

Fluidtechnik

O-Ringe

Berechnungsverfahren und Maße der Einbauräume

DIN
3771
Teil 5

Fluid systems; O-rings; methods for calculation and dimensions of housings

Maße in mm

1 Anwendungsbereich

Diese Norm enthält die Berechnungsgrundlagen und die daraus errechneten Maße von Einbauräumen für O-Ringe nach DIN 3771 Teil 1. Einbauräume für andere O-Ringe können ebenfalls nach dieser Norm errechnet werden. Die Basisbedingungen, die für die Berechnungen zugrunde gelegt sind, d. h. O-Ring-Dehnung oder -Stauchung, Querschnittsverringern, Verpressung oder Quellung sind ebenfalls beschrieben.

2 Einbaufälle

Die folgenden Einbaufälle sind bei der Berechnung eingeschlossen.

2.1 Radiale O-Ring-Pressung

- Abdichten an ruhenden Teilen für Hydraulik und Pneumatik
- Abdichten an bewegten Teilen für Hydraulik und Pneumatik

2.2 Axiale O-Ring-Pressung

- Innendruck
- Außendruck

Anmerkung zu 2.1 und 2.2: Die Berechnungen basieren auf Elastomermischungen von 70 IRHD. Der Einsatztemperaturbereich ist abhängig vom ausgewählten Elastomer. Falls Drücke über 100 bar zu erwarten sind, kann es erforderlich sein, die Härte zu erhöhen oder Stützringe vorzusehen. Um den Extrusionswiderstand zu verbessern, kann auch das Durchmesserspiel (2 g) verringert werden.

3 Maßbuchstaben

Folgende Maßbuchstaben werden in dieser Norm verwendet:

- b_1 Breite des O-Ring-Einbauraumes
- b_2 Breite des O-Ring-Einbauraumes mit einem Stützring
- b_3 Breite des O-Ring-Einbauraumes mit zwei Stützringen
- b_4 Breite des O-Ring-Einbauraumes bei axialem Einbau

- d_1 Innendurchmesser des O-Rings
- d_2 Querschnittsdurchmesser des O-Rings
- Δd_2 Querschnittsverringern bei Dehnung auf d_3
- d_3 Innendurchmesser des Einbauraumes (Nutgrunddurchmesser)
- d_4 Bohrungsdurchmesser
- d_5 Stangendurchmesser
- d_6 Außendurchmesser des Einbauraumes (Nutgrunddurchmesser)
- d_7 Außendurchmesser des Einbauraumes bei axialem Einbau und Innendruck
- d_8 Innendurchmesser des Einbauraumes bei axialem Einbau und Außendruck
- d_9 Kolbendurchmesser
- d_{10} Bohrungsdurchmesser
- 2 g Durchmesserspiel
- h Axiale Höhe des Einbauraumes bei axialem Einbau
- K Stauchung des O-Rings
- r_1 Radius am Boden des Einbauraumes
- r_2 Radius der Kante des Einbauraumes
- t_1 Radiale Tiefe des Einbauraumes bei radialem Einbau
- V_h Kleinstes Volumen des O-Ring-Einbauraumes
- V_o Größtes Volumen des O-Rings
- V_r Ungefähres Volumen des O-Ring-Einbauraumes abzüglich der Radien
- Y Dehnung des O-Rings
- z Länge der Einführungsschräge

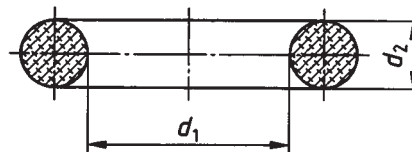
4 Einbauräume der O-Ringe**4.1 Allgemeines****4.1.1 O-Ringe**

Bild 1. O-Ring

Fortsetzung Seite 2 bis 24

Normenausschuß Kautschuktechnik (FAKAU) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.
Normenausschuß Maschinenbau (NAM) im DIN

4.1.2 Stützringe



Bild 2. Typische Ausführungsformen

Anmerkung: In dieser Norm sind keine Maße, Ausführungen oder Werkstoffe von Stützringen genormt. Es ist immer erforderlich, den jeweiligen Einbaufall zu beachten, wenn Stützringe verwendet werden sollen.

4.1.3 Beispiele von O-Ring-Einbauträumen

Die Bilder 3 und 4 zeigen Beispiele typischer O-Ring-Einbauträume mit Stützringen oder ohne Stützringe.

