a
  - 2) Flache Kalottenböden mit einem Verhältnis  $R_i / D_i > 1,2$  sind nach der Formel für gewölbte Platten gemäss SVTI 312 zu dimensionieren.

### 2. Grundsätze

- 2.1 Der Randring gemäss Ziffer 4.2 als Flansch- oder Zylinderteil muss für die Aufnahme der Radialkräfte genügend stabil sein.
- 2.2 Der Übergangsradius  $r_i$  vom Flanschblatt zur Kalotte nach Fig. 309a muss mindestens 6 mm betragen. Bei Werkstoffen mit einer Bruchdehnung unter 10% ist der Übergangsradius gleich der Wanddicke der Kalotte auszuführen, jedoch nicht über 30 mm.

# Berechnungen

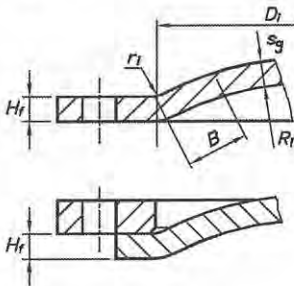
## Kalottenböden unter Innendruck

# Vorschrift 309

Rev. 1.98

Seite 2

Fig. 309a



Gepresster Boden mit gleicher Wanddicke in Kalotte und Flansch

Ausführung mit Flansch bzw. mit losem Flansch

$H_f$  = erforderliche Flanschdicke

$D_i$  = Kalotten- bzw. Flanschdurchmesser

$R_i$  = Innenradius Kalotte

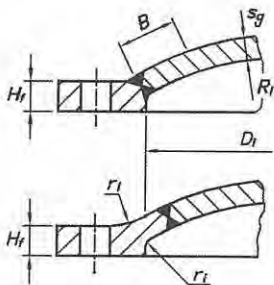
$r_i$  = Übergangsradius

$B$  = Stützlänge

$s_g$  = durch das Presswerk garantierte Mindestwanddicke ohne Zuschlag  $c$  gemäss SVTI 301 unter Beachtung der Festlegungen in der Ziffer 2.4

- 2.3 Zusätzlich zum Werkstoffnachweis gehört stets eine Pressbescheinigung des Kalottenherstellers, in welcher die am Boden gemessene garantierte Mindestwanddicke anzugeben ist.
- 2.4 Die erforderliche Wanddicke  $s_o$  ist gemäss der SVTI-Vorschrift 301 wie folgt zu bestimmen:  $s_g = s + c \leq s_e$ . In Abweichung zur Vorschrift 301 ist der Zuschlag  $c_1$  nicht zu berücksichtigen.
  - 1) Die garantierte Mindestwanddicke  $s_g$  ist in der Pressbescheinigung gemäss Ziffer 2.3 auszuweisen.
  - 2) In den Konstruktionszeichnungen ist die garantierte Mindestwanddicke  $s_o$  der Kalotte oder der Kalottenteile zusätzlich zur gewählten (nominellen) Wanddicke  $s_e$  stets anzugeben.
  - 3) Werden dem Presswerk Rondellen angeliefert, so hat der Lieferer die Grösse des Presszuschlages  $c_1$  mit dem Presswerk so zu bestimmen, dass die Anforderungen gemäss Abs. 1) garantiert sind.
- 2.5 Die verlangte Wärmebehandlung für warm- und kaltgeformte Böden aus ferritischen und austenitischen Stählen sind in SVTI 402 festgelegt. Die durchgeführte Wärmebehandlung ist in der Pressbescheinigung zu bestätigen.
- 2.6 Bei Konstruktionen mit einer Schweißnaht im Übergang vom Flanschblatt zur Kalotte gemäss Fig. 309b ist der Beiwert  $V$  für die Berechnung gemäss Ziffer 4.1 mitzuberechnen.

**Fig. 309b**



Boden mit verstärktem Flansch;  
Übergang unbearbeitet  $V = 1,2$

Boden mit Übergang bearbeitet  $V = 1,0$   
sofern die Bedingungen am Übergang  
gemäss Ziffer 2.2 erfüllt sind.

Bezeichnung für  $D_i$ ,  $R_i$ ,  $r_i$ ,  $B$  und  $s_o$  siehe  
Fig. 309a.

Bedingungen an die Schweisssnaht sind in der  
Ziffer 3.1 festgehalten.

### **3. Bodenschweisssnähte**

- 3.1 Die Schweisssnaht im Übergang Flanschblatt zu Kalotte ist stets als gegengeschweisste Naht auszuführen und entsprechend dem Schweisssfaktor  $z = 1$  oder  $0,85$  wie Längssnähte nach SVTI 506 zu prüfen.
- 3.2 Die Bedingungen und der Prüfumfang für:
  - a) zusammengesetzte Ausgangsrondellen
  - b) Öffnungensind gemäss den Festlegungen für die Bodennähte der SVTI 307 zu entnehmen.



## 4. Berechnung

### 4.1 Tiefe Kalottenböden gemäss Ziffer 1.2

$$s = \frac{p \cdot R_i \cdot V \cdot y}{2 \cdot f \cdot z - 0,5 \cdot p} \cdot y \leq s_g \quad (309.1)$$

$$s_g \geq s_o = s + c \text{ gemäss SVTI 301}$$

$s$  = Wanddicke in mm ohne Zuschlag  $c$

$s_o$  = durch das Presswerk garantierte Mindestwanddicke am fertigen Bauteil in mm unter Beachtung von Ziffer 2.4

$$y = \text{Formfaktor} = \frac{4 \cdot R_i - D_i}{D_i} \quad (309.2)$$

$R_i$  = Innenradius der Kalotte in mm

$D_i$  = Kalottendurchmesser  
bzw. Flanschinnendurchmesser in mm (Fig. 309a und b)

$p$  = Berechnungsüberdruck in  $\text{N/mm}^2$  gemäss SVTI 301

$V$  = Konstruktionsbeiwert bei angeschweisstem Flansch gemäss Ziffer 2.6  
dabei  $V = 1,2$  bzw.  $1,0$

Für Ausführungen ohne Flanschschweisnaht gemäss Ziffer 2.2 ist stets  
 $V = 1,0$  einzusetzen

$f$  = zulässige Spannung in  $\text{N/mm}^2$

$c$  = Zuschlag in mm unter Beachtung der Ziffer 2.4

$z$  = Schweißfaktor gemäss Ziffer 3

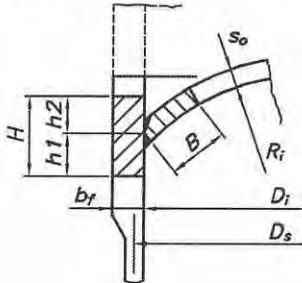
$s_e$  = gewählte (nominelle) Wanddicke in mm

} gemäss SVTI 301

**4.2 Randrिंग**

Als Randrिंग wird die Übergangszone des Flanschtellers oder der Zylinderteil gemäss Fig. 309c bezeichnet, wo die Kalotte anschliesst.

**Fig. 309c**



Voraussetzungen

Der Randrिंग muss den Bedingungen der Ziffern 4.2.1 und 4.2.2 genügen.

**4.2.1 Querschnittfläche**

$$A = H \cdot b_f + B \cdot s_0 \geq \frac{p \cdot D_i \cdot D_s}{8 \cdot f} \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot R_i^2}{D_i^2} - 1} \quad (309.3)$$

A = erforderliche Querschnittfläche in mm<sup>2</sup>

H = anrechenbare Höhe in mm = h1 + h2

$$h_1; h_2 \text{ max.} = 0,8 \sqrt{(D_i + b_f)} \cdot b_f \text{ bzw. min} = 0,5 \cdot s \quad (309.4)$$

s = Kalottenwanddicke in mm ohne Zuschlag gemäss Ziffer 4.1

B = Stützlänge der Schale in mm

$$B = 0,5 \sqrt{(2 R_i + s)} \cdot s \quad (309.5)$$

R<sub>i</sub> = Kalottenradius innen in mm

D<sub>i</sub> = Innendurchmesser in mm

D<sub>s</sub> = Durchmesser bezogen auf die vertikale Schwerpunktschwerachse des Zylinders in mm

p = Berechnungsüberdruck in N/mm<sup>2</sup>

f = zulässige Spannung in N/mm<sup>2</sup>

} gemäss SVTI 301

### 4.2.2 Kalottenflansch

- 1) Für die Dimensionierung des Flansches bzw. des Losflansches sind die Festlegungen der SVTI 314 und 315 sinngemäss zu berücksichtigen.
- 2) Bei der Dimensionierung in Bezug auf die Begrenzung der Flanschblattnähe (ausgenommen Ausführung mit Losflansch) ist in den entsprechenden Formeln SVTI 314 für die Dicke des Flanschblattansatzes der Wert gemäss Formel 309.1 einzusetzen. In der Regel sollte  $H$  nicht kleiner als  $2,5 \cdot s_0$  sein.

### 4.3 Zusammengesetzte Kalotten

Werden Kalotten aus mehreren Teilen zusammengesetzt, so kann die Wandstärke  $s$  für den mittleren Bereich nach der Formel 309.6 ausgelegt werden. Der Aussenbereich mit der Stützweite  $B$  ist gemäss Ziffer 2.1 auszuführen.

$$s = \frac{p \cdot R_i}{2 \cdot f \cdot z - 0,5p} \leq s_0 \quad (309.6)$$

$s_g \geq s_0 = s + c$  gemäss SVTI 301

Formelzeichen siehe Ziffer 4.1

## 5. Verschwächung durch Ausschnitte

- 5.1 Ausschnitte in Kalottenböden können nach SVTI 316 dimensioniert werden; dabei muss der Steg zwischen Ausschnitt und Innenrand des Flansches mindestens die Stützweite  $B$  (Fig. 309a, b oder c) gemäss der Festlegung in Ziffer 4.2.1 aufweisen.
- 5.2 Bei der Verwendung scheibenförmiger Verstärkungen darf der Abstand zwischen Innenrand des Flansches und Scheibenrand  $0,5 \cdot B$  nicht unterschreiten,  $B$  gemäss Formel (309.5).
- 5.3 Ausschnitte im Randbereich sind möglich, wenn nachgewiesen wird, dass die zulässigen Beanspruchungen nicht überschritten werden.

## 6. Kleinste Wanddicke

Die zulässigen Mindestwanddicken sind in der SVTI 301 festgelegt.

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Geltungsbereich .....	1
2. Grundsätze .....	1
3. Berechnung .....	2
4. Verschwächung durch Ausschnitte .....	3
5. Kleinste Wanddicken .....	3

### 1. Geltungsbereich

- 1.1 Gewölbte Böden gemäss SVTI 307
- 1.2 Halbkugel- und Kugelschalen gemäss SVTI 308
- 1.3 Kalottenböden gemäss SVTI 309

### 2. Grundsätze

- 2.1 Böden unter Aussendruck müssen sowohl gegen elastisches Einbeulen als auch gegen plastische Verformung ausreichend dimensioniert sein. Die nachstehenden Kriterien sind sinngemäss auf Halbkugelböden, elliptische Böden, Zweiradienböden, Kalotten usw. anzuwenden und gelten prinzipiell auch für Kugelbehälter unter äusserem Überdruck.
- 2.2 Der Kalottenradius  $R_i$  darf im Maximum um +5 / -10%, der Krepfenradius  $r_i$  im Maximum um +20 / -10% vom Nennmass abweichen.
- 2.3 Die erforderliche Wanddicke  $s_o$  ist gemäss der SVTI-Vorschrift 301 wie folgt zu bestimmen:  $s_o = s + c \leq s_g$ . In Abweichung zur Vorschrift 301 ist der Zuschlag  $c_1$  nicht zu berücksichtigen.
  - 1) Die garantierte Mindestwanddicke  $s_g$  ist in der Pressbescheinigung auszuweisen.
  - 2) In den Konstruktionsbezeichnungen sind die garantierten Mindestwanddicken  $s_g$  der Böden oder Bodenteile zusätzlich anzugeben.
  - 3) Werden dem Presswerk Rondellen angeliefert, so hat der Lieferer die Grösse des Presszuschlages  $c_1'$  mit dem Presswerk so zu bestimmen, dass die Anforderungen gemäss Abs. 1) garantiert sind.
- 2.4 Geschweisste Böden auf Aussendruck werden, unabhängig von allenfalls verlangten Nahtprüfungen, wie nahtlose Böden berechnet  $z = 1$ .

- 2.5 Der Prüfumfang von geschweissten Böden ist in SVTI 307 festgelegt. Werden Rondellen für Böden aus mehreren Teilen oder Böden aus Rondellen und Segmenten zusammengesetzt, sind die Voraussetzungen gemäss SVTI 307, Fig. 307b resp. 307c einzuhalten.
- 2.6 Die Lage der Schweißnaht ist entsprechend den Festlegungen in den SVTI 307 bis 309 begrenzt.
- 2.7 Bei Objekten der Auslegungskategorie 1 gemäss SVTI 301 ist ein Konstruktionszuschlag von  $c_3$  von 1 mm zu berücksichtigen.

### 3. Berechnung

#### 3.1 Berechnung gegen elastisches Einbeulen

$$p = \frac{p_e}{x_4} = \frac{E_t}{x_4 \cdot \left( 3,0 + 0,002 \cdot \frac{R_a}{s} \right)} \cdot \left( \frac{s}{R_a} \right)^2 \quad (310.1)$$

$p$  = Zulässiger Aussendruck in  $\text{N/mm}^2$

$p_e$  = Einbeulüberdruck in  $\text{N/mm}^2$

$x_4$  = Sicherheitsfaktor gegen elastisches Einbeulen gemäss SVTI 301

$E_t$  = Elastizitätsmodul in  $\text{N/mm}^2$  bei der Berechnungstemperatur

$R_a$  = äusserer Wölbungsradius

$$\text{bei elliptischen Böden äusserer Scheitelradius } R_a = \frac{D_a^2}{4 \cdot (h_2 + s_g)} \quad (310.2)$$

$D_a$  = Boden Aussendurchmesser in mm

$h_2$  = Bodentiefe ohne zylindrisches Bord gemäss SVTI 307, Fig. 307a

$s$  = Wanddicke in mm ohne Zuschlag  $c$  ( $= s_g - c$  gemäss SVTI 301)

$s_g$  = garantierte Mindestwanddicke gemäss Ziffer 2.3 in mm mit Zuschlag  $c$

#### 3.2 Berechnung gegen plastische Verformung

Gegen plastisches Verformen von Böden auf Aussendruck sind die gleichen Berechnungsformeln wie für Innendruck zu verwenden, wobei aber für die zulässige Spannung  $f$  die Werte von SVTI 301, Tabelle 301 A massgebend sind, und zwar  $R_e / x_5$  bzw.  $R_t / x_5$ .

#### **4. Verschwächung durch Ausschnitte**

Böden mit Ausschnitten sind bei Aussendruck zu berechnen wie ungeschwächte Böden.

#### **5. Kleinste Wanddicken**

Die zulässigen Mindestwanddicken sind in der SVTI 301 festgelegt.

## **Inhaltsverzeichnis**

	Seite
1. Geltungsbereich . . . . .	1
2. Grundsätze . . . . .	1
3. Berechnung ebener Platten ohne Verankerung . . . . .	2
4. Berechnung ebener Platten mit Verankerung . . . . .	8
5. Berechnung von Rohrplatten . . . . .	13
6. Ausschnitte in ebenen Platten . . . . .	19

### **1. Geltungsbereich**

Die nachstehenden Dimensionierungsformeln gelten für:

- 1) ebene Platten und Böden
- 2) leicht gewölbte Platten und Böden
- 3) Rohrplatten von Wärmetauschern

### **2. Grundsätze**

- 2.1 Bei Verwendung von Blindflanschen nach DIN 2527 und Blinddeckeln nach DIN 28122 gelten die Anforderungen nach SVTI 312 als erfüllt, sofern Weichstoffdichtungen (z.B. Flachdichtungen für Flansche mit ebenen Dichtflächen nach DIN 2690 bis 2692) verwendet werden.
- 2.2 Die Mindestdicke für Rohrplatten mit eingewalzten Rohren beträgt 12 mm.
- 2.3 Die Wanddicke ebener, durch Rauchgas beheizte Böden sollen 30 mm nicht übersteigen.
- 2.4 Gewölbte Platten sind mit Ausnahme der Ausführungsform gemäss Ziffer 3.3 nach SVTI 309 zu dimensionieren.
- 2.5 Beim Einwalzen der Rohre in die Rohrplatten dürfen benachbarte Rohrlöcher nicht unzulässig deformiert werden. Die Mindeststegbreite richtet sich einerseits nach dem Werkstoff, dem erforderlichen Abscherquerschnitt zwischen den Rohren und andererseits nach dem Einwalzverfahren.