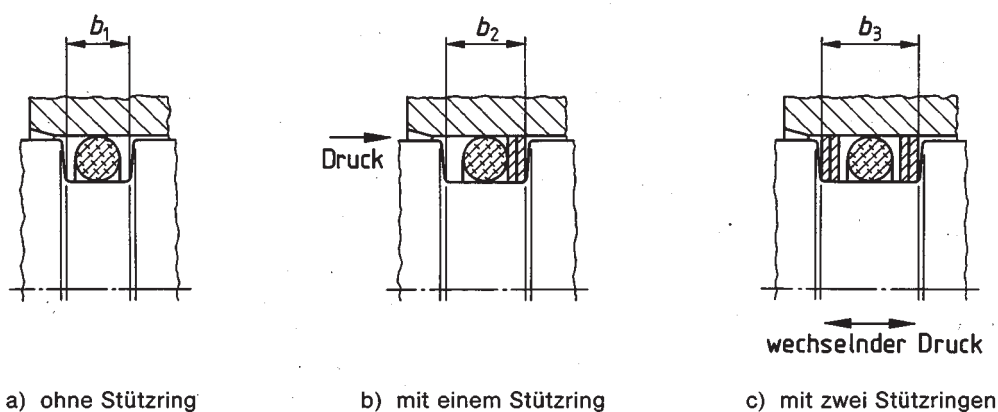


Bild 3. Kolbenabdichtungen

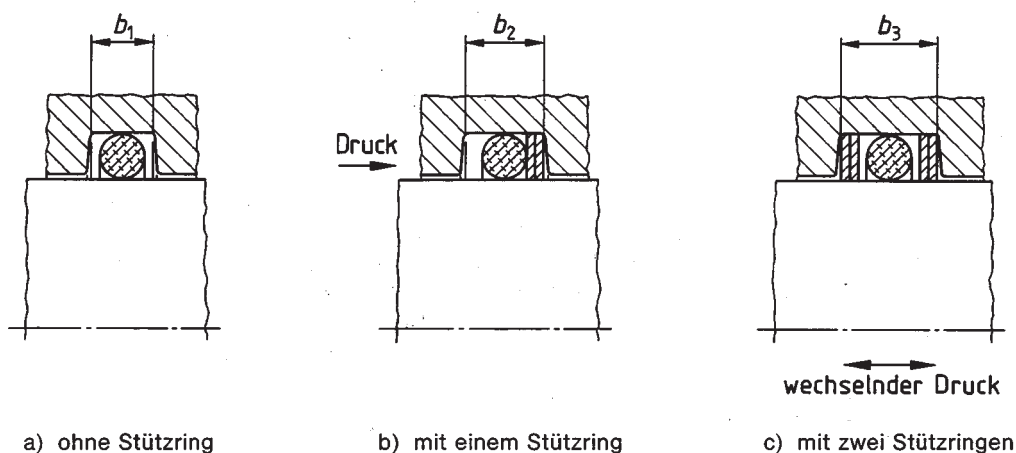


Bild 4. Stangenabdichtungen

Das Bild 5 zeigt einige O-Ring-Einbauträume für axiale Abdichtungen.

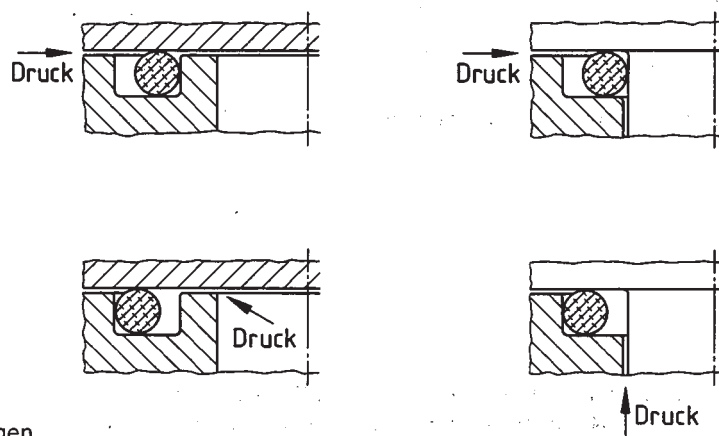


Bild 5. Axiale Abdichtungen

4.2 Ausführung der Einbauräume

4.2.1 Einbauraum, O-Ring außendichtend

Bild 6 zeigt ein Beispiel eines typischen O-Ring-Einbauraumes, außendichtend. Oberflächenbeschaffenheit siehe Abschnitt 4.3.

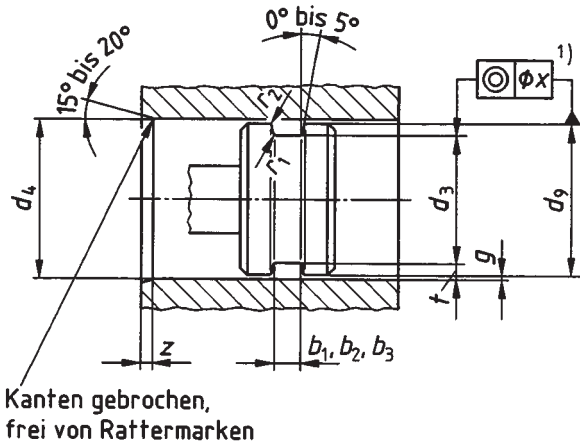


Bild 6. Einbauraum, O-Ring außendichtend

4.2.2 Einbauraum, O-Ring innendichtend

Bild 7 zeigt ein Beispiel eines typischen O-Ring-Einbauraumes, innendichtend. Oberflächenbeschaffenheit siehe Abschnitt 4.3.

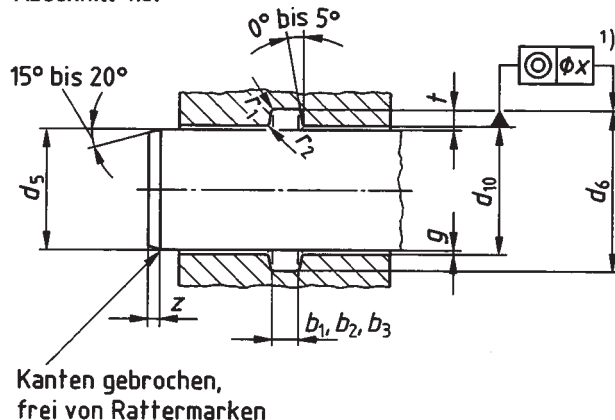


Bild 7. Einbauraum, O-Ring innendichtend

4.2.3 Einbauraum, O-Ring axialdichtend

Bild 8 zeigt ein Beispiel eines typischen O-Ring-Einbauraumes, axialdichtend. Oberflächenbeschaffenheit siehe Abschnitt 4.3.

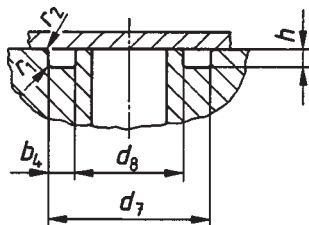


Bild 8. Einbauraum, O-Ring axialdichtend

4.3 Oberflächenbeschaffenheit

Die Anforderungen an die Oberflächenbeschaffenheit der Teile, die in Kontakt mit dem O-Ring stehen, sind abhängig vom Einsatz und den Lebensdauer-Anforderungen und sind in Absprache zwischen Hersteller und Anwender festzulegen.

¹⁾ x siehe Abschnitt 4.6

4.4 Radien am Boden und an den Kanten des Einbauraumes

Es sind die Radien nach Tabelle 1 zu verwenden.

Tabelle 1. Radien

d_2	r_1	r_2 $\pm 0,1$
1,8	$0,3 \pm 0,1$	0,2
2,65		
3,55	$0,6 \pm 0,2$	
5,3		
7	$1,0 \pm 0,2$	

4.5 Einführungsschrägen

Um Beschädigungen der O-Ringe beim Einbau zu vermeiden, bzw. eine fachgerechte Montage zu ermöglichen, ist eine Einführungsschräge vorzusehen. Der Winkel zwischen Einführungsschräge und der Geraden muß zwischen 15° und 20° liegen.

Die Länge z der Einführungsschräge darf nicht kleiner sein als in Tabelle 2 angegeben. Die Kanten der Einführungsschräge müssen abgerundet und gratfrei sein.

Tabelle 2. Länge der Einführungsschräge

d_2	1,8	2,65	3,55	5,3	7
z min.	1,1	1,5	1,8	2,7	3,6

4.6 Koaxialitätstoleranzen des Einbauraumes

Die Koaxialitätstoleranz x zwischen den Einbauraum-Durchmessern d_{10} und d_6 sowie d_9 und d_3 beträgt für

- d_3 bzw. d_{10} bis 50 mm: 0,025 mm
- d_3 bzw. d_{10} über 50 mm: 0,05 mm.