### **3. Berechnung ebener Platten ohne Verankerung**

#### **3.1 Runde Platten**

- 1) Für ebene Platten, für leicht gewölbte Platten und für gekrempte ebene Abschlussböden gilt die Berechnungsformel:

$$s = C \cdot D \cdot \sqrt{\frac{p}{f \cdot v}} \quad (312.1)$$

$s$  = Wanddicke in mm, ohne Zuschlag  $c_3$

$s_e$  = gewählte (nominelle) Wanddicke in mm;  $s_e \geq s + c$  gemäss SVTI 301

$C$  = Berechnungsbeiwert

$D$  = massgebender Berechnungsdurchmesser in mm } gemäss Tab. 312 A

$p$  = Berechnungsüberdruck in  $N/mm^2$

$f$  = zulässige Spannung in  $N/mm^2$  gemäss SVTI 301

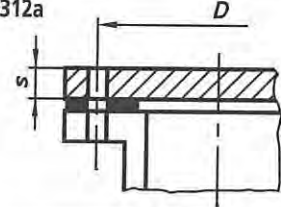
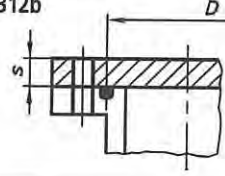
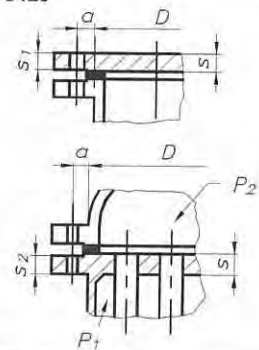
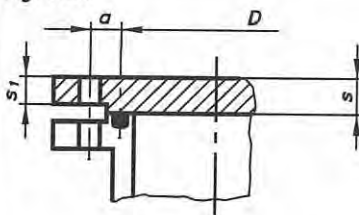
$v$  = Verschwächungsfaktor resp. Faktor für Einzelausschnitte gemäss Ziffer 6

$c_3$  = Zuschlag in mm, gemäss SVTI 301 (für  $c_1$  und  $c_2 = 0$ )

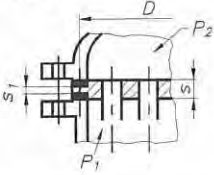
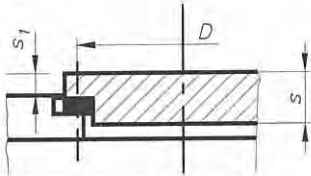
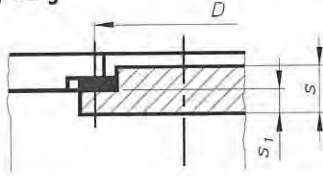
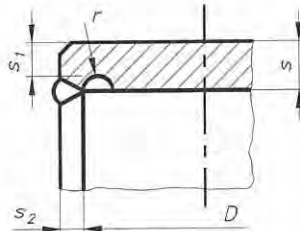
- 2) Für die in der Berechnungsformel (312.1) einzusetzenden Durchmesser  $D$  und Beiwerte  $C$  für runde Abschlussplatten und flache Böden sind die in der Tabelle 312 A gegebenen Beispiele als Richtlinien zu verwenden.
- 3) Bei anderen Formen und Verbindungsarten von ebenen Abschlusselementen sind die Beiwerte  $C$  und die Berechnungsdurchmesser  $D$  mit dem SVTI zu vereinbaren.



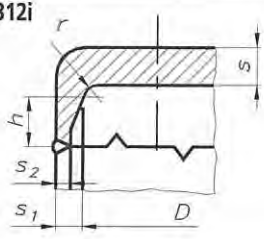
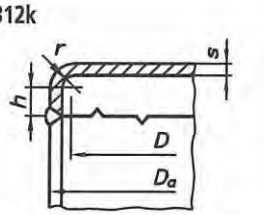
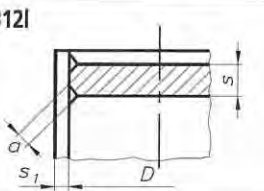
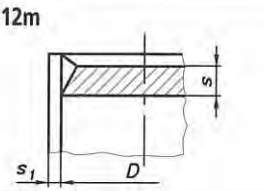
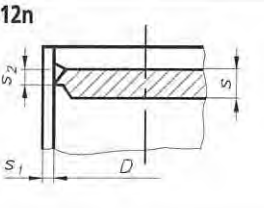
**Tabelle 312 A** Beiwerte bei Normflanschen

Ausführung und Anwendungsbereich		C
<p><b>Fig. 312a</b></p> 	<p>Platte mit durchgehender Dichtung Dichtung überdeckt die gesamte Flanschbreite 1) <math>D</math> = Teilkreisdurchmesser der Schrauben</p>	0,35
<p><b>Fig. 312b</b></p> 	<p>Platte mit O-Ringdichtung mit metallischer Auflage auf der gesamten Flanschbreite 1) <math>D</math> = O-Ringdurchmesser</p>	0,35
<p><b>Fig. 312c</b></p> 	<p>Platte mit zusätzlichem Randmoment Flachdichtung 1) <math>s_1 \geq 0,7 s</math> 2) <math>D</math> = mittlerer Dichtungsdurchmesser 3) Schraubenkräfte 4) <math>C = \sqrt{0,18 + k_{df} \cdot \frac{a}{D}}</math> 5) <math>k_{df}</math> = Dichtungskennwert gemäss SVTI 315 6) Berechnung: <math>s_2</math> nach SVTI 314 im min. <math>\geq 0,7 s</math></p>	4) 5)
<p><b>Fig. 312d</b></p> 	<p>Platte mit zusätzlichem Randmoment und O-Ringdichtung 1) <math>s_1 \geq 0,7 s</math> 2) <math>D</math> = O-Ringdurchmesser 3) <math>C = \sqrt{0,21 + 6 \cdot \frac{a}{D}}</math> 4) Schraubenkräfte (Seite 6, Bem. *1)</p>	3)

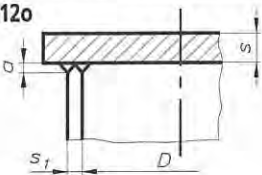
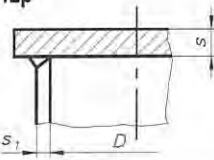
**Tabelle 312 A** Fortsetzung

Ausführung und Anwendungsbereich	C
<p><b>Fig. 312e</b></p> 	<p>Geklemmte Platte mit Flachdichtung</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <math>s_1 \geq 0,7 \cdot s</math></li> <li>2) <math>D =</math> mittlerer Dichtungsdurchmesser</li> </ol>
<p><b>Fig. 312f</b></p> 	<p>Von aussen vorgelegte Platte mit BÜgelverschluss und</p> <p><math>\varnothing \leq 500 \text{ mm}</math></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <math>s_1 \geq 0,7 \cdot s</math></li> <li>2) <math>D =</math> mittlerer Dichtungsdurchmesser</li> </ol>
<p><b>Fig. 312g</b></p> 	<p>Von innen vorgelegte Platte mit BÜgelverschluss und</p> <p><math>\varnothing \leq 500 \text{ mm}</math></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <math>s_1 \geq 0,7 \cdot s</math></li> <li>2) <math>D =</math> mittlerer Dichtungsdurchmesser</li> </ol>
<p><b>Fig. 312h</b></p> 	<p>Platte a) mit, bzw. b) ohne Entlastungsnute</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <math>s_1 \geq 0,65 \cdot p \cdot (D - 2r) / f</math> jedoch min. = 5 mm und für <math>s_2 &gt; 0,1 D</math> gilt <math>s_1 \leq 0,8 \cdot s_2</math></li> <li>2) <math>r \geq 0,2 s</math> jedoch im min. = 5 mm</li> <li>3) US = Prüfung Randzone (Seite 6, Bem. *2)</li> </ol> <p>a) 0,4 b) 0,45</p>

**Tabelle 312 A** Fortsetzung

Ausführung und Anwendungsbereich		C
<p><b>Fig. 312i</b></p> 	<p>Geschmiedeter oder gepresster Boden</p> <p>a) mit, bzw. b) ohne konisches Bord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <math>r \geq s / 3</math> jedoch min. = 8 mm</li> <li>2) <math>h \geq 3 \cdot s_2</math>, jedoch höchstens s</li> <li>3) <math>s_1 \geq 1,5 \cdot s_2</math></li> <li>4) D = äquivalenter Durchmesser (Ansatz Krepfenradius r)</li> </ol>	<p>a) 0,35 b) 0,4</p>
<p><b>Fig. 312k</b></p> 	<p>Gekrempter Boden</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <math>r \geq 1,3 s \geq 0,025 D_a</math> jedoch min. = 30 mm und für <math>D_a &gt; 2000</math> mm min. = 50 mm</li> <li>2) <math>h \geq 2 \cdot s</math></li> <li>3) <math>D = D_a - 3 \cdot s</math></li> </ol>	<p>0,3</p>
<p><b>Fig. 312l</b></p> 	<p>Beidseitig eingeschweisste Platte</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <math>s \leq 3 \cdot s_1</math>; C = a)</li> <li>2) <math>s &gt; 3 \cdot s_1</math>; C = b)</li> <li>3) <math>a \geq 0,7 \cdot s_1</math></li> <li>4) D = Innendurchmesser</li> </ol>	<p>a) = 0,35 b) = 0,40</p>
<p><b>Fig. 312m</b></p> 	<p>Einseitig eingeschweisste Platte</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <math>s \leq 3 \cdot s_1</math>; C = a)</li> <li>2) <math>s &gt; 3 \cdot s_1</math>; C = b)</li> <li>3) Spannungsspitze (Seite 6, Bem. *3)</li> <li>4) D = Innendurchmesser</li> </ol>	<p>a) = 0,45 b) = 0,5</p>
<p><b>Fig. 312n</b></p> 	<p>Einseitig eingeschweisste Platte mit Versetzungen</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <math>s_2 =</math> Grösserer Wert aus a oder b aufgerundet: a) <math>s / 2</math> bzw. b) = <math>s_1</math></li> <li>2) Spannungsspitze (Seite 6, Bem. *3)</li> <li>3) D = Innendurchmesser</li> </ol>	<p>0,35</p>

**Tabelle 312 A** Fortsetzung

Ausführung und Anwendungsbereich	C
<b>Fig. 312o</b> 	Beidseitig aufgeschweisste Platte 1) $s \leq 3 \cdot s_1$ ; C = a) 2) $s > 3 \cdot s_1$ ; C = b) 3) $a \geq 0,7 \cdot s_1$ 4) US-Prüfung Randzone (Seite 6, Bem. *2) D = Innendurchmesser
<b>Fig. 312p</b> 	Einseitig aufgeschweisste Platte 1) $s \leq 3 \cdot s_1$ ; C = a) 2) $s > 3 \cdot s_1$ ; C = b) 3) US-Prüfung Randzone (Seite 6, Bem. *3) 4) Spannungsspitze (Seite 6, Bem. *3) 5) D = Innendurchmesser

### Bemerkungen zu Tabelle 312 A

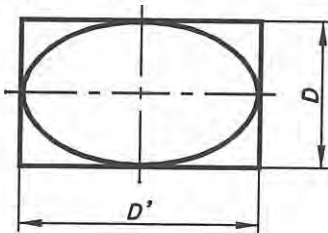
- \*1 Die aus der Berechnung resultierende Kraft wird von den Schrauben aufgenommen (vergleiche SVTI 314). Die tatsächlich vorhandene Schraubenkraft darf höchstens um 25% grösser sein. Kann dies nicht gewährleistet werden, so ist die maximal mögliche Schraubenkraft, basierend auf der Mindeststreckgrenze des Schraubenwerkstoffes bei der Berechnung in Ansatz zu bringen.
- \*2 Im Bereich der Schweißnaht müssen die Platten auf Doppelungen geprüft sein. US-Prüfung gemäss SEL 072/Prüfklasse 2.
- \*3 Bei der Festlegung des C-Faktors wurde die Spannungsspitze an der Wurzel der Schweißnaht mitberücksichtigt. Die Ausführungen sind nicht optimal bei Wechselbelastungen oder Spannungsrissskorrosion.

**3.2 Rechteckige und elliptische Platten**

3.2.1 Für rechteckige und elliptische Platten ist anstelle des Beiwertes C der Beiwert  $y' \cdot C$  und für D die Länge der kürzeren Rechteckseite resp. der Durchmesser der kleinen Ellipsenachse in die Berechnungsformel einzusetzen.

3.2.2 Der vom Verhältnis  $D / D'$  abhängige Faktor  $y'$  ist aus der Tabelle 312 B zu entnehmen.

**Fig. 312q**



**Tabelle 312 B Y'-Werte**

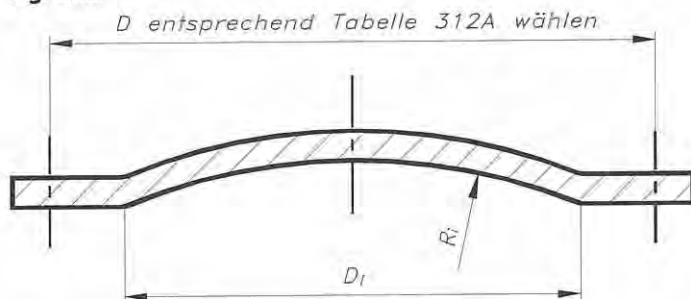
	Verhältnis $D / D'$					Zwischenwerte sind zu interpolieren
	1,0	0,75	0,5	0,25	$\leq 0,1$	
Ellipse	1	1,16	1,30	1,52	1,56	
Rechteck	1,1	1,26	1,40			
Formeln						
1 Ellipse:	$D / D' >$	0	$\leq 0,25$	$y'$	$1,57 - (D / D')^{2,033}$	
		0,25	$\leq 0,5$		$1,713 - 0,812 \cdot (D / D')$	
		0,5	$\leq 1,0$		$2,302 - 1,289 \cdot (D / D')^{0,374}$	
Rechteck:	$D / D' >$	0,1	$\leq 1,0$	$y'$	$1,575 - 0,47 (D / D')^{1,4}$	

### 3.3 Gewölbte Platten

Für gewölbte Platten ist anstelle von C der Beiwert  $y'' \cdot C$  in die Formel (312.1) der Ziffer 3.1 einzusetzen. C aus Tabelle 312 A.

$$y'' = \sqrt{1 - 0,5 \cdot \frac{D_i}{R_i}} \quad (312.2)$$

**Fig. 312r**



Unter den Begriff der gewölbten Platten fallen Kalotten mit einem Verhältnis  $R_i / D_i > 1,2$ . Für Kalotten mit  $R_i / D_i \leq 1,2$  ist die Berechnung nach SVTI 309 durchzuführen. Zu beachten ist, dass sich der Durchmesser  $D_i$  im allgemeinen nicht mit dem in der Plattenformel einzusetzenden massgebenden Durchmesser  $D$  deckt.

## 4. Berechnung ebener Platten mit Verankerung

- 4.1 Generell zu beachten ist die Wirkung unterschiedlicher Wärmedehnung von Mantel, Platte und Verankerung. Die Abklärung und Berücksichtigung dieser Einflüsse, die je nach Betriebsweise (speziell Temperaturverhältnisse beim An- und Abfahren) zu wesentlichen Erhöhungen der nach der Ziffer 4.3.2 zu beurteilenden Rohrkräfte führen können, ist Sache des Herstellers im Einvernehmen mit dem Besteller.

- 4.2 Für Platten, die durch Anker, Stehbolzen, Rohre, aufgeschweisste Profile etc. gehalten sind, gilt die Berechnungsformel (312.3). Die Verstärkungselemente müssen den vorhandenen Kräften genügen.

$$s = 0,4 \cdot D_e \sqrt{\frac{p}{f}} \quad (312.3)$$

$s_e \geq s + c_3$  gemäss SVTI 301

$s$  = Wanddicke in mm, ohne Zuschlag  $c_3$

$D_e$  = Durchmesser des grössten Kreises in mm, der zwischen den verankernden oder verstärkenden Elementen resp. der Behälterwand eingeschrieben werden kann. Dieser Kreis muss mindestens 3 Punkte der Verstärkung bzw. der Behälterwand tangieren.

$p$  = Berechnungsüberdruck in  $N/mm^2$

$f$  = zulässige Spannung in  $N/mm^2$

$c_3$  = Konstruktionszuschlag in mm

$s_e$  = gewählte (nominelle) Wanddicke in mm

} gemäss SVTI 301

- 4.3 Für die durch eingewalzte oder eingeschweisste Rohrfelder verankerten ebenen Platten sind die nachstehenden Punkte zu beachten.

4.3.1 Nicht voll tragende Rohre

Es muss eine genügende Sicherheit gegen das Herausziehen der Rohre vorhanden sein. Bei Walzverbindungen soll das Verhältnis der Rohrkraft  $Q$  und der wirksamen Stützfläche  $A_w$  die nachstehenden Werte nicht überschreiten:

a) Bei glatter Einwalzung:  $Q/A_w \leq 150 N/mm^2$

b) Bei Einwalzung mit Rille:  $Q/A_w \leq 300 N/mm^2$

$Q$  = Rohrkraft in N (allenfalls sind Wärmespannungen mitzuberücksichtigen)

$A_w$  = Stützfläche in  $mm^2 = (d_a - d_i) \cdot w$ , jedoch höchstens  $0,1 d_a \cdot w$

$d_a$  = Rohraussendurchmesser in mm

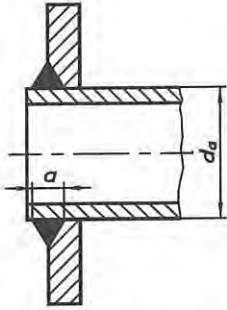
$d_i$  = Rohrinne Durchmesser in mm

$w$  = Einwalzlänge in mm. Die Einwalzlänge muss mindestens 12 mm betragen. Bei Einwalzlängen von  $\geq 40$  mm darf für die Berechnung der Stützkraft höchstens 40 mm eingesetzt werden.

4.3.2 Voll tragende Rohre

- 1) Bei eingeschweissten Rohren gemäss Fig. 312 S1 müssen die Schweissnähte für die Übertragung der gesamten Rohrkraft  $Q$  dimensioniert sein.

**Fig. 312 S1**



$$a = \frac{0,4 \cdot Q}{d_a \cdot f} \quad (312.4)$$

$a$  = Schweissnahtdicke im Abscherquerschnitt in mm

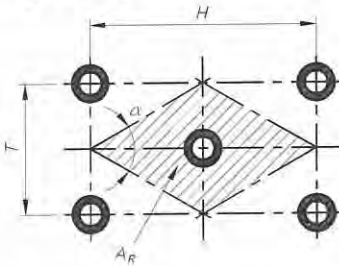
$Q$  = Belastung pro Rohr in N (allenfalls sind Wärmespannungen mitzubewerücksichtigen)

$d_a$  = Rohraussendurchmesser in mm

$f$  = zulässige Spannung für den Rohrwerkstoff in  $\text{Nmm}^2$  gemäss SVTI 301

Der Berechnung der Rohrkraft  $Q$  ist die auf ein Rohr entfallende Belastungsfläche  $A_R$  zugrunde zu legen. Diese ist für ein vollberohrtes Feld durch die schraffierte Fläche in Fig. 312 S2 dargestellt.