4.7 Grenzabmaße der Einbauraum-Durchmesser

Die zu verwendenden Grenzabmaße ergeben sich aus den in Tabelle 3 aufgeführten ISO-Toleranzfeldern.

Tabelle 3. ISO-Toleranzfelder der Einbauraum-Durchmesser

Durchmesser		ISO-Toleranzfeld
Bohrungsdurchmesser	d_4	H8
Kolbendurchmesser	d_9	f7
Stangendurchmesser	d_5	f7
Bohrungsdurchmesser	d_{10}	H8
Innendurchmesser des Einbauraumes	d_3	bei dyn. Anwendung: h9 bei stat. Anwendung: h11
Außendurchmesser des Einbauraumes	d_6	bei dyn. Anwendung: H9 bei stat. Anwendung: H11
Axial-Außendurchmesser	d_7	H11
Axial-Innendurchmesser	d_8	h11

4.8 Maße der Einbauraum-Breiten von Einbauträumen mit O-Ringen außen- und innendichtend

Die Maße der Einbauraum-Breiten b_1 , b_2 und b_3 sind aus der Tabelle 4 zu entnehmen.

Tabelle 4. Einbauraum-Breiten bei radialer O-Ring-Pressung

d_2	1,8			2,65			3,55			5,3			7		
Anwendung	b_1 $+0,25$ 0	b_2 $+0,25$ 0	b_3 $+0,25$ 0	b_1 $+0,25$ 0	b_2 $+0,25$ 0	b_3 $+0,25$ 0	b_1 $+0,25$ 0	b_2 $+0,25$ 0	b_3 $+0,25$ 0	b_1 $+0,25$ 0	b_2 $+0,25$ 0	b_3 $+0,25$ 0	b_1 $+0,25$ 0	b_2 $+0,25$ 0	b_3 $+0,25$ 0
Hydraulik, ruhend und bewegt	2,4	3,8	5,2	3,6	5	6,4	4,8	6,2	7,6	7,1	9	10,9	9,5	12,3	15,1
Pneumatik, bewegt	2,2	—	—	3,4	—	—	4,6	—	—	6,9	—	—	9,3	—	—

4.9 Maße von Einbauträumen bei axialer O-Ring-Pressung (axialdichtend)

Die Maße der Einbauraum-Breiten b_4 und -Höhen h sind in den Tabellen 5 und 6 enthalten.

Grenzabmaße der Durchmesser siehe Tabelle 3

Tabelle 5. Einbauraum-Breiten b_4

d_2	1,8	2,65	3,55	5,3	7
b_4 $+0,25$ 0	2,6	3,8	5	7,3	9,7

Tabelle 6. Einbauraum-Höhen h

d_2	1,8	2,65	3,55	5,3	7
h $+0,1$ 0	1,28	1,97	2,75	4,24	5,72

Anmerkung: Die Einbauraum-Abmessungen errechnen sich wie folgt:

$$d_{7\text{nenn}} = d_{1\text{nenn}} + 2 d_{2\text{nenn}} \quad (\text{bei Innendruck})$$

$$d_{8\text{nenn}} = d_{1\text{nenn}} \quad (\text{bei Außendruck})$$

Tabelle 7. Zulässige Dehnung Y

Anwendung	O-Ring-Innendurchmesser d_1	Zulässige Dehnung Y des O-Ring-Innendurchmessers % max.
Pneumatik und Hydraulik, bewegt	von 0 bis 4,5	11
Pneumatik und Hydraulik, ruhend	von 0 bis 4,5	16
Pneumatik und Hydraulik, ruhend und bewegt	von 4,87 bis 13,2	10
	von 14 bis 38,7	8
	von 40 bis 97,5	7
	von 100 bis 200	6
	von 206 bis 250	5
Pneumatik und Hydraulik, ruhend	von 258 bis 400	5
	von 412 bis 670	4

4.10 Kriterien für die Berechnung der Einbauträume

Die Einbauträume sind unter Zugrundelegung der vorstehenden Festlegungen sowie folgender Kriterien ausgerechnet worden:

- Dehnung Y oder Stauchung K des O-Rings
- Querschnittsverringern des O-Rings
- Verpressung des O-Rings
- Quellung des O-Rings
- Wärmedehnung des O-Rings

4.10.1 O-Ring-Dehnung oder Stauchung

4.10.1.1 Einbauträume, O-Ring außendichtend (siehe Bild 6)

Es ist lediglich die Dehnung Y des O-Ring-Innendurchmessers zugelassen, d. h. ein Spielraum zwischen d_3 und d_1 ist nicht gestattet.