**Fig. 312 S2**



$Q$  = Rohrkraft in N

$p$  = Berechnungsüberdruck in  $\text{N/mm}^2$

$A_R$  = massgebende Fläche in  $\text{mm}^2$

$d_a$  = Rohraussendurchmesser in mm

$$Q = p \cdot A_R \quad (312.5)$$

$$A_R = T \cdot \frac{H}{2} - \frac{\pi d_a^2}{4}$$

$$H = T \cdot \frac{1}{\tan\left(\frac{\alpha}{2}\right)}$$

$$\left(\text{bei } \alpha = 60^\circ, A_R = 0,866 \cdot T^2 - \frac{\pi d_a^2}{4}\right)$$

Für die Randrohre von Rohrfeldern sind die Rohrkräfte separat zu bestimmen. In der Regel kann die Belastung des Randfeldes bis zur Hälfte durch die angrenzende Behälterwand als aufgenommen angesehen werden.



- 2) Sind die Rohre, welche die Platte verankern, auf Zug beansprucht, so darf die Längszugspannung der Rohre den Wert von  $0,8 \cdot f$  ( $f$  = zulässige Spannung für den Rohrwerkstoff gemäss Vorschrift 301) nicht übersteigen.
- 3) Werden die Rohre in Längsrichtung auf Druck beansprucht, so ist die Berechnung der Rohrplatte als verankerte Platte nach Formel (312.3) nur zulässig, wenn eine ausreichende Sicherheit gegen Ausknicken der Rohre gewährleistet ist. Als ausreichend knicksicher gelten Rohre, wenn die Druckbelastung die zumutbare Tragkraft  $Q_{Kzul}$  nach Formel (312.6) nicht übersteigt.

$$Q_{Kzul} = \frac{10 \cdot E_t \cdot J}{3 \cdot L_k^2} \quad (312.6)$$

$Q_{Kzul}$  = zulässige axiale Tragkraft pro Rohr in N (berücksichtigt eine 3fache Sicherheit gegen Knicken)

$E_t$  = Elastizitätsmodul bei Berechnungstemperatur in  $N/mm^2$

$J$  = Trägheitsmoment der Rohre in  $mm^4$

$$J = \frac{\pi}{64} \cdot (d_a^4 - d_i^4)$$

$d_a$  = Rohraussendurchmesser in mm

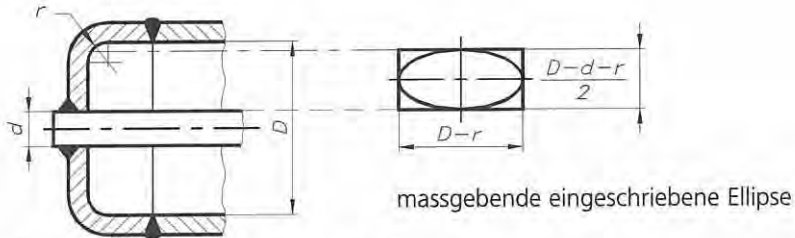
$d_i$  = Rohrinne Durchmesser in mm

$L_k$  = Knicklänge in mm = Abstand der Rohrplatten resp. grösste freie Länge zwischen Leitblechen bzw. Rohrplatten und Leitblech.

4.4 Beispiele für verankerte Platten

4.4.1 Ringförmige Platte mit Zuganker

**Fig. 312t**



Berechnung gemäss Formel (312.3a)

$$s = 0,4 \cdot y' \cdot D_e \cdot \sqrt{\frac{p}{f}} + c_3 \quad (312.3a)$$

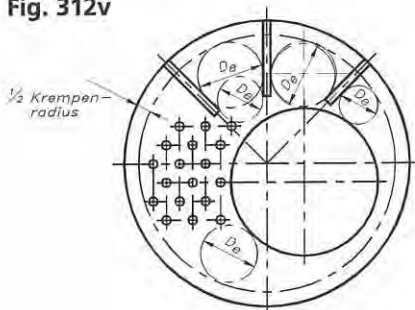
$$y' \text{ nach Tab. 312 B mit } D/D' = \frac{D - d - r}{2(D - r)}$$

$$D_e = \frac{D - d - r}{2}$$

Übrige Begriffe gemäss Ziff. 4.2

4.4.2 Ebener Boden mit Verankerung

**Fig. 312v**



Voraussetzungen:

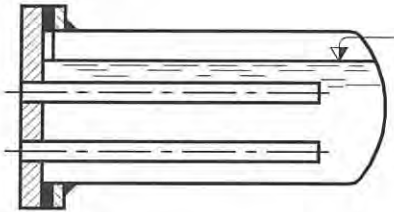
Berechnung der Wanddicke nach Formel (312.3), wobei der grösste zwischen den Verstärkungsprofilen, Ankerrohren, Rundankern, Stehbolzen, Krepfenmitte usw. eingeschriebene Kreis massgebend ist.

## 5. Berechnung von Rohrplatten

5.1 Rohrplatten bzw. Rohrböden ohne Stütz- oder Ankerwirkung

5.1.1 Rohrplatte mit Rohren für elektrische Heizeinsätze

**Fig. 312w**



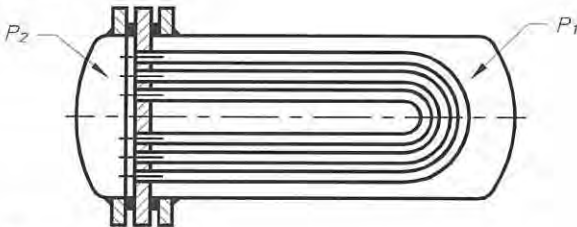
minimale Wasserüberdeckung gemäss den entsprechenden Vorschriften ist zu beachten (in der Regel  $\leq 100$  mm, mindestens 25 mm)

Berechnung

- 1) Rohrplatte nach Ziffer 3.1 Formel (312.1)
- 2) Verschwächungsfaktor  $v$  nach Ziffer 6
- 3) C-Werte und Berechnungsdurchmesser  $D$  gemäss Tabelle 312 A

5.1.2 Rohrplatten zu Wärmeaustauschern mit rückkehrenden Rohren

**Fig. 312x**

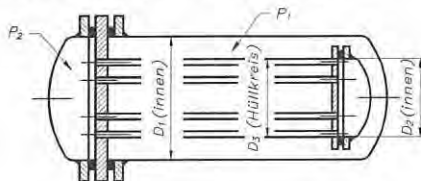


Berechnung

- 1) Rohrplatte nach Ziffer 3.1 Formel (312.1) für  $P_1$  und  $P_2$  bzw. für die grösste Druckdifferenz
- 2) Verschwächungsfaktor  $v$  nach Ziffer 6
- 3) C-Werte und Berechnungsdurchmesser  $D$  gemäss Tabelle 312 A

5.1.3 Rohrplatten mit frei beweglichem Tauchkopf

**Fig. 312y**



Die Berechnungen für die feststehende Platte und für die Tauchkopf-Platte ist, unter Verwendung der in der Tabelle 312 A für die jeweilige Ausführungsform gegebenen C-Werte nach Formel (312.7), für  $P_1$  und  $P_2$  bzw. die grösste Druckdifferenz durchzuführen.

$$s = b \cdot C \cdot D_1 \cdot \sqrt{\frac{p}{f \cdot v}} \quad (\text{feste Platte}) \quad (312.7)$$

$s_e \geq s + c_3$  gemäss SVTI 301

$s$  = Plattendicke in mm, ohne Zuschlag  $c_3$

$b$  = Faktor abhängig vom Verhältnis  $D_3/D_1$  gemäss Diagramm 312 C

$C$  = Berechnungsbeiwert gemäss Tabelle 312 A

$v$  = Verschwächungsfaktor nach Formel (312.11)

$p$  = Berechnungsüberdrücke in  $N/mm^2$

$f$  = zulässige Spannung in  $N/mm^2$  gemäss SVTI 301

$D_1$  = Berechnungsdurchmesser = Mantelinnendurchmesser in mm

$D_2$  = Innendurchmesser des Tauchkopfes in mm

$D_3$  = Hüllkreisdurchmesser in mm (ausserhalb des Rohrfeldes liegende Einzelrohre werden dabei nicht berücksichtigt)

$c_3$  = Konstruktionszuschlag in mm

$s_e$  = gewählte (nominelle) Wanddicke in mm } gemäss SVTI 301

Für die Berechnung der Tauchkopfplatte ist statt  $D_1$  der Durchmesser  $D_2$  (siehe Fig. 312y) in der Formel (312.7) einzusetzen, und für die Bestimmung des Faktors  $b$  nach Diagramm 312 C ist das Verhältnis  $D_3 / D_2$  massgebend. Es ist zu überprüfen, ob die Randrohre (in der Regel die beiden äusseren Rohrreihen) und ihre Verbindungen mit den Rohrböden die Belastung

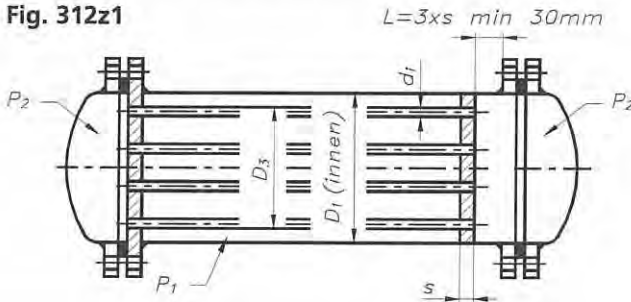
$$Q = p \cdot D_2^2 \cdot \frac{\pi}{4} \text{ als Zug- oder Druck- bzw. als Knickbelastung ertragen.}$$

( $Q$  in N,  $D_2$  in mm,  $p$  in  $N/mm^2$ ; Berechnung gemäss Ziffer 4.3)

5.2 Rohrplatten bzw. Rohrböden mit Stütz- oder Ankerwirkung

5.2.1 Feste Rohrplatten mit durchgehenden Rohren

**Fig. 312z1**



Plattenberechnung nach Formel 312.3 unter Verwendung des maximalen eingeschriebenen Kreises. Berechnung der Rohre und der Verbindungen zwischen den Rohren und der Rohrplatte nach Ziffer 4.3, gegebenenfalls unter Berücksichtigung allfälliger Wärmespannungen gemäss Ziffer 4.1.

Ausserdem muss für Rohrplatten nach Fig. 312z1 eine Mindestwanddicke gemäss Formel (312.8) eingehalten werden.

$$s = 0,7 \cdot b \cdot C \cdot \sqrt{\frac{(D^2 - n \cdot d_i^2) \cdot p}{f \cdot v}} \quad (312.8)$$

$s_e \geq s + c_3$  gemäss SVTI 301

$s$  = Plattendicke in mm, ohne Zuschlag  $c_3$

$b$  = Faktor abhängig vom Verhältnis  $D_3 / D_1$  gemäss Tabelle 312 C

$C$  = Berechnungsbeiwert

$D$  = Berechnungsdurchmesser der Platte in mm } gemäss Tabelle 312 A

$p$  = Berechnungsüberdruck in  $N/mm^2$

$d_i$  = Innendurchmesser der Bündelrohre

$n$  = Anzahl Rohre

$D_1$  = Innendurchmesser des Mantels in mm

$D_3$  = Hüllkreisdurchmesser in mm (ausserhalb des Rohrfeldes liegende Einzelrohre müssen dabei nicht berücksichtigt werden)

## Berechnungen

### Ebene oder gewölbte Platten

## Vorschrift 312

Rev. 1.98

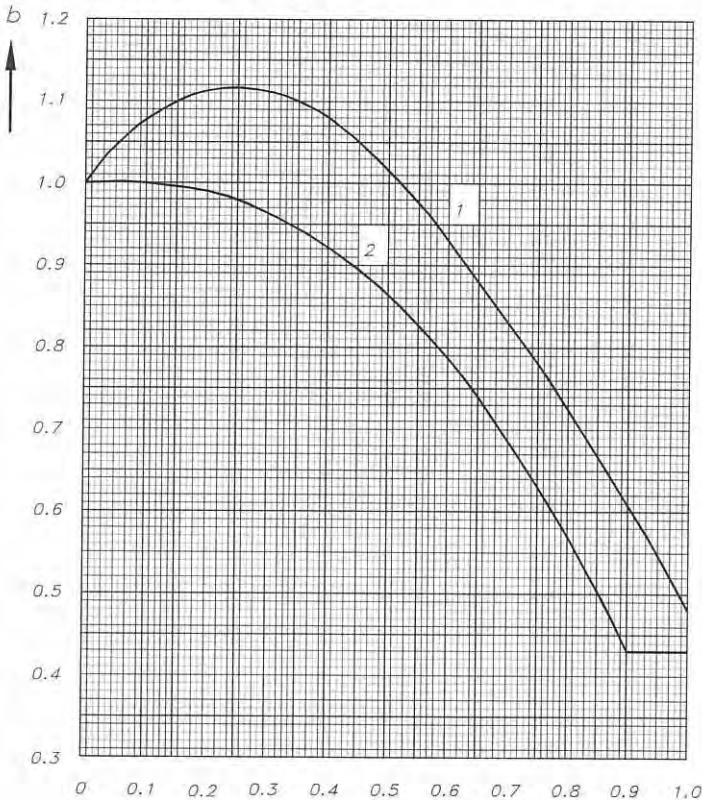
Seite 16

- $v$  = Verschwächungsfaktor: a)  $v = 1$  für volltragende Rohre gemäss Ziffer 4.3.2 Abs. 2)  
b)  $v =$  gemäss Ziffer 6.5 für nicht volltragende Rohre
- $f$  = zulässige Spannung in  $N/mm^2$   
 $c_3$  = Konstruktionszuschlag in mm  
 $s_e$  = gewählte (nominelle) Wanddicke in mm
- } gemäss SVTI 301

**Diagramm 312 C Faktor b**

Kurve 1: Ausführungsform nach Fig. 312c / d (Platten mit zusätzlichem Randmoment)

Kurve 2: Ausführungsformen nach Fig. 312a / b / e / f / g sowie für eingeschweisste Rohrplatten



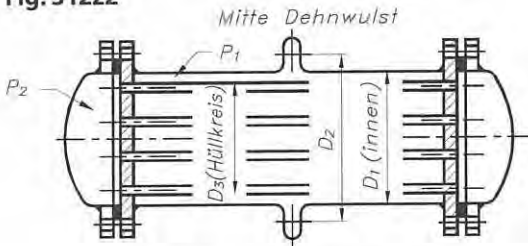
$$\frac{D_3}{D_1}, \frac{D_3}{D_2} \longrightarrow$$

$\frac{D_3}{D_1}$  nach Fig. 312y und Fig. 312z

Formeln zu Diagramm 312C		Faktor b
Kurve 1:  (D <sub>3</sub> /D <sub>1</sub> )	> 0,01    ≤ 0,25	1,182 - (D <sub>3</sub> / D <sub>1</sub> ) <sup>0,04</sup>
	> 0,25    ≤ 0,5	1,113 - 3,859 · (D <sub>3</sub> / D <sub>1</sub> ) <sup>5,43</sup>
	> 0,5      ≤ 0,75	1,113 - 0,777 · (D <sub>3</sub> / D <sub>1</sub> ) <sup>2,89</sup>
	> 0,75    ≤ 1,0	1,0 - 0,523 (D <sub>3</sub> / D <sub>1</sub> ) <sup>2,83</sup>
Kurve 2:  (D <sub>3</sub> /D <sub>1</sub> )	> 0        ≤ 0,05	1,0
	> 0,05    ≤ 0,9	1,0 - 0,745 · (D <sub>3</sub> / D <sub>1</sub> ) <sup>2,43</sup>
	> 0,9	0,43

5.2.2 Feste Rohrplatten mit Kompensator im Wärmetauschermantel

**Fig. 312z2**



$$s = b \cdot C \cdot \sqrt{\frac{P_2 \cdot D_1^2 + p_1 \cdot (D_2^2 - D_3^2)}{f \cdot v}} \quad (312.9)$$

$s_e \geq s + c_3$  gemäss SVTI 301

$s$  = Plattendicke in mm, ohne Zuschlag  $c_3$

$b$  = Faktor abhängig vom Verhältnis  $D_3/D_1$  gemäss Diagramm 312 C

$p$  = Berechnungsüberdruck in  $N/mm^2$  ( $p_1, p_2$  bzw. Differenzdruck)

$D_1$  = Innendurchmesser des Mantels in mm

$D_2$  = mittlerer Dehnwulstdurchmesser in mm

$D_3$  = Hüllkreisdurchmesser in mm (ausserhalb des Rohrfeldes liegende Einzelrohre werden dabei nicht berücksichtigt)

$c_3$  = Konstruktionszuschlag in mm

$f$  = zulässige Spannung in  $N/mm^2$

$s_e$  = gewählte (nominelle) Wanddicke in mm

} gemäss SVTI 301



- C = Berechnungsbeiwert gemäss Tabelle 312 A  
v = Schwächungsfaktor: a) v = 1 für voll tragende Rohre gemäss Ziffer 4.3.2 Abs. 2)  
b) v = gemäss Ziffer 6.5 für nicht volltragende Rohre

Es ist zu prüfen, ob die Randrohre (in der Regel die beiden äusseren Rohrreihen) und ihre Verbindungen mit der Rohrplatte die Belastung Q (in N) nach Formel (312.10) aufnehmen können.

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot [p_2 \cdot D_1^2 + p_1 \cdot (D_2^2 - D_3^2)] \quad (312.10)$$

## 6. Ausschnitte in ebenen Platten

- 6.1 Für Platten mit einem einzelnen zentralen Ausschnitt ist der Faktor v aus der nachstehenden Tabelle 312 D zu entnehmen. Der v-Faktor für Einzelausschnitte kann Werte > 1 annehmen. Sind solche Ausschnitte durch ausreichend kräftige Stützen verstärkt, so können von Fall zu Fall höhere v-Werte mit dem SVTI vereinbart werden.
- 6.2 Nicht mittige Ausschnitte mit einem Randabstand von mindestens 0,1 D können wie zentrale Ausschnitte behandelt werden. Als Rand gilt der Berechnungsdurchmesser D gemäss Tabelle 312 A.
- 6.3 Für Ausschnitte in Platten mit einem Durchmesserverhältnis  $d/D > 0,8$  ist die Platte entsprechend den Festlegungen für Flansche gemäss SVTI 314 zu dimensionieren.
- 6.4 Bei Platten mit gleichsinnigem Randmoment gemäss Tabelle 312 A (Fig. 312c, Fig. 312d) gelten die v-Faktoren nach Tabelle 312 D nur für Durchmesserverhältnisse  $d/D \leq 0,5$ . Bei grösseren Verhältnissen ist ein Spannungsnachweis erforderlich.

**Tabelle 312 D Faktor v**

d / D	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
v	1,00	0,79	0,75	0,76	0,80	0,85	0,92	1,07	1,33
Zwischenwerte interpolieren									
Formeln:									
d / D > 0	≤ 0,2	⇒	$v = 0,6 + 0,0925 (0,01 + d / D)^{-0,319}$						
d / D > 0,2	≤ 0,42	⇒	$v = 0,749 + 9,718 (d / D)^{5,693}$						
d / D > 0,42	≤ 0,8	⇒	$v = 0,798 + 1,615 (d / D)^{5,011}$						

d = Durchmesser des Ausschnittes in mm

D = Berechnungsdurchmesser der Platte in mm gemäss Tabelle 312A

6.5 Für Platten mit mehreren Ausschnitten und für Rohrplatten gilt:

$$v = \frac{T - d_i}{T} \quad (312.11)$$

v = Verschwächungsfaktor

T = Kleinste Teilung in beliebiger Richtung in mm

d<sub>i</sub> = Ausschnitts- bzw. Innendurchmesser (bei Rohren) in mm; bei unterschiedlichen Durchmessern ist für d<sub>i</sub> der Mittelwert einzusetzen.

Alternativ kann für Platten mit mehreren Einzelausschnitten (nicht aber Rohrplatten) der v-Faktor wie folgt bestimmt werden:

$$v = \frac{D - \sum d_i}{D} \quad (312.12)$$

D = Berechnungsdurchmesser der Platte in mm gemäss Tabelle 312A

∑d<sub>i</sub> = Summe der Ausschnittsdurchmesser der in der am stärksten geschwächten Schnittebene liegenden Ausschnitte in mm.

Bei Platten mit voll tragenden Rohren ist die Ziffer 4.3.2 zu beachten.

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Geltungsbereich .....	1
2. Allgemeines .....	1
3. Berechnung .....	2
4. Kleinste Wanddicke .....	2

### 1. Geltungsbereich

- 1.1 Nahtlose oder geschweisste Rohre bis max. 400 mm Aussendurchmesser, die unter innerem oder äusserem Überdruck stehen.
- 1.2 Rohre mit Durchmesser über 400 mm sowie sämtliche als Objektmäntel verwendete Rohre sind bei Innendruck nach SVTI 302 und bei Aussendruck nach SVTI 303 zu dimensionieren.

### 2. Allgemeines

- 2.1 Für längs- und spiralgeschweisste Rohre als Halbfabrikat von zugelassenen Röhrenwerken gemäss SVTI 501 wird  $z = 1,0$  angenommen.
- 2.2 Für Rohre aus eigener Fertigung ist der Schweißfaktor für Längs- und Rundnähte nach SVTI 301 unter Beachtung des Prüfumfanges nach SVTI 506 zu wählen.
- 2.3 Für Wärmetauscherrohre entfällt der Abnutzungszuschlag  $c_2$  gemäss SVTI 301 ( $c_2 = 0$ ). Ein allfälliger Konstruktionszuschlag  $c_3$  kann vom Betreiber vorgeschrieben werden.

### 3. Berechnung

#### 3.1 Rohre unter Innendruck

$$t = \frac{p \cdot d_a}{2 \cdot f \cdot z + p} + c \quad (313.1)$$

$t_e \geq t + c$  gemäss SVTI 301

$t$  = rechnerisch erforderliche Mindestwanddicke des Rohres in mm

$t_e$  = gewählte (nominelle) Wanddicke in mm

$d_a$  = Aussendurchmesser in mm

$p$  = Berechnungsüberdruck in  $N/mm^2$

$f$  = zulässige Spannung in  $N/mm^2$

} gemäss SVTI 301

$z$  = Schweisssfaktor unter Beachtung der Ziffer 2.1 bzw. 2.2

$c$  = Zuschlag gemäss SVTI 301 unter Beachtung der Ziffer 2.3

#### 3.2 Rohre unter Aussendruck

$$t = \frac{1,2 \cdot p \cdot d_a}{2 \cdot f \cdot z + p} + c \quad (313.2)$$

$t_e \geq t + c$  gemäss SVTI 301

Formelzeichen wie bei Ziffer 3.1

### 4. Kleinste Wanddicke

- 4.1 Sowohl bei durch Innendruck als auch durch Aussendruck beanspruchten Rohren dürfen die in der nachstehenden Tabelle 313 A angegebenen Mindestwanddicken für Rohre in der Regel nicht unterschritten werden. Im Einzelfall werden Objekte der Auslegungskategorie 2 und 3 zugelassen, sofern die Festlegungen der Ziffer 4.2 eingehalten sind.
- 4.2 Falls die ausgeführte Rohrwanddicke für den doppelten Berechnungsdruck genügt, können kleinere Mindestdicken als in der Tabelle 313 A festgehalten zugelassen werden. Dabei ist der Nachweis des Röhrenwerks bezogen auf die Abnahmebedingungen gemäss SVTI 204 oder 207, je nach Gütesorte einzuhalten.
- 4.3 Falls Rohre als Stützen verwendet werden, sind die Festlegungen von SVTI 314 und 316 massgebend.

**Tabelle 313 A Mindestwanddicken von Rohren**

Auslegungskategorie 1			Auslegungskategorie 2 und 3		
Rohr-Aussen- durchmesser $d_a$ *1	Mindestwanddicke		Rohr-Aussen- durchmesser $d_a$ *1	Mindestwanddicke	
	unlegierter und niedrig legierter Stahl	austenitischer Stahl; Kupfer		unlegierter und niedrig legierter Stahl	austenitischer Stahl; Kupfer
mm	mm	mm	mm	mm	mm
≤ 38	1,8	1,0	≤ 10,2	0,5	0,5
			> 10,2	0,6	0,5
			> 13,5	0,8	0,8
			> 21,3	1,0	0,8
			> 17,2	1,2	0,8
> 38	2,2	1,2	> 26,9	1,5	1,0
> 51	2,4	1,4	> 33,7	1,8	1,0
> 70	2,6	1,6	> 42,4	2,0	1,0
> 77	3,1	2,1	> 48,3	2,2	1,2
> 95	3,3	2,3	> 60,3	2,4	1,4
> 102	3,5	2,5	> 76,1	2,6	1,6
> 127	3,8	2,8	> 88,9	3,1	2,0
> 160	4,0	3,0	> 108	3,3	2,3
> 219,1	4,5	3,5	> 114,3	3,5	2,5
> 273	5,0	4,0	> 139,7	3,8	2,6
> 323,9	> 5,0	> 4,0	> 168,3	4,0	3,0

**Anmerkung**

\*1 Die Aussendurchmesser entsprechen DIN 2458/2463

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Geltungsbereich .....	1
2. Grundsätze .....	1
3. Werkstoffbelege und Kennzeichnung der Flansche .....	2
4. Zulassung von Normflanschen .....	3
5. Flanschdimensionierung .....	4
6. Mindest-Flanschblattdicke .....	17

### 1. Geltungsbereich

- 1.1 Die nachstehenden Regeln gelten für kreisförmige Flansche aus Stahl, Stahlguss, Gusseisen und Nichteisenmetallen bis zu einem Innendurchmesser von 3600 mm, die in kraftschlüssiger Verbindung durch Innendruck beansprucht sind.
- 1.2 Unter Flanschen werden im folgenden Vorschweissflansche, Vorschweissbunde, Aufschweissflansche und Aufschweissbunde sowie Gewindeflansche und Losflansche verstanden.

### 2. Grundsätze

- 2.1 Die Dimensionierung von Flanschen ist in der Ziffer 5 festgehalten.
- 2.2 Flansche können geschmiedet, nahtlos gewalzt oder gegossen hergestellt werden. Ferner können Flansche aus Profilen oder Blechstreifen gebogen und stumpf geschweisst \*1 oder aus Blechen ausgeschnitten werden.  
\*1 Massgebend für eine allfällige Wärmebehandlung nach dem Biegen resp. nach dem Schweißen ist die SVTI-Vorschrift 402.
- 2.3 Werden Vorschweissflansche und Vorschweissbunde um die Flanschachse gebogen und stumpf geschweisst, müssen die Blechstreifen durch Ultraschall auf Doppelungsfreiheit geprüft werden, wobei die Anforderungen der SVTI 508 zu erfüllen sind.
- 2.4 Für die konstruktive Ausbildung von Flanschen, im speziellen für die Bemessung und Ausführung der Schweissverbindungen, sind die Festlegungen der SVTI 405 zu beachten.

- 2.5 Zur Gewährleistung der Dichtheit einer Flanschverbindung soll die Schraubenzahl möglichst gross, im Minimum = 4 gewählt werden. Das Verhältnis Schrauben-  
teilung zu Schraubenlochdurchmesser soll in der Regel die Zahl 5 nicht  
übersteigen. Bei Verhältnissen zwischen 5 und 10 ist der Nachweis der Dichtheit  
zu erbringen, in der Regel anlässlich der Druckprüfung gemäss SVTI 512.
- 2.6 Der Dichtungswerkstoff ist so festzulegen, dass er den rechnerischen, thermi-  
schen und chemischen Anforderungen genügt.
- 2.7 Als Berechnungstemperatur der Flansche gilt die Betriebstemperatur des  
Objektes (siehe SVTI-Vorschrift 301).  
Bei Auslegungstemperaturen tiefer  $-10^{\circ}\text{C}$  sind die Festlegungen in der SVTI-  
Vorschrift 215 zu beachten.
- 2.8 Bei Lagerbehältern mit leicht entzündbaren Gasen ist für die Dimensionierung  
der Flansche als Berechnungsdruck mindestens der 1,5fache zulässige Betriebs-  
überdruck anzunehmen. Für Normflansche ist die Betriebsdruckstufe gemäss  
Ziffer 4.3 bzw. Tabelle 314 A massgebend.  
Konstruktiv sind Flansche mit Nut und Feder, Vor- und Rücksprung oder glatte  
Flansche mit besonderen Dichtungen zu verwenden (z.B. gebördelte Dichtungen,  
Dichtungen mit eingepresstem Drahtgewebe).

### 3. Werkstoffbelege und Kennzeichnung der Flansche

- 3.1 Für Flansche aus Werkstoffen mit festgelegter Zulassung gemäss SVTI der Reihe  
200 sind bis DIN 350 und PN 63 (vormals 64) keine Werkstoffbelege erforderlich.  
Für solche Flansche gilt die nachstehende Stempelung als ausreichender Beleg:
- 1) Normflansche nach SN/DIN-EN oder anderen Normen: Werkstoffkurzzeichen,  
DN, PN, Zeichen des Flanschherstellers.
  - 2) Spezialflansche mit Abmessungen, die abweichend zum Abs. 1) sind, sind  
gemäss den Festlegungen der Ziffer 3.2 zu behandeln.
- 3.2 Für Flansche, bei welchen einer der Grenzwerte nach Ziffer 3.1 überschritten ist,  
müssen die vorgeschriebenen Werkstoffbelege, wie sie im einzelnen in den SVTI-  
Vorschriften für Bleche, Schmiedestücke, Gussstücke etc. angegeben sind, einge-  
reicht werden.  
Für die Kennzeichnung dieser nachweispflichtigen Flansche gilt:
- 1) Normflansche nach SN/DIN-EN oder anderen Normen:  
Werkstoffkurzzeichen, DN, PN, Schmelze- und evtl. Probennummer, Zeichen  
des Flanschherstellers und des Stempelberechtigten.

- 2) Spezialflansche mit Abmessungen die abweichend zum Abs. 1) sind:  
Werkstoffkurzzeichen, Schmelze- und evtl. Probenummer, Zeichen des Flanschherstellers und des Stempelberechtigten.

#### **4. Zulassung von Normflanschen**

(siehe Vorschrift 120)

- 4.1 Rohrleitungs- und Apparateflansche, für welche SN/DIN-EN-Normblätter bestehen, können für kontrollpflichtige Objekte im Rahmen der Zulassung nach SN/EN ohne weiteres und ohne rechnerischen Dimensionierungsnachweis verwendet werden. Für Normflansche sind in den Eingabezeichnungen stets DN, PN und das betreffende Normblatt sowie die vorgesehene Werkstoffqualität anzugeben.
- 4.2 Flansche nach anderen Normen wie ANSI usw. können unter dem Vorbehalt der Zustellung einer entsprechenden Dokumentation vom SVTI ebenfalls anerkannt werden.

#### **4.3 Druckstufe**

- 1) Jedem Nenndruck sind Druckstufen zugeordnet, welche für bestimmte Temperaturen und Durchflussmedien die höchstzulässigen Betriebsdrücke angeben.  
Der Zusammenhang zwischen Nenndruck, Betriebsdruck, Temperatur und den Mediengruppen I und II ist in der Tabelle 314 A festgehalten.
- 2) Mediengruppe I für Wasser und andere ungefährliche Flüssigkeiten, Gase und Dämpfe.
- 3) Mediengruppe II für gefährliche Flüssigkeiten, Gase und Dämpfe. In der Regel für nachfolgende Medien:  
– explosionsfähig  
– hoch- und leicht-entzündlich  
– sehr giftig und giftig
- 4) Für Temperaturen über 120 °C ist der Abfall der Streckgrenze des verwendeten Werkstoffs für Flansch und Schrauben zu berücksichtigen.



**Tabelle 314 A Druckstufe**

Betriebstemp. °C	Zulässiger Betriebsdruck im Verhältnis zum Nenndruck in Prozenten			
	Werkstoffe RSt 37.2/C 22.8		Werkstoffe 1.4306/1.4435/1.4571	
	Gruppe I	Gruppe II	Gruppe I	Gruppe II
≤ 120	100%	80%	100%	80%
≤ 200	80%	64%	80%	65%
≤ 250	70%	56%	75%	60%
≤ 300	63%	50%	70%	56%

### Anmerkung

Für andere Werkstoffe und/oder Temperaturen ist entsprechend dem Abfall der Streckgrenze gemäss den Festlegungen der SVTI-Reihe 200 der %-Wert zu bestimmen.

## 5. Flanschdimensionierung

### 5.1 Grundsätze

- 5.1.1 Bei der Festigkeitsberechnung müssen die Teile einer Flanschverbindung (Flansche, Schrauben, Dichtung) stets in ihrem Zusammenwirken betrachtet werden.  
Dabei kann das Kräftespiel mit dem Kraft-Verformungs-Diagramm veranschaulicht werden.
- 5.1.2 Die Flanschverbindung muss so bemessen sein, dass sie die Beanspruchungen beim Zusammenbau (Verformen der Dichtung), im Betrieb (im stationären Zustand wie auch bei den An- und Abfahrvorgängen) sowie bei der Druckprüfung aufnehmen kann.
- 5.1.3 Nicht genormte Flansche werden vom SVTI nach den nachstehenden Dimensionierungsformeln beurteilt. Bei Verwendung dieser Formeln sind die folgenden Punkte zu beachten:
- 1) Die Formeln können für Flansche bis DN 2000 verwendet werden.
  - 2) Die Formeln gelten für zähe Flansch- und Zargenwerkstoffe. Sie sind für statische Beanspruchungen sowie für die bei den einzelnen Flanschtypen angegebenen Formeinschränkungen aufgestellt.

- 3) Die berechneten Flanschkicken  $h$  resp.  $h'$  müssen am fertigen Bauteil vorhanden sein. Nut und Feder sowie auch Vor- und Rücksprung sind in dem Rahmen, wie sie bei Normflanschen vorgesehen sind, nicht zu berücksichtigen.
- 4) Bei den Formeln für feste Flansche kann der unter der Wurzel stehende Klammerausdruck negative Werte annehmen. In diesen Fällen ist die Flanschblattstärke bei glatten Flanschen gleich der Zargenwandstärke  $s$  (bei Vorschweissflanschen = Wandstärke beim Flanschansatz  $s_1$ ), jedoch nicht kleiner als die Mindestwandstärke von 12 mm zu wählen (Ziff. 6).
- 5) Die in den Dimensionierungsformeln verwendete «zulässige Spannung  $f$ » ist lediglich als Berechnungswert anzusehen und deckt sich nicht mit den effektiv auftretenden Spannungen.
- 6) Bei den festen Flanschen ist oft nicht die auftretende Spannung, sondern die für die Dichthaltung der Verbindung massgebende zulässige Schrägstellung des Flanschtellers für die Dimensionierung ausschlaggebend. In den Berechnungsblättern für feste Flansche mit innenliegender Dichtung sind die zusätzlich zu beachtenden Kriterien für die maximal zulässige Flanschschrägstellung (ca. 8%) angegeben.
- 7) Für feste Flansche mit  $DN > 2000$  mm und auch für Flansche aus spröden Werkstoffen (Bruchdehnung  $< 4\%$ ) sowie bei Abweichungen von den festgelegten Formeinschränkungen oder auch bei dynamischer Beanspruchung ist die ausreichende Dimensionierung stets nach der Norm SN 218640, Blatt 10, nachzuweisen.