Minimale Dehnung $Y_{\min} = 0$

damit: $d_{3\min} = d_{1\max}$

Werte der maximal zulässigen Dehnung Y siehe Tabelle 7.

Tatsächliche Dehnung:

$$Y = \frac{d_{3\max} - d_{1\min}}{d_{1\min}} \cdot 100 \text{ in \%} \quad (1)$$

Tabelle 8. Zulässige Stauchung K

Anwendung	O-Ring-Innendurchmesser d_1	Zulässige Stauchung K des O-Ring-Außendurchmessers % max.
Pneumatik und Hydraulik, bewegt	von 2 bis 3	13
Pneumatik und Hydraulik, ruhend	von 2 bis 3	16
Pneumatik und Hydraulik, ruhend und bewegt	von 3,75 bis 10	9
	von 10,6 bis 25	7
	von 25,8 bis 60	6
	von 61,5 bis 125	5
	von 128 bis 250	4
Pneumatik und Hydraulik, ruhend	von 258 bis 670	3

4.10.1.2 Einbauräume, O-Ring innendichtend (siehe Bild 7)

Es ist lediglich die Stauchung K des O-Ring-Außendurchmessers zugelassen, d. h. ein Spielraum zwischen d_6 und $(d_1 + 2d_2)$ ist nicht zugelassen.

Minimale Stauchung $K_{\min} = 0$

damit: $d_{6\max} = d_{1\min} + 2d_{2\min}$

Werte der zulässigen Stauchung K siehe Tabelle 8.

Tatsächliche Stauchung:

$$K = \frac{(d_{1\max} + 2d_{2\max}) - d_{6\min}}{d_{1\max} + 2d_{2\max}} \cdot 100 \text{ in \%} \quad (2)$$

$$d_{6\min} = (d_{1\max} + 2d_{2\max}) \left(1 - \frac{K}{100}\right) \quad (3)$$

4.10.1.3 Einbauräume, O-Ring axialdichtend (siehe Bild 8)

Der Bereich der Einbauraum-Durchmesser, in dem ein bestimmter O-Ring eingebaut werden kann, wird wie folgt abgeleitet:

Innendruck

Werte der maximal zulässigen Stauchung K des O-Ring-Außendurchmessers siehe Tabelle 9.

$$d_{7\max} = d_{1\text{nenn}} + 2d_{2\text{nenn}} + \text{oberes Grenzabmaß von H11} \quad (4)$$

$$d_{7\text{nenn}1} = d_{7\max} - \text{oberes Grenzabmaß von H11} \quad (5)$$

$$= d_{1\text{nenn}} + 2d_{2\text{nenn}} \quad (6)$$

Die maximal zulässige Stauchung K bezieht sich auf den Nenn-Durchmesser plus seinem oberen Grenzabmaß

$$d_{7\min} = (d_{7\max}) \left(1 - \frac{K}{100}\right) \quad (7)$$

$$d_{7\text{nenn}2} = d_{7\min} \quad (8)$$

Der Axial-Außendurchmesserbereich liegt zwischen $d_{7\text{nenn}1}$ und $d_{7\text{nenn}2}$.

Außendruck

Werte der maximal zulässigen Dehnung Y des O-Ring-Innendurchmessers siehe Tabelle 9.

$$d_{8\max} = d_{1\text{nenn}} \left(1 + \frac{Y}{100}\right) = d_{8\text{nenn}1} \quad (9)$$

$$d_{8\min} = d_{1\text{nenn}} \quad (10)$$

$$d_{8\text{nenn}2} = d_{1\text{nenn}} + \text{oberes Grenzabmaß von H11} \quad (11)$$

Der Axial-Innendurchmesserbereich liegt zwischen $d_{8\text{nenn}1}$ und $d_{8\text{nenn}2}$.