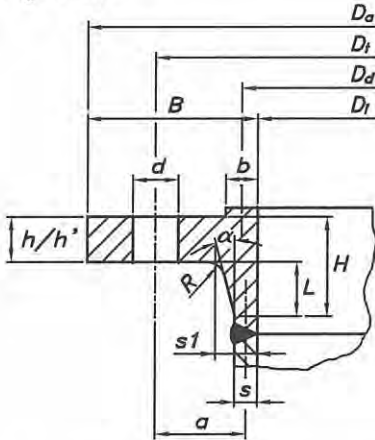
### 5.1.4 Flanschbunde für Klammerschrauben

Diese Flanschbunde sind sinngemäss der Fig. 314d bzw. 314e zu dimensionieren. Dabei ist für den Hebelarm  $a$  der Abstand zwischen Auflage, Klammer und Flanschzarge sowie für den Schraubenlochdurchmesser  $d$  der Wert Null (0) einzusetzen.

### 5.1.5 Blockflansche sind gemäss der Ziffer 5.7 zu dimensionieren.

## 5.2 Vorschweisflansch

Fig. 314a



### Formeinschränkungen:

- Flanschdicke  $h \geq 12$  mm, jedoch nicht kleiner als  $s_1$
- $L \geq 0,8 \cdot \sqrt{(D_i + s) \cdot s}$  jedoch nicht kleiner als  $h$  resp. als  $h'$
- $\alpha \leq 24^\circ$
- $R \geq s$

$$h = \sqrt{\frac{D_d}{2B - d} \cdot \left[ \frac{c' \cdot p \cdot a}{f} \cdot (D_d + 4,8 \cdot b) - 0,8 \cdot \left( s_1^2 - \frac{s^2}{4} \right) \right]} \quad (314.1)$$

$h$  = erforderliche Flanschblattdicke in mm gemäss Festigkeitsanforderungen

$D_d$  = mittlerer Dichtungsdurchmesser in mm

$p$  = Berechnungsüberdruck in  $N/mm^2$

$f$  = zulässige Spannung in  $N/mm^2$  gemäss SVTI-Vorschrift 301

$a$  = Hebelarm in mm =  $[D_t - (D_i + s)] / 2$

$s$  = Rohrwanddicke in mm

$s_1$  = Wanddicke beim Flanschansatz in mm

$B$  = Flanschbreite in mm =  $(D_a - D_i) / 2$

$b$  = Dichtungsbreite in mm

$d$  = Schraubenlochdurchmesser in mm

$c'$  = Flanschformfaktor (für Vorschweisflansche  $c' = 0,8$ )

**Kriterium für zulässige Flansch-Schrägstellung**

$$h' = \sqrt{\frac{D_d}{2B-d} \cdot \left[ \frac{p \cdot a}{0,012 \cdot E} \cdot (D_d + 4,8 \cdot b) \cdot \left( \frac{D_a + D_i}{H} \right) - 0,8 \cdot \left( s_1^2 - \frac{s^2}{4} \right) \right]} \quad (314.2)$$

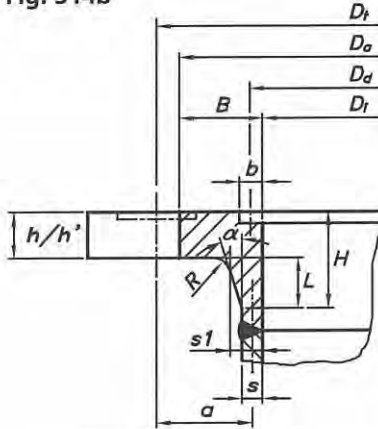
Bezeichnungen gemäss Fig. 314a

 $h'$  = erforderliche Flanschblattdicke in mm nach Deformationskriterium $H$  = massgebende Höhe in mm =  $h' + L$  $L$  = Höhe der konischen Zarge für Berechnung  $L \leq 1,1 \cdot \sqrt{(D_i + s) s}$  $D_a$  = Flanschaussendurchmesser in mm $D_i$  = Flanschinnendurchmesser in mm $E$  = Elastizitätsmodul in  $N/mm^2$ 

Massgebend für die ausreichende Bemessung des Flanschtellers ist der grössere der beiden Werte  $h$  und  $h'$ .

### 5.3 Geschlitzter Vorschweisflansch (Klappschraubenflansch)

Fig. 314b



#### Formeinschränkungen:

- Flanschdicke  $h \geq 12$  mm, jedoch nicht kleiner als  $s_1$
- $L \geq 0,8 \cdot \sqrt{(D_i + s) \cdot s}$  jedoch nicht kleiner als  $h$  resp. als  $h'$
- $\alpha \leq 24^\circ$
- $R \geq s$

#### Anmerkung:

Klappschrauben müssen gegen Abrutschen gesichert sein.

$$h = \sqrt{\frac{D_d}{2B} \cdot \left[ \frac{c' \cdot p \cdot a}{f} \cdot (D_d + 4,8 \cdot b) - 0,8 \cdot \left( s_1^2 - \frac{s^2}{4} \right) \right]} \quad (314.3)$$

$h$  = erforderliche Flanschblattdicke in mm gemäss Festigkeitsanforderungen

$D_d$  = mittlerer Dichtungsdurchmesser in mm

$p$  = Berechnungsüberdruck in  $N/mm^2$

$a$  = Hebelarm in mm =  $[D_t - (D_i + s)] / 2$

$s$  = Rohrwanddicke in mm

$s_1$  = Wanddicke beim Flanschansatz in mm

$B$  = massgebende Flanschbreite in mm =  $(D_a - D_i) / 2$

$b$  = Dichtungsbreite in mm

$f$  = zulässige Spannung in  $N/mm^2$  gemäss SVTI-Vorschrift 301

$c$  = Flanschformfaktor (für Vorschweisflansche  $c' = 0,8$ )

**Kriterium für zulässige Flansch-Schrägstellung**

$$h' = \sqrt{\frac{D_d}{2B} \cdot \left[ \frac{p \cdot a}{0,012 \cdot E} \cdot (D_d + 4,8 \cdot b) \cdot \left( \frac{D_a + D_i}{H} \right) - 0,8 \cdot \left( s_1^2 - \frac{s^2}{4} \right) \right]} \quad (314.4)$$

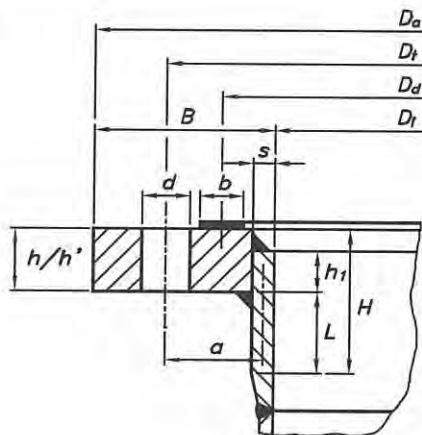
Bezeichnungen gemäss Fig. 314b

- $h'$  = erforderliche Flanschblattdicke in mm nach Deformationskriterium
- $H$  = massgebende Höhe in mm =  $h' + L$
- $L$  = Höhe der konischen Zarge für Berechnung  $L \leq 1,1 \cdot \sqrt{(D_i + s) \cdot s}$
- $D_a$  = massgebender Aussendurchmesser in mm
- $D_i$  = Flanschinnendurchmesser in mm
- $E$  = Elastizitätsmodul in  $N/mm^2$

Massgebend für die ausreichende Bemessung des Flanschtellers ist der grössere der beiden Werte  $h$  und  $h'$ . Die Formeln (314.3) und (314.4) sind auch für geschlitzte glatte Flansche gültig. Dabei ist der Flanschformfaktor mit 1,2 in die Berechnung einzusetzen. Für  $s_1$  ist  $s$  und für  $L$  der Wert aus  $0,9 \cdot \sqrt{(D_i + s) \cdot s}$  einzusetzen.

**5.4 Glatter Flansch**

**Fig. 314c**



**Formeinschränkungen:**

- a) Flanschdicke  $h \geq 12$  mm, jedoch nicht kleiner als  $s$
- b) Überlappung  $h_1 \geq h/2$
- c) Die in der Berechnung eingesetzte Wanddicke  $s$  muss mindestens auf einer Länge  $L$  von  $0,9 \cdot \sqrt{(D_i + s) \cdot s}$  vorhanden sein.
- d) Für die Bemessung der Schweissverbindung Flansch/Rohr gelten die Festlegungen von SVTI 405

$$h = \sqrt{\frac{D_d}{2B-d} \cdot \left[ \frac{c' \cdot p \cdot a}{f} \cdot (D_d + 4,8 \cdot b) - 0,6 \cdot s^2 \right]} \quad (314.5)$$

$h$  = erforderliche Flanschblattdicke in mm gemäss Festigkeitsanforderung \*1

$D_d$  = mittlerer Dichtungsdurchmesser in mm

$p$  = Berechnungsüberdruck in N/mm<sup>2</sup>

$f$  = zulässige Spannung in N/mm<sup>2</sup> gemäss SVTI-Vorschrift 301

$a$  = Hebelarm in mm =  $[D_t - (D_i + s)]/2$

$s$  = Wanddicke der Zarge in mm \*2

$B$  = massgebende Breite in mm =  $(D_a - D_i)/2$

$b$  = Dichtungsbreite in mm

$d$  = Schraubenlochdurchmesser in mm

$c'$  = Flanschformfaktor (für glatte Flansche  $c' = 1,2$ )

1\* Wird die Dicke  $h$  konstruktiv unzuweckmässig, so ist die Wanddicke  $s$  zu erhöhen.

2\* Falls der Zargenwerkstoff geringere Festigkeitswerte als der Flanschwerkstoff hat, ist die im Verhältnis der Festigkeitswerte reduzierte Zargenwanddicke  $s'$  an Stelle von  $s$  in die Berechnung einzusetzen.

### Kriterium für zulässige Flansch-Schrägstellung

$$h' = \sqrt{\frac{D_d}{2B-d} \cdot \left[ \frac{p \cdot a}{0,012 \cdot E} \cdot (D_d + 4,8 \cdot b) \cdot \left( \frac{D_a + D_i}{H} \right) - 0,6 \cdot s^2 \right]} \quad (314.6)$$

Bezeichnungen wie oben resp. gemäss Fig. 314c

$h'$  = erforderliche Flanschblattdicke in mm nach Deformationskriterium

$H$  = massgebende Höhe in mm =  $h' + L$ .

Für  $L$  ist  $0,9 \cdot \sqrt{(D_i + s) \cdot s}$  einzusetzen.

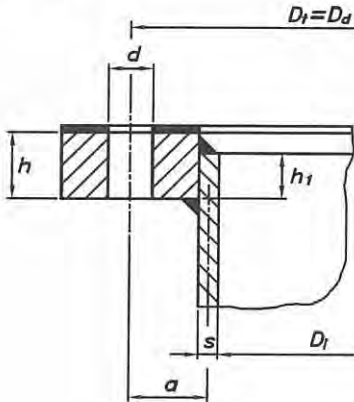
$D_a$  = Flanschaussendurchmesser in mm

$D_i$  = Rohrinne Durchmesser in mm

$E$  = Elastizitätsmodul in N/mm<sup>2</sup>

Massgebend für die ausreichende Bemessung des Flanschtellers ist der grössere der beiden Werte  $h$  und  $h'$ .

**5.5 Glatte Flansch bzw. Vorschweisflansch mit durchgehender Dichtung**  
**Fig. 314d**



**Formeinschränkungen:**

- Flanschdicke  $h \geq 12 \text{ mm}$
- Überlappung  $h_1 \geq h / 2$
- Für die Bemessung der Schweissverbindung Flansch/Rohr gelten die Festlegungen von SVTI 405.

**Anmerkungen:**

- Die Schrauben dieser Flanschtypen sind für die doppelte Schraubkraft eines entsprechenden nicht gestützten Flansches zu dimensionieren.
- Bei Klammerschrauben ist zusätzlich Ziffer 5.1.4 zu beachten.

$$h = \sqrt{\frac{c' \cdot D_d^2 \cdot p \cdot a}{2 \cdot f \cdot (D_t - 0,3 \cdot n \cdot d)}} \quad (314.7)$$

$h$  = erforderliche Flanschblattdicke in mm \*1

$D_d = D_t$  = Schraubenkreisdurchmesser in mm

$p$  = Berechnungsüberdruck in  $\text{N/mm}^2$

$f$  = zulässige Spannung in  $\text{N/mm}^2$  gemäss SVTI-Vorschrift 301

$a$  = Hebelarm in mm =  $[D_t - (D_i + s)] / 2$

$d$  = Schraubenlochdurchmesser in mm

$n$  = Schraubenanzahl

$c'$  = Flanschformfaktor für glatte Flansche  $c' = 1,2$   
bzw. beim Vorschweisflansch  $c' = 0,8$

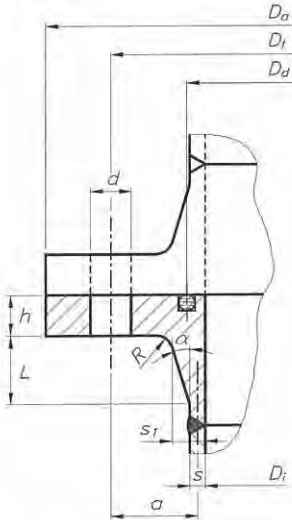
1\* Wird die Dicke  $h$  konstruktiv unzuweckmässig, so ist die Wanddicke  $s$  zu erhöhen.

Eine Kontrolle der Flanschschrägstellung entfällt bei diesem Flanschtyp.



**5.6 Vorschweisflansch bzw. glatter Flansch mit O-Ringdichtung**

**Fig. 314e**



**Formeinschränkungen:**

- a) Flanschdicke  $h \geq 12$  mm, jedoch nicht kleiner als  $s_1$
- b)  $L \geq 0,8 \cdot \sqrt{(D_i + s) \cdot s}$  jedoch nicht kleiner als  $h$
- c)  $\alpha \leq 22,5$
- d)  $R \geq s$

**Anmerkungen:**

- 1) Die Schrauben dieses Flanschtyps sind für eine um das Hebelarmverhältnis  $\frac{D_a - (D_i + s)}{D_a - D_t}$  vergrößerte Schraubenkraft zu dimensionieren.
- 2) Bei Klammerschrauben ist zusätzlich Ziffer 5.1.4 zu beachten.

$$h = \sqrt{\frac{c' \cdot D_d^2 \cdot p \cdot a}{2 \cdot f \cdot (D_t - 0,3 \cdot n \cdot d)}} \quad (314.8)$$

- $h$  = erforderliche Flanschblattdicke in mm
- $D_d$  = Dichtungsdurchmesser in mm
- $D_t$  = Schraubenkreisdurchmesser in mm
- $D_i$  = Rohrinne Durchmesser in mm
- $p$  = Berechnungsüberdruck in  $N/mm^2$
- $f$  = zulässige Spannung in  $N/mm^2$  gemäss SVTI-Vorschrift 301
- $a$  = Hebelarm in mm =  $[D_t - (D_i + s)] / 2$
- $s$  = Rohrwanddicke in mm
- $s_1$  = Wanddicke beim Flanschanatz in mm
- $n$  = Schraubenanzahl
- $d$  = Schraubenlochdurchmesser in mm
- $c'$  = Flanschformfaktor für glatte Flansche  $c' = 1,2$   
bzw. für Vorschweisflansch  $c' = 0,8$

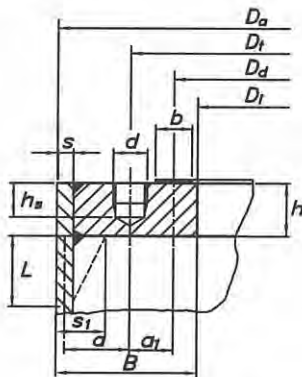
Eine Kontrolle der Flanschschrägstellung entfällt bei diesem Flanschtyp.

### 5.7 Nach innen liegender glatter Flansch

Diese Berechnung ist gültig für Durchmesserhältnisse  $D_i/D_a > 0,8$ .

Für  $D_i/D_a \leq 0,8$  ist die Berechnung als Platte (siehe SVTI 312) massgebend.

Fig. 314f



#### Formeinschränkungen:

- Flanschdicke  $h \geq 12$  mm, jedoch nicht kleiner als  $s$
- Die in der Berechnung eingesetzte Wanddicke  $s$  muss mindestens auf einer Länge  $L$  von  $0,9 \cdot \sqrt{(D_a - s) \cdot s}$  vorhanden sein.
- Für die Bemessung der Schweissverbindung Flansch/Rohr gelten die Festlegungen von SVTI 405.
- $h_s \geq d$

$$h = \sqrt{\frac{D_d}{2B-d} \cdot \left[ \frac{c' \cdot p \cdot a}{f} \cdot (D_d - 4,8 \cdot \frac{a_1}{a} \cdot b) - 0,6 \cdot \left( \frac{D_a - s}{D_d} \right) \cdot s^2 \right]} \quad (314.9)$$

$h$  = erforderliche Flanschblattdicke in mm

$D_d$  = mittlerer Dichtungsdurchmesser in mm

$D_t$  = Schraubenkreisdurchmesser in mm

$D_a$  = Aussendurchmesser in mm

$p$  = Berechnungsüberdruck in  $N/mm^2$

$f$  = zulässige Spannung in  $N/mm^2$  gemäss SVTI-Vorschrift 301

$a$  = Hebelarm in mm =  $(D_a - s - D_t) / 2$

$a_1$  = Hebelarm in mm =  $(D_t - D_d) / 2$

$s$  = Rohrwanddicke in mm

$B$  = Flanschbreite in mm =  $(D_a - D_i) / 2$

$b$  = Dichtungsbreite in mm

$d$  = Schraubenlochdurchmesser in mm

$c'$  = Flanschformfaktor für glatte Flansche = 1,2 / Vorschweissflansch 0,8

$s_1$  = Wanddicke beim Flanschansatz in mm

Eine Kontrolle der Schrägstellung entfällt bei diesem Flanschtyp.

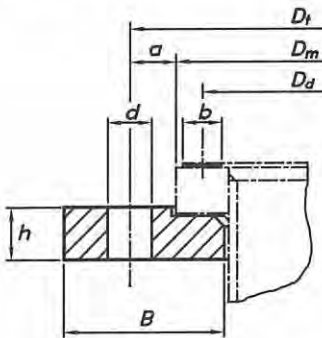
Für nach innen liegende Vorschweissflansche lautet die Formel:

$$h = \sqrt{\frac{D_d}{2B-d} \cdot \left[ \frac{c' \cdot p \cdot a}{f} \cdot (D_d - 4,8 \cdot \frac{a_1}{a} \cdot b) - 0,8 \cdot \frac{D_a - s}{D_d} \cdot (s_1^2 - \frac{s^2}{4}) \right]} \quad (314.9a)$$

## 5.8 Losflansch

### 5.8.1 Losflansch ungeteilt

Fig. 314g



#### Formeinschränkungen:

- Flanschdicke  $h \geq 12$  mm
- Die Losflansch-Nase muss auf Abscheren ausreichend bemessen sein ( $\tau_{zul} \leq 0,7 \cdot f$ ), und die Flächenpressung darf die zulässige Spannung  $f$  nicht übersteigen.
- Für die Berechnung von Losflanschen, die mit Bördelbunden kombiniert sind, ist die Bemerkung c) zur Fig. 314i zu beachten.

$$h = \sqrt{\frac{p \cdot D_d \cdot a \cdot (D_d + 4,8 \cdot b)}{0,65 \cdot f \cdot (2B - d)}} \quad (314.10)$$

$h$  = erforderliche Flanschblattdicke in mm

$D_d$  = mittlerer Dichtungsdurchmesser in mm

$p$  = Berechnungsüberdruck in  $N/mm^2$

$f$  = zulässige Spannung in  $N/mm^2$  gemäss SVTI-Vorschrift 301

$a$  = Hebelarm in mm =  $(D_t - D_m) / 2$

$B$  = Flanschbreite in mm

$d$  = Schraubenlochdurchmesser in mm

$b$  = Dichtungsbreite in mm

$D_t$  = Schraubenkreisdurchmesser in mm

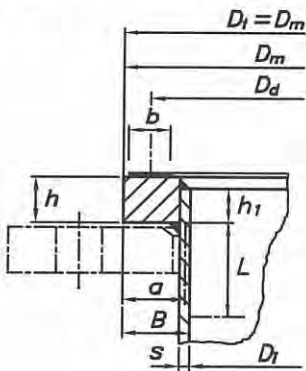
$D_m$  = massgebender Bund bzw. Flanschdurchmesser

### 5.8.2 Geteilter Losflansch

- In der Ausführung als einfach geteilter Ring ist die gemäss Ziffer 5.8.1 bestimmte Flanschhöhe  $h$  um 40% zu erhöhen.
- In der Ausführung als einmal geteilter Doppelring mit um  $90^\circ$  versetzten Fugen ist die gemäss Ziffer 5.8.1 bestimmte Flanschhöhe  $h$  um 20% zu erhöhen.

### 5.9 Starrer Bund zu Losflansch

Fig. 314h



#### Formeinschränkungen:

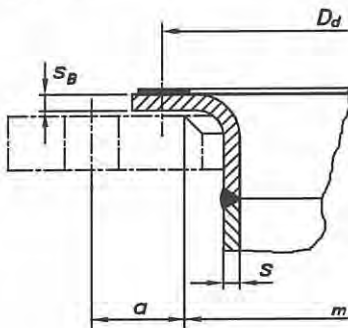
- Flanschdicke  $h \geq 12$  mm, jedoch nicht kleiner als  $s$
- Überlappung  $h_1 \geq h/2$
- Die in der Berechnung eingesetzte Wanddicke  $s$  muss mindestens auf einer Länge  $L$  von  $0,9 \cdot \sqrt{(D_i + s) s}$  vorhanden sein.
- Für die Bemessung der Schweissverbindung Flansch/Rohr gelten die Festlegungen von SVTI 405.

Für die Berechnung gelten die Formeln für feste Flansche (Formeln (314.1) und (314.2) für Vorschweissbunde, Formeln (314.5) und (314.6) für glatte Schweissbunde) mit  $d = 0$  und den übrigen Massen entsprechend Fig. 314h.

### 5.10 Bördelbund zu Losflansch

Bördelbunde sind zugelassen  $\leq$  DN 350 für  $\leq$  PN 10 und Temp.  $\leq$  200 °C, Druckstufen nach Tab. 314 A beachten.

Fig. 314i



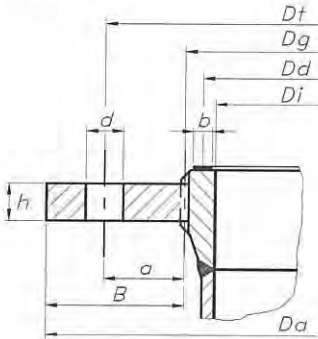
#### Formeinschränkungen:

- Bördelwanddicke  $s_B \geq s$
- Der rechnerische Nachweis für Bördelbunde beschränkt sich auf den Nachweis der ausreichenden Bemessung auf Abscheren ( $\tau_{zul} \leq 0,7 \cdot f$ ).
- Bei Bördelbunden ist der für die Dimensionierung des Losflanschs in die Berechnungsformel 314.10 einzusetzende Hebelarm  $a$  nach Fig. 314i zu wählen.

$D_m$  = massgebender Bund für Abscherung

**5.11 Gewindeflansch**

**Fig. 314k**



**Formeinschränkungen**

- a) Flanschdicke  $h \geq 12$  mm
- b) Das Gewinde muss auf Abscheren ausreichend bemessen sein. Dies gilt bei normaler Gewindeausführung als erfüllt, wenn

$$h \geq \frac{p \cdot D_d (D_d + 4,8 \cdot b)}{2 \cdot D_g \cdot f}$$

$$h = \sqrt{\frac{p \cdot D_d \cdot a \cdot (D_d + 4,8 \cdot b)}{0,65 \cdot f \cdot (2 \cdot B - d)}} \quad (314.11)$$

- $h$  = erforderliche Flanschblattdicke in mm
- $D_d$  = mittlerer Dichtungsmesser in mm
- $D_g$  = mittlerer Gewindedurchmesser in mm
- $p$  = Berechnungsüberdruck in  $N/mm^2$
- $a$  = Hebelarm in mm =  $(D_t - D_g) / 2$
- $B$  = Flanschbreite in mm =  $(D_a - D_g) / 2$
- $f$  = zulässige Spannung in  $N/mm^2$  gemäss SVTI-Vorschrift 301
- $d$  = Schraubenlochdurchmesser in mm
- $b$  = Dichtungsbreite in mm

Eine Kontrolle der Schrägstellung entfällt bei diesem Flanschttyp.

**6. Mindest-Flanschblattdicke**

Die Mindestdicke des Flanschblattes beträgt für alle Flanschtypen sowie für die An- und Vorschweissbunde 12 mm (Ausnahme für Bördelbunde gemäss Ziffer 5.10).

## **Inhaltsverzeichnis**

	Seite
1. Geltungsbereich .....	1
2. Grundsätze .....	1
3. Anwendung .....	2
4. Berechnungstemperatur .....	2
5. Berechnung .....	3
6. Dimensionierung der Schrauben .....	5
7. Klammerschrauben .....	6
8. Kleinster Schraubendurchmesser .....	7
9. Dichtungskennwerte .....	8

### **1. Geltungsbereich**

- 1.1 Die SVTI 315 gilt für die Berechnung von Schrauben an Kesseln und Druckbehältern, die als kraftschlüssige Verbindungselemente vorwiegend auf Zug und ruhend beansprucht werden.
- 1.2 Zusatzbeanspruchungen aus thermischen Einflüssen, unterschiedlichen Werkstoffpaarungen sowie äusseren Kräften sind in der SVTI 315 nicht erfasst und müssen gegebenenfalls besonders berücksichtigt werden.

### **2. Grundsätze**

- 2.1 Um eine Schraubenverbindung möglichst elastisch zu halten, empfiehlt es sich, Schrauben einer Güte mit hoher Bruchdehnung zu wählen.
- 2.2 Dehnschrauben sollten verwendet werden bei einer Berechnungstemperatur über 300 °C oder einem zulässigen Betriebsüberdruck von mehr als 40 bar. Die Dehnschaftlänge muss mindestens das Doppelte des Gewindedurchmessers betragen.
- 2.3 Bei genormten Flanschen für Rohrleitungen und Apparate gelten die Anforderungen an die Schrauben als erfüllt, wenn deren Durchmesser und Anzahl nach diesen Flanschnormen gewählt werden und die für die Flansche zulässige Betriebstemperatur nicht überschritten wird.  
Die werkstoffspezifischen Anforderungen sowie die gebräuchlichsten Schrauben-Werkstoffe sind in der SVTI 205 aufgeführt.

- 2.4 Bei Berechnungstemperaturen über 120 °C und Verwendung des in den Normen angegebenen Werkstoffes ist der zulässige Betriebsüberdruck entsprechend SVTI 314 Tabelle 314 A zu bestimmen.
- 2.5 Die Anzahl der Schrauben soll mit Rücksicht auf das Dichthalten möglichst gross gewählt werden. In der Regel soll das Verhältnis Schraubenteilung zu Schraubendurchmesser die Zahl 5 nicht übersteigen. Bei Verhältnissen zwischen 5 und 10 ist der Nachweis der Dichtheit anlässlich der Druckprüfung gemäss SVTI 512 zu erbringen.
- 2.6 Bei der Werkstoffwahl soll auf die Materialpaarung Schraube/Flansch bezüglich mechanischer und thermischer Zusammenwirkung geachtet werden.

### 3. Anwendung

- 3.1 Bei der Anwendung über 300 °C und bei vollem Ausnutzen der Festigkeitswerte des Schraubenwerkstoffes wird die Relaxation der Schraubenverbindung erheblich verstärkt, wenn für die Muttern ein zu weicher Werkstoff gewählt wird. Deshalb sollte für solche Verbindungen das Verhältnis der Warmstreckgrenze von Mutter- zu Schraubenwerkstoff den Faktor 0,7 nicht unterschreiten.
- 3.2 Werden bei Schraubenverbindungen Dehnhülsen verwendet, so ist für diese der gleiche Werkstoff wie für die jeweilige Schraube zu bevorzugen.

### 4. Berechnungstemperatur

- 4.1 Für Schrauben, die direkt vom Medium berührt sind, ist die Berechnungstemperatur gleich zul. Betriebstemperatur des Objektes.
- 4.2 Bei Schrauben, die nicht direkt vom Medium berührt sind, ist die Berechnungstemperatur abhängig von der Art der Schraubenverbindung und der Isolation und kann gegenüber der maximalen Berechnungstemperatur wie folgt reduziert werden:
  - a) loser Flansch und loser Flansch um 30 °C
  - b) fester Flansch und loser Flansch um 25 °C
  - c) fester Flansch und fester Flansch um 15 °CWeitere Reduktionen ohne besondere Nachweise sind nicht zulässig.
  - d) keine Reduktion, wenn die Schraubenverbindung isoliert wird.
- 4.3 Bei Anwendungstemperaturen tiefer -10 °C ist SVTI 215 zu beachten.



## 5. Berechnung

5.1 Die Schraubenkräfte sind zu ermitteln für:

- a) den Einbauzustand
- b) den Betriebszustand
- c) den Prüfzustand, sofern der Prüfdruck höher ist als  $1,3 \times$  zulässiger Betriebsüberdruck.

### 5.2 Kreisförmige Schraubenverbindung mit Dichtung innerhalb des Lochkreises

5.2.1 Schraubenkräfte für den Betriebszustand \*1

$$F_{SB} = F_R + F_F + F_D \quad (315.1)$$

mit den Einzelkomponenten

$$F_R = \frac{\rho \cdot \pi \cdot d_i^2}{4} \quad (315.2)$$

$$F_F = \frac{\rho \cdot \pi \cdot (d_D^2 - d_i^2)}{4} \quad (315.3)$$

$$F_D = \rho \cdot \pi \cdot d_D \cdot S_D \cdot k_1 \quad (315.4)$$

\*1 Die Formeln (315.1) bis (315.4) können sinngemäss auch für den Prüfzustand verwendet werden.

$F_{SB}$  = Mindest-Schraubenkraft für den Betriebszustand in N

$F_R$  = Rohrkraft in N

$F_F$  = Ringflächenkraft in N

$F_D$  = erforderliche Dichtungskraft in N

$\rho$  = Berechnungsüberdruck in  $N/mm^2$

$d_i$  = Innendurchmesser am Mantel in mm

$d_D$  = mittlerer Dichtungsdurchmesser in mm

$S_D$  = Sicherheitsbeiwert = 1,2

$k_1$  = Dichtungskennwert für den Betriebszustand gemäs Ziffer 9, Tab. 315 B

### 5.2.2 Schraubenkraft für den Einbauzustand

$$F_{DE} = d_D \cdot \pi \cdot k_o \cdot K_D$$

$F_{DE}$  = Verformungskraft in N

$d_D$  = mittlerer Dichtungsdurchmesser in mm

$k_o$  = Dichtungskennwert für die Verformungskraft in mm

$K_D$  = Formänderungswiderstand des Dichtungswerkstoffes in  $N/mm^2$

} gemäss Ziffer 9  
Tabelle 315 B  
bzw. 315 C

$F_{DE}^*$  für Weichstoff- und Metallweichstoffdichtungen falls  $F_{DE} > F_{SB}$

für Flüssigkeiten

$$F_{DE}^* = 0,1 F_{DE} + 0,9 \sqrt{F_{SB} \cdot F_{DE}} \quad (315.5)$$

für Gase und Dämpfe

$$F_{DE}^* = 0,2 F_{DE} + 0,8 \sqrt{F_{SB} \cdot F_{DE}} \quad (315.6)$$

### 5.2.3 Schraubenkraft als zulässige Belastung der Dichtung

- 1) Die Flanschdichtungen sollen, unter Beachtung der zulässigen Flächenpressung, möglichst schmal ausgeführt werden.
- 2) Bei Weichstoff- und Metallweichstoffdichtungen sind die Setzungen durch Nachziehen der Schrauben auszugleichen.
- 3) Die zulässige Belastung im Betrieb beträgt:
  - a) bei Metalldichtungen

$$F_{DZ} = d_D \cdot \pi \cdot k_o \cdot K_{DZ} \quad (315.7)$$

b) bei Kammprofilen

$$F_{DZ} = d_D \cdot \pi \cdot \sqrt{n} \cdot k_o \cdot K_{DZ} \quad (315.8)$$

$d_D$  = mittlerer Dichtungsdurchmesser in mm

$k_o$  = Dichtungskennwert in mm

$K_D, K_{DZ}$  = Formänderungswiderstand in  $N/mm^2$

$n$  = Anzahl der Kämme

} gemäss Ziffer 9  
Tabelle 315 B  
bzw. 315 C

- 4) Die Dichtungskennwerte gemäss Tabelle 315 B bzw. 315 C wurden in der Regel für den Betriebszustand und die Werte für Gase und Dämpfe benutzt. Kennwerte für andere Dichtungsarten und -formen sind mit den Herstellern durch Versuche abzusprechen.

**5.3 Kreisförmige Schraubenverbindungen mit durchgehender Dichtung**

Die Dimensionierung erfolgt nach den Formeln der Ziffer 5.2, wobei:

- 1)  $D_t$  = Lochkreisdurchmesser anstelle von  $d_D$
- 2)  $b_D = 0,5 \times$  Dichtungsbreite nach Tabelle 315 B

**5.4 Rechteckige oder andersartige Schraubenverbindungen**

Singgemäss der Ziffer 5.2 bzw. 5.3, dabei sind die Dichtkräfte und die Ringflächenkraft entsprechend der Änderung der Fläche vom Kreis zum Rechteck zu berücksichtigen.

**6. Dimensionierung der Schrauben**

Die Dimensionierung der Schrauben muss mit der grössten gemäss Ziffer 5. ermittelten Schraubenkraft durchgeführt werden.

**6.1 Schraubendurchmesser**

$$d_K \text{ bzw. } d_S = z \cdot \sqrt{\frac{F}{n \cdot f}} + c_4 \quad (315.9)$$

$d_K$  = Gewindekerndurchmesser in mm für Starrschrauben

$d_S$  = Schaftdurchmesser in mm für Dehnschrauben

$z$  = Hilfswert für Auflagefläche

a) unbearbeitet  $z = 1,30$

b) bearbeitet  $z = 1,13$

$F$  = Schraubenkräfte gemäss Berechnungszustand:

a)  $F_{SB}$  nach Ziffer 5.2.1 für den Betriebszustand

b)  $F_{DE}$  nach Ziffer 5.2.2 für den Einbauzustand und ohne  $c_4$

$n$  = Anzahl Schrauben

$f$  = zulässige Spannung in  $N/mm^2$  gemäss SVTI 301

$c_4$  = Zuschlag in mm, nur für den Betriebszustand  $F_{SB}$ :

a)  $c_4 = 3$  mm für  $d_K \leq 20$  mm

b)  $c_4 = 1$  mm für  $d_K \geq 50$  mm

c) für Zwischenwerte  $c_4 = 3 - \left[ \left( \frac{d_K - 20}{30} \right) \cdot 2 \right]$  (315.10)

d)  $c_4 = 0$  bei Dehnschrauben

### 6.2 Erforderliche Einschraubtiefe

Bei der Ermittlung der erforderlichen Einschraubtiefe in einer Mutter oder im Sackloch soll davon ausgegangen werden, dass die Tragfähigkeit (Abstreiffestigkeit) sowohl des Bolzengewindes als auch des Muttergewindes grösser ist als die des freien belasteten Gewindeteils oder des Schaftes bei Dehnschrauben (in der Regel nicht < als  $0,8 \times$  Gewindedurchmesser).

### 6.3 Zuordnung Schraubenkerndurchmesser $d_K$ zu Gewindegrösse

Aus der Tabelle 315 A ist für Schrauben mit metrischem Gewinde der Grundreihe nach DIN 13/Reihe 1 die Zuordnung vom Kerndurchmesser zur Gewindegrösse zu entnehmen.

**Tabelle 315 A Zuordnung Kerndurchmesser zu Gewindegrösse**

Gewinde	Kern Ø	Gewinde	Kern Ø	Gewinde	Kern Ø
M 6	4,77	M22	18,93	M45	39,48
M 8	6,47	M24	20,32	M48	41,87
M 10	8,16	M27	23,32	M52	45,87
M 12	9,85	M30	25,71	M56	49,25
M 14	11,55	M33	28,71	M60	53,25
M 16	13,55	M36	31,09	M64	56,64
M 18	14,93	M39	34,09		
M 20	16,93	M42	36,48		

## 7. Klammerschrauben

- 7.1 Für Klammerschlüsse dürfen nur geprüfte Klammerschrauben verwendet werden. Die Klammerschrauben müssen gegen Abgleiten gesichert und so befestigt sein, dass sie beim Öffnen nicht abfallen können und eine gleichmässige Verteilung gewährleistet ist.
- 7.2 Sinngemäss der Ziffer 2.5 soll in der Regel das Verhältnis der Schraubenteilung zur Auflagebreite der Haube der Klammerschrauben die Zahl 5 nicht übersteigen.

## **8. Kleinster Schraubendurchmesser**

- 8.1 Schrauben unter M 10 oder entsprechendem Gewindekerndurchmesser sind in der Regel nicht zulässig.
- 8.2 In Sonderfällen (z.B. bei Schrauben für Armaturen) können auch kleinere Schrauben verwendet werden, jedoch darf M 6 oder der entsprechende Gewindekerndurchmesser nicht unterschritten werden.

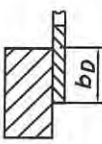






## 9. Dichtungskennwerte

### 9.1 Tabelle 315 B Kennwerte $k_o$ , $k_o \cdot K_D$ , $k_1$ , $K_{d1}$

Dichtungstyp	Dichtungsform	Benennung	Wirkstoff	Dichtungskennwerte				*1					
				für Flüssigkeiten		für Gase und Dämpfe							
				Vorformen	Betriebszustand	Vorformen	Betriebszustand						
$k_o$ mm	$k_o \cdot K_D$ N/mm <sup>2</sup>	$k_1$ mm	$K_{d1}$ -	$k_o$ mm	$k_o \cdot K_D$ N/mm <sup>2</sup>	$k_1$ mm	$K_{d1}$ -						
Weichstoffdichtungen		Flachdichtungen nach DIN 2690 bis DIN 2692	Dichtungspappe getränkt	-	20 b <sub>D</sub>	b <sub>D</sub>	1,0	-	-	-	-	-	
				-	b <sub>D</sub>	0,5 b <sub>D</sub>	0,5	-	2 b <sub>D</sub>	0,5 b <sub>D</sub>	0,5	0,5 b <sub>D</sub>	0,5
				-	20 b <sub>D</sub>	1,1 b <sub>D</sub>	1,1	-	25 b <sub>D</sub>	1,1 b <sub>D</sub>	1,1	1,1 b <sub>D</sub>	1,1
				-	15 b <sub>D</sub>	b <sub>D</sub>	1,0	-	$200 \sqrt{\frac{b_D}{h_D}}$	1,3 b <sub>D</sub>	1,3	1,3 b <sub>D</sub>	1,3
Metall-Weichstoffdichtungen		Spiral-Asbestdichtung	It PTFE-ummantelt	-	12 b <sub>D</sub>	0,8 b <sub>D</sub>	0,8	-	12 b <sub>D</sub>	0,8 b <sub>D</sub>	0,8 b <sub>D</sub>	0,8	
				-	15 b <sub>D</sub>	b <sub>D</sub>	1,0	-	50 b <sub>D</sub>	1,3 b <sub>D</sub>	1,3	1,3 b <sub>D</sub>	1,3
				-	8 b <sub>D</sub>	0,6 b <sub>D</sub>	0,6	-	35 b <sub>D</sub>	0,7 b <sub>D</sub>	0,7	0,7 b <sub>D</sub>	0,7
				-	9 b <sub>D</sub>	0,6 b <sub>D</sub>	0,6	-	35 b <sub>D</sub>	0,7 b <sub>D</sub>	0,7	0,7 b <sub>D</sub>	0,7
Metall-Weichstoffdichtungen		Weilichtring	weicher Stahl	-	10 b <sub>D</sub>	0,6 b <sub>D</sub>	0,6	-	45 b <sub>D</sub>	1 b <sub>D</sub>	1 b <sub>D</sub>	1,0	
				-	10 b <sub>D</sub>	b <sub>D</sub>	1,0	-	50 b <sub>D</sub>	1,4 b <sub>D</sub>	1,4	1,4 b <sub>D</sub>	1,4
				-	20 b <sub>D</sub>	b <sub>D</sub>	1,0	-	60 b <sub>D</sub>	1,6 b <sub>D</sub>	1,6	1,6 b <sub>D</sub>	1,6
				-	40 b <sub>D</sub>	b <sub>D</sub>	1,0	-	70 b <sub>D</sub>	1,8 b <sub>D</sub>	1,8	1,8 b <sub>D</sub>	1,8


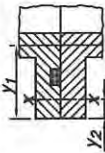
Fortsetzung auf Seite 9, Anmerkungen auf Seite 10

Tabelle 315 B (Fortsetzung)

Dichtungstungsart	Dichtungsform	Benennung	Wirkstoff	Dichtungskennwerte									
				für Flüssigkeiten				für Gase und Dämpfe					
				Vorformen		Betriebszustand	Vorformen		Betriebszustand	Vorformen		Betriebszustand	
				$k_o$ mm	$k_o \cdot K_D$ N/mm <sup>2</sup>	$k_1$ mm	$K_{df}$	$k_o$ mm	$k_o \cdot K_D$ N/mm <sup>2</sup>	$k_1$ mm	$K_{df}$	$K_{df}$	
Metall- dich- tungen		Metall- Flachdichtungen	-	-	0,8 $b_D$	-	$b_D + 5$	5	$b_D$	-	$b_D + 5$	5	5
		Metall- Spieskanten- dichtung	-	0,8	-	5	5	1	-	-	5	5	5
		Metall- Ovalprofil- dichtung	-	1,6	-	6	6	2	-	-	6	6	6
		Metall- Runddichtun- gen	-	1,2	-	6	6	1,5	-	-	6	6	6
		Ring-Joint- Dichtung	-	1,6	-	6	6	2	-	-	6	6	6
		Linse nach DIN 2696	-	1,6	-	6	6	2	-	-	6	6	6
		Kammprofil- dichtung 3*	-	$0,4\sqrt{n}$	-	$9 + 0,2n$	9	$0,5\sqrt{n}$	-	-	$9 + 0,2n$	9	9
		$n = \text{Anzahl der Kämme}$											

Fortsetzung und Anmerkungen auf Seite 10

**Tabelle 315 B** (Fortsetzung)

Dichtungstungsart	Dichtungsform	Benennung	Wirkstoff	Dichtungskennwerte						*1			
				für Flüssigkeiten			für Gase und Dämpfe						
				Voverformen		Betriebszustand	Verformen		Betriebszustand				
				$k_0$ mm	$k_0 \cdot K_0$ N/mm <sup>2</sup>	$k_1$ mm	$K_{diff}$ -	$k_0$ mm	$k_0 \cdot K_0$ N/mm <sup>2</sup>		$k_1$ mm	$K_{diff}$ -	
Metall-dichtungen		Membran-schweis-dichtung nach DIN 2695	-	0	-	0	5	0	0	5	0	0	2
		Rundschnur-Ring *4	Gummi und gummiähnliche Kunststoffe	0	-	0	2	0	-	0	-	0	2

Anmerkungen:

- \*1 Abweichungen sind mit Nachweis möglich.
- \*2 Für Beiwert C für Normflansche in SVTI 312.
- \*3 Werte gelten nicht für Dichtungen mit Auflagen.
- \*4 Schraubenkräfte im Verhältnis  $y_1/y_2$  erhöhen.



**9.2 Tabelle 315 C Formänderungswiderstand  $K_D$  und  $K_{DZ}$  von metallischen Dichtungswerkstoffen**

Dichtungswerkstoff	$K_D$ N/mm <sup>2</sup>	$K_{DZ}$ in N/mm <sup>2</sup>				
		100 °C	200 °C	300 °C	400 °C	500 °C
Aluminium, weich	100	40	20	(5)	–	–
Kupfer	200	180	130	100	(40)	–
Weicheisen	350	310	260	210	170	(80)
Stahl St 35	400	380	330	260	190	(120)
Legierter Stahl 13 CrMo 4.4	450	450	420	390	330	280
austenitischer Stahl	500	418	415	420	390	350

Zwischenwerte sind zu interpolieren

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Geltungsbereich . . . . .	1
2. Grundsätze . . . . .	1
3. Gestaltung der Ausschnitte . . . . .	2
4. Berechnung . . . . .	3
5. Gegenseitige Beeinflussung von Ausschnitten . . . . .	11
6. Kleinste Wanddicke im Ausschnittsbereich . . . . .	13

### 1. Geltungsbereich

Die nachstehenden Dimensionierungsregeln gelten für Ausschnittverstärkungen in schalenförmigen Teilen bei Beanspruchung unter Innendruck und/oder Aussendruck.

### 2. Grundsätze

#### 2.1 Verstärkungsregel

Ein Schalenausschnitt gilt als ausreichend verstärkt, wenn innerhalb der Begrenzungen gemäss Ziffern 4 und 5 die durch die Öffnung weggeschnittene, rechnerisch erforderliche Querschnittfläche durch Verstärkungsquerschnitte kompensiert werden. Als Verstärkungen gelten:

- 1) Schalenüberschuss
- 2) Stützenüberschüsse oder Blockflansche
- 3) Verstärkungsbleche

#### 2.2 Als Schalen werden bezeichnet:

- 1) Zylinder und konische Mäntel
- 2) gewölbte Böden, Halbkugeln und Kugeln

2.3 Die Dimensionierungsregeln gelten für runde Ausschnitte sowie andere Formen unter Beachtung der Ziffer 2.4, sofern die nachstehenden Festlegungen eingehalten werden:

- 1)  $0,002 \leq s / D_a \leq 0,1$

Für  $d_a / D_a \leq 0,3$  kann  $s / D_a \geq 0,001$  zugelassen werden.

$s$  = erforderliche Mindestwanddicke in mm, gemäss SVTI 301

$D_a$  = Aussendurchmesser Schale gemäss Ziffer 2.2 in mm

$d_a$  = Aussendurchmesser Ausschnitt in mm

- 2) Bei voller rechnerischer Ausnutzung der tragenden Querschnitte ist auf spannungs- und schweissgerechte Gestaltung zu achten (keine schroffen Übergänge, keine Kerben in Schweissnähten).
- 3) Ausschnitte ausserhalb des Bereichs  $0,8 D_a$  von Böden/Halbkugeln oder mit Anschlusswinkel  $< 30^\circ$  bei Zylindern/Konen sind zu vermeiden. Ist dies aus konstruktiven Gründen nicht möglich, so sind die besonderen Festlegungen in den Ziffern 4.3.2 und 4.3.3 für diese Ausschnittlage massgebend.
- 4) Die Verstärkungen müssen aus artgleichen Werkstoffen wie die Schale hinsichtlich Festigkeit und Dehnung hergestellt werden. Diese Anforderung gilt auch für die Schweissnähte.
- 5) Die Festigkeitskennwerte des Verstärkungswerkstoffs sind in den Dimensionierungsformeln zu berücksichtigen, falls sie kleiner sind als der Festigkeitskennwert der zu verstärkenden Wand.

### 2.4 Nicht runde Ausschnitte

- 1) Bei ovalen Ausschnitten ist die grösste Ausschnittbreite im jeweiligen Schalenschnitt massgebend.
- 2) Eckige Ausschnitte sind zu vermeiden, ein rechnerischer Ersatz durch einen Kreis in der Grösse der Diagonalen (Umkreis) ist in der Regel nicht zulässig. Eckige Ausschnitte sind möglich, wenn nachgewiesen wird, dass die zulässigen Beanspruchungen nicht überschritten werden.

## 3. Gestaltung der Ausschnitte

- 3.1 Ausschnitte dürfen nicht in Schalennähte bzw. in deren Einflusszone verlegt werden. Ist dies unvermeidbar, so ist die Schalennaht mindestens innerhalb der mittragenden Schalenbreite  $B$  gemäss Ziffer 4.2.3, 100% zerstörungsfrei (RT oder US) zu prüfen.
- 3.2 Ausschnitte sind ausserhalb des Bereichs von  $2 \times$  Wanddicke im Minimum 20 mm von der Schweissnaht entfernt anzuordnen. Werden Schalennähte durch Verstärkungsbleche nach Ziffer 4.2.5 abgedeckt, so ist der verdeckte Nahtteil blecheben abzarbeiten und 100% zerstörungsfrei (RT oder US) zu prüfen.
- 3.3 Die Schweissnahtdicke hat mindestens folgende Werte aufzuweisen:
  - 1) bei rohrförmigen Verstärkungen die Wanddicke des dünneren Teils der beiden Bauteile.

- 2) bei Verstärkungsblechen die Hälfte des Verstärkungsblechs, dabei sind die Konstruktionsgrundsätze für die Ausführung von Verstärkungen gemäss SVTI 404 und 405 einzuhalten.

## 4. Berechnung

### 4.1 Ausschnitte mit vereinfachtem Verstärkungsnachweis

Unter Berücksichtigung vorhandener Wanddickenüberschüsse in der Schale kann für Einzelausschnitte auf den Nachweis nach Ziffer 4.2 verzichtet werden, wenn die folgenden Bedingungen eingehalten sind:

$$1) d_a \leq \frac{2,4 \sqrt{D_a \cdot (s_e - c)}}{s} \quad (316.1)$$

$d_a$  = Ausschnittdurchmesser in mm

$D_a$  = Aussendurchmesser Schale gemäss Ziffer 2.3 in mm

$s_e$  = gewählte (nominelle) Wanddicke der Schale in mm

$s$  = rechnerisch erforderliche Mindestwanddicke der unverschwächten Schale in mm, gemäss den Dimensionierungsformeln der SVTI-Reihe 300; dabei ist der Schweisssfaktor als  $z = 1,0$  einzusetzen

$c$  = Zuschlag gemäss SVTI 301

- 2) Die Stegbreite  $T$  zu benachbarten Ausschnitten darf nicht kleiner sein als der Wert

$$T \leq 4,8 \sqrt{D_a \cdot (s_e - c)} \quad (316.2)$$

$T$  = Stegbreite in mm

$D_a$ ,  $s_e$  und  $c$  gemäss Abs. 1)

### 4.2 Ausschnitte mit Verstärkungsnachweis

#### 4.2.1 Ausgeschnittene Fläche und Ersatzfläche

Die ausgeschnittene und die Ersatzfläche müssen folgenden Bedingungen genügen:

$$A \leq A_1 + A_2 + A_3 \text{ oder } A \leq A_4 \quad (316.3)$$

$A$  = entfernter Querschnitt gemäss Ziffer 4.2.2

$A_1$  = mittragender Schalenüberschuss gemäss Ziffer 4.2.3

$A_2$  = mittragender Stützenanteil gemäss Ziffer 4.2.4

$A_3$  = mittragende Verstärkung gemäss Ziffer 4.2.5

$A_4$  = mittragender Blockflansch gemäss Ziffer 4.2.6

In Absprache mit dem SVTI kann im Einzelfall ein Manko der Ersatzfläche bis 10% toleriert werden. Dabei sind die nachstehenden Punkte zu berücksichtigen:

- 1) Objektart, Verwendungszweck und Betriebsweise
- 2) Auslegungsdaten und Werkstoffgüte

### 4.2.2 Entfernter Querschnitt A gemäss Fig. 316a

Fig. 316a1

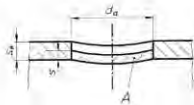


Fig. 316a2

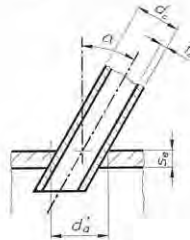


Fig. 316a3

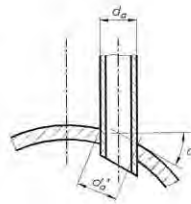
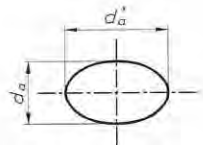


Fig. 316a4



$$A = d_a \cdot s$$

(316.4)

$d_a$  = Durchmesser des Ausschnittes in mm bzw.  $d'_a$ , sofern:

- a) geneigte Stützen mit  $\alpha > 20^\circ$ , gemäss Fig. 316a2
- b) nicht radiale Stützenanordnung mit  $\alpha > 20^\circ$ , gemäss Fig. 316a3
- c) ovale Ausschnitte, gemäss Fig. 316a4

$s$  = rechnerische Schalenwanddicke ohne Zuschlag  $c$  in mm entsprechend der SVTI-Reihe 300, dabei ist:

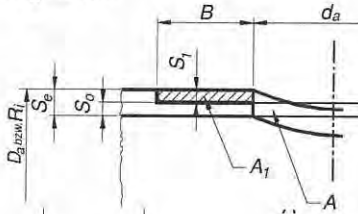
- a) der Schweissfaktor  $z = 1$  einzusetzen
- b) bei Böden und Halbkugeln die rechnerische Wanddicke für den Krepfen- und für den Kalottenbereich gemäss SVTI 307 oder 308 zu beachten

$s_e \geq s + c$  = gewählte (nominelle) Wanddicke in mm, gemäss SVTI 301

$c$  = Zuschlag in mm gemäss SVTI 301

**4.2.3 Mittragender Schalenüberschuss  $A_1$  gemäss Fig. 316b**

**Fig. 316b**



- $D_a$  = Aussendurchmesser der Schale in mm
- $R_i$  = Bodeninnenradius in mm
- $s_e$  = gewählte (nominelle) Wanddicke in mm
- $s_0$  = erforderliche Wanddicke in mm, inkl. Zuschlag ( $z = 1,0$ )
- $c$  = Zuschlag in mm, gemäss SVTI 301

$$A_1 = 2 \cdot B \cdot s_1 \quad (316.5)$$

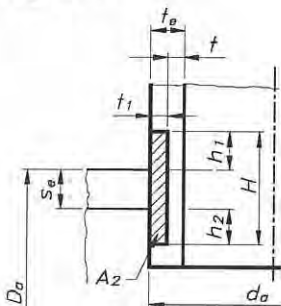
$B$  = mittragende Breite in mm:

- a) bei Zylindern und Böden im Bereich  $> 0,8 D_a$   $B_x \leq \sqrt{D_a \cdot (s_e - c)}$
- b) bei Böden im Bereich  $\leq 0,8 D_a$   $B_y = \sqrt{2R_i (s_e - c)}$

$s_1 = s_e - c - s =$  Schalenüberschuss in mm

**4.2.4 Mittragender Stützteil  $A_2$  gemäss Fig. 316c**

**Fig. 316c**



- $t_e$  = gewählte (nominelle) Wanddicke in mm
- $t$  = erforderliche Wanddicke in mm, ohne Zuschlag ( $z = 1,0$ ), gemäss SVTI 313
- $d_a$  = Ausschnitt Aussendurchmesser in mm
- $c$  = Zuschlag in mm, gemäss SVTI 301
- $q$  = Festigkeitsrelation
- $q = \frac{f \text{ Stutzen}}{f \text{ Schale}} \leq 1,0$
- $f$  = zulässige Spannung in  $N/mm^2$  gemäss SVTI 301

$$A_2 = 2 \cdot H \cdot t_1 \cdot q \quad (316.6)$$

H = mitttragende Höhe in mm und zwar:

H =  $h_1 + s_e + h_2$  dabei ist:

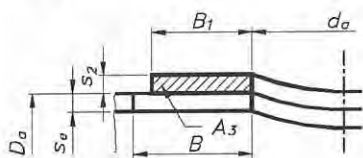
$$h_1 \leq 1,25 \sqrt{d_a \cdot (t_e - c)}$$

$$h_2 \leq 0,5 \cdot h_1$$

$t_1 = t_e - c - t =$  Stützenüberschuss in mm

### 4.2.5 Verstärkungsblech $A_3$ gemäss Fig. 316d

Fig. 316d



q = Festigkeitsrelation

$$q = \frac{f \text{ Verstärkung}}{f \text{ Schale}} \leq 1,0$$

f = zulässige Spannung in  $\text{N/mm}^2$ ,  
gemäss SVTI 301

Bei Verstärkungen von Böden müssen die Verstärkungsbleche innerhalb des Bereichs  $0,9 \cdot D_a$  liegen, gemäss Fig. 316f.

$$A_3 = 2 \cdot B_1 \cdot s_2 \cdot q \quad (316.7)$$

$B_1 =$  Breite Verstärkungsblech in mm, und zwar:

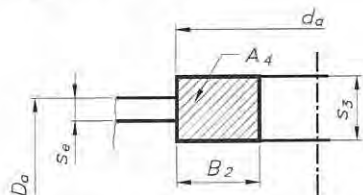
$B_1 \leq B$  gemäss Ziffer 4.2.3

$s_2 =$  Wanddicke Verstärkungsblech in mm, und zwar:

$s_2 = 0,7$  bis  $1,2 \cdot s_e$

### 4.2.6 Blockflansch $A_4$ gemäss Fig. 316e

Fig. 316e



q = Festigkeitsrelation

$$q = \frac{f \text{ Blockflansch}}{f \text{ Schale}} \leq 1,0$$

f = zulässige Spannung in  $\text{N/mm}^2$ ,  
gemäss SVTI 301

Die Schraubenlöcher bleiben unberücksichtigt.





- 8)  $C_x = \frac{d_a'}{d_a}$  = Beiwert für Ausschnitteil im Bereich  $> 0,8 D_a$
- 9)  $C_y = \frac{d_a - d_a'}{d_a}$  = Beiwert für Ausschnitteil im Bereich  $\leq 0,8 D_a$
- 10)  $B_x$  = mittragende Breite im Bereich  $> 0,8 D_a$ , gemäss Ziffer 4.2.3
- 11)  $B_y$  = mittragende Breite im Bereich  $\leq 0,8 D_a$ , gemäss Ziffer 4.2.3

**4.3.2 Ausschnitte vollumfänglich im Bereich  $\leq 0,8 D_a$  (Regelfall)**

Befinden sich Ausschnitte vollumfänglich im Bereich  $\leq 0,8 \cdot D_a$  gemäss Fig. 316f, so gelten für den Flächenersatz die nachfolgenden Festlegungen:

- a)  $A \leq A_1 + A_2 + A_3$  oder  $A \leq A_4$  gemäss Formel (316.3)
- b)  $t_e \leq 2 \cdot s_e$

**4.3.3 Ausschnitte vollumfänglich oder partiell im Bereich  $> 0,8 D_a$  (Sonderfall)**

1) Befinden sich Ausschnitte vollumfänglich im Bereich  $> 0,8 \cdot D_a$  gemäss Fig. 316f, so gelten für den Flächenersatz die nachfolgenden Festlegungen:

- a)  $A \leq A_1 + A_2 + A_3$  oder  $A \leq A_4$  gemäss Formel (316.3)
- b)  $t_e \leq s_e$
- c)  $A_3 = 0$ , Verstärkung nach Ziffer 4.2.5 ist nicht zulässig
- d)  $A_4$  = Blockflansch nach Ziffer 4.2.6 ist nur zulässig in den nachfolgenden Grenzen:

- 1) wenn die Aussenkante vom Blockflansch innerhalb von  $0,9 \cdot D_a$  und nicht im Krepfenbereich ( $\leq 0,8 \cdot D_a$ ) liegt, mit Ausnahme von Abs. 2)
- 2) wenn der Blockflansch im Krepfenbereich ( $> 0,8 \cdot D_a$ ) ausserhalb von  $0,9 \cdot D_a$  und der Ausschnitt  $d_a \leq 0,1 \cdot D_a$  ist.

2) Bestimmung von Flächen für Ausschnitte partiell im Bereich  $> 0,8 \cdot D_a$

$$a) A = C_x \cdot d_a \cdot s_x + C_y \cdot d_a \cdot s_y \quad (316.9)$$

$$b) t_e \leq s_e$$

$$c) A_1 = C_x \cdot 2 \cdot B_x \cdot (s_e - c - s_x) + C_y \cdot 2 \cdot B_y \cdot (s_e - c - s_y) \quad (316.10)$$

$$d) A_2 = \text{entsprechend der Ziffer 4.2.4}$$

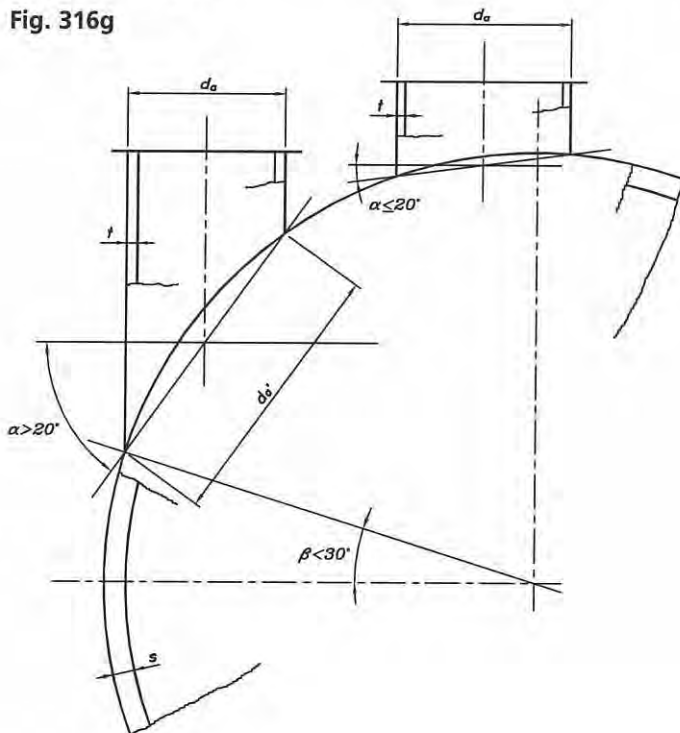
$$e) A_3 = 0, \text{ Verstärkung nach Ziffer 4.2.5 ist nicht zulässig}$$

- f)  $A_4$  = Blockflansch nach Ziffer 4.2.6 ist nur zulässig in den nachfolgenden Grenzen:
- 1) wenn die Aussenkante vom Blockflansch innerhalb von  $0,9 \cdot D_a$  und nicht im Krepfenbereich ( $\leq 0,8 \cdot D_a$ ) liegt, mit Ausnahme von Abs. 2)
  - 2) wenn der Blockflansch im Krepfenbereich ( $> 0,8 \cdot D_a$ ) ausserhalb von  $0,9 \cdot D_a$  und der Ausschnitt  $d_a \leq 0,1 \cdot D_a$  ist.

#### 4.4 Ausschnitte bei Zylindern, Konen und Kugelschalen

##### 4.4.1 Voraussetzungen

Fig. 316g



Die Festlegungen gemäss der Fig. 316g sind zu beachten und zwar:

- 1)  $s$  = rechnerisch erforderliche Mindestwanddicke in mm, ohne Zuschlag
- 2)  $s_e \geq s + c$  = gewählte (nominelle) Wanddicke in mm, gemäss SVTI 301

- 3)  $t$  = rechnerisch erforderliche Mindestwanddicke in mm, ohne Zuschlag
- 4)  $t_e \geq t + c$  = gewählte (nominelle) Wanddicke in mm, gemäss SVTI 301
- 5)  $c$  = Zuschläge in mm, gemäss SVTI 301
- 6)  $\alpha$  = Ansatzwinkel; bei  $\alpha > 20^\circ$  ist  $d_a'$  statt  $d_a$  zu berücksichtigen
- 7)  $\beta$  = Anschlusswinkel zur Aussenkante. Ausschnitt; bei  $\beta \geq 30^\circ$  sind die Festlegungen der Ziffer 4.4.2, bei  $\beta < 30^\circ$  sind die Festlegungen der Ziffer 4.4.3 massgebend

### 4.4.2 Ausschnitte im Bereich $\beta \geq 30^\circ$ (Regelfall)

Befinden sich Ausschnitte vollumfänglich im Bereich  $\beta \geq 30^\circ$  gemäss Fig. 316g, so gelten für den Flächenersatz die nachfolgenden Festlegungen:

- a)  $A \leq A_1 + A_2 + A_3$  oder  $A \leq A_4$  gemäss Formel (316.3)
- b)  $t_e \leq 2 \cdot s_e$

### 4.4.3 Ausschnitte im Bereich $\beta < 30^\circ$ (Sonderfall)

Befinden sich Ausschnitte vollumfänglich oder partiell im Bereich  $\beta < 30^\circ$  gemäss Fig. 316g, so gelten für den Flächenersatz die nachfolgenden Festlegungen:

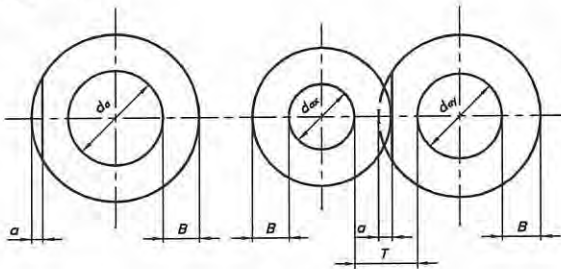
- a)  $A \leq A_1 + A_2 + A_3$  oder  $A \leq A_4$  gemäss Formel (316.3)
- b)  $t_e \leq 2 \cdot s_e$
- c)  $A_3$  = Verstärkung nach Ziffer 4.2.5 ist nur zulässig in der folgenden Grenze, und zwar:  $s_2 \leq 0,8 s_e$  gemäss Fig. 316d
- d)  $A_4$  = Blockflansch gemäss Ziffer 4.2.6 ist nicht zulässig
- e) Bei Halbkugel- und Kugelschalen ist die grössere Wanddicke für diesen Bereich gemäss den Festlegungen in SVTI 308 zu berücksichtigen.



- 3) Im Einzelfall, sofern konstruktiv nicht anders möglich, kann in Absprache mit dem SVTI die Stegbreite  $T$  kleiner ausgeführt werden, dabei sind folgende Kriterien zu berücksichtigen:
- Objektart und Verwendungszweck
  - Auslegungsdaten und Werkstoffgüte

### 5.3 Angeschnittene Flächen $A_1$ und/oder $A_3$

Fig. 316i



Die Festlegungen gemäss der Fig. 316i sind zu beachten, und zwar:

- $a$  = Anschnitt der Breite  $B$
- $B$  = mittragende Breite gemäss Ziffer 4.2.3  
Im Einzelfall kann die erforderliche mittragende Breite  $B$  eine Abplattung der Grösse

$$a \leq 0,3 B \quad (316.14)$$

aufweisen, und zwar für:

- $A_1$  = Schalenüberschuss gemäss Ziffer 4.2.3
- $A_3$  = Verstärkungsblech gemäss Ziffer 4.2.5
- In der Regel sind für Ausschnitte gemäss der Ziffer 4.3.3 bei Böden oder gemäss Ziffer 4.4.3 bei Zylindern, Konen und Kugelschalen keine Abplattungen vorzusehen.

## **6. Kleinste Wanddicke im Ausschnittsbereich**

### **6.1 Schalenbereich**

Die Mindestwanddicke von Schalenteilen muss unabhängig von einer allfälligen Verstärkung den Anforderungen gemäss SVTI 301 genügen.

### **6.2 Stützen**

- 1) Die Mindestwanddicke von Stützen muss unabhängig von einer allfälligen Verstärkung den Anforderungen gemäss SVTI 313 genügen.
- 2) Die Mindestwanddicke für den Flanschansatz ist in SVTI 314, Ziffer 5.1.3. Absatz 4) festgehalten.

## **Inhaltsverzeichnis**

	Seite
1. Geltungsbereich .....	1
2. Grundsätze .....	1

### **1. Geltungsbereich**

Die nachstehenden Grundsätze enthalten das Vorgehen und die zu beachtenden Voraussetzungen, wenn bei Sonderkonstruktionen die Festlegungen in den SVTI-Vorschriften Band 1 bzw. der einzelnen SVTI-Fachvorschriften der Reihe 600 bis 900 nicht zweckmässig sind.

### **2. Grundsätze**

#### **2.1 Auslegung nach anderen Vorschriften**

- 2.1.1 Im Einzelfall können Objekte mit Dimensionierung nach anderen Regelwerken anerkannt werden. Dabei sind dem SVTI eine vollständige Berechnung vorzulegen und auf Verlangen Ausschnitte des betreffenden Regelwerkes zuzustellen.
- 2.1.2 Müssen Objekte auf Verlangen des Betreibers den Anforderungen von mehr als einem Regelwerk genügen, sind mindestens die Anforderungen der SVTI-Vorschriften einzuhalten. Abweichungen sind mit dem SVTI zu vereinbaren.

#### **2.2 Spannungsanalysen**

- 2.2.1 Für aussergewöhnliche Verhältnisse und Konstruktionen hat der Hersteller für seinen Ausführungsvorschlag auf Verlangen des SVTI einen Spannungsnachweis nach einem geeigneten Berechnungsverfahren zu erbringen.
- 2.2.2 Bei Konstruktionen mit unübersichtlichen Spannungsverhältnissen behält sich der SVTI vor, Dehnungsmessungen am fertigen Objekt oder in aussagefähigen Modellen zu verlangen.
- 2.2.3 Gestützt auf eingehende Spannungsanalysen, mit welchen in der Regel Dehnungsmessungen zu verbinden sind, können im Einvernehmen mit dem SVTI höhere Spannungswerte als gemäss SVTI 301 zugelassen werden.

2.2.4 Der verlangte Mindestwert für das Verhältnis: 
$$\frac{\text{Berstüberdruck}}{\text{zulässiger Betriebs-Überdruck}}$$

wird vom SVTI unter Berücksichtigung der Werkstoffeigenschaften und der Berechnungstemperatur des Objektes von Fall zu Fall festgelegt. Im Regelfall muss der Mindestwert 20% höher sein als der zum Werkstoff gehörende Sicherheitsfaktor  $x_1$  gemäss SVTI 301.