Tabelle 9. Dehnung oder Stauchung

Nenn- durchmesser d_1	Innendruck		Außendruck
	von	bis	Zulässige Dehnung Y des O-Ring- Innendurchmessers %
10	97,5	1% oder maximal 0,8 mm, je nach dem, welcher Wert kleiner ist	4
100	200		3
206	670		2

4.10.2 Querschnittsverringering bei Dehnung auf d_3

Werden O-Ringe gedehnt, so erfolgt eine Verringerung des Querschnitts. Dies kann mit folgender Formel berechnet werden:

Maximale Querschnittsverringering:

$$\Delta d_2 = d_2 \left(\sqrt{0,06 \cdot \frac{d_3 - d_1}{d_1} + \left(0,06 \cdot \frac{d_2}{d_1}\right)^2} - 0,06 \cdot \frac{d_2}{d_1} \right) \quad (12)$$

4.10.3 Verpressung des O-Rings

Bild 9 zeigt die maximal zulässigen Verpressungen für Kolben-Einbauräume, Bild 10 die für Stangen-Einbauräume.

Es kann Sonderanwendungen geben, wo diese Verpressungen durch Änderung der Einbauraum-Breite vergrößert oder verkleinert werden müssen, um zu einer optimalen Gestaltung der Abdichtung zu kommen. Die Dehnung und Querschnittsverringering sollten jedoch nicht geändert werden.

4.10.4 Quellung des O-Rings

Wenn O-Ring-Werkstoffe in Kontakt mit Flüssigkeiten kommen, können sie einen gewissen Anteil dieser Flüssigkeiten aufnehmen. Die Aufnahmefähigkeit ist abhängig von den verschiedenen Flüssigkeiten.

Das Volumen des O-Ring-Einbauraums sollte so ausgelegt sein, daß die Quellung des O-Rings durch die Flüssigkeit und die Ausdehnung infolge erhöhter Temperatur aufgenommen werden können. Eine volumetrische Quellung von 15% ist bei der Berechnung der Einbauraum-Breite b_1 für ruhende Anwendung berücksichtigt worden. Bei bewegter Anwendung sollten 8% nicht überschritten werden.

Negative Quellung (Schrumpfung) sollte immer vermieden werden.

Wird in Ausnahmefällen eine Quellung von mehr als 15% erwogen, muß eine geeignete Vergrößerung der Einbauraum-Breite vorgesehen werden.

4.10.5 Einbauraum-Breite

Kolbenabdichtungen:

$$b_{1\min} = \frac{1,15 V_o + V_{r1}}{0,7854 (d_{4\min}^2 - d_{3\max}^2)} \quad (13)$$

Stangenabdichtungen:

$$b_{1\min} = \frac{1,15 V_o + V_{r2}}{0,7854 (d_{6\min}^2 - d_{5\max}^2)} \quad (14)$$

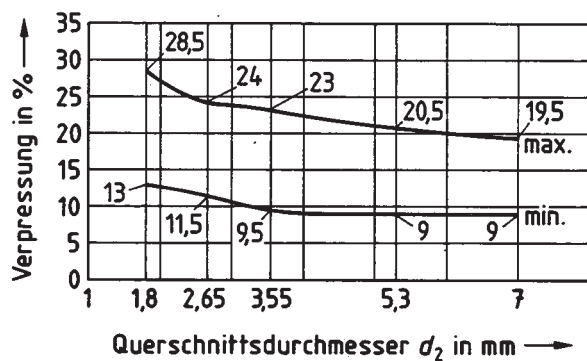
In den Gleichungen 13 und 14 bedeuten:

$$V_o = 2,4674 (d_{1\max} + d_{2\max}) (d_{2\max}^2)$$

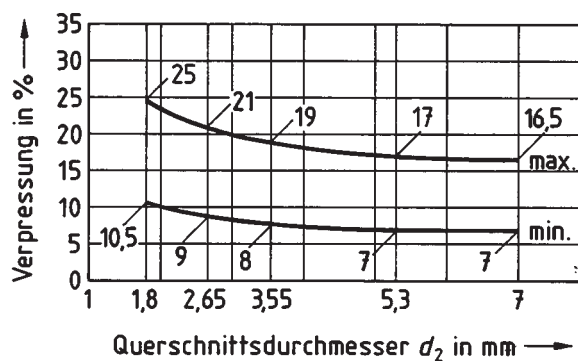
$$V_h = V_o \cdot 1,15$$

$$V_{r1} = 1,35 \cdot d_{3\max} \cdot r_{1\max}^2$$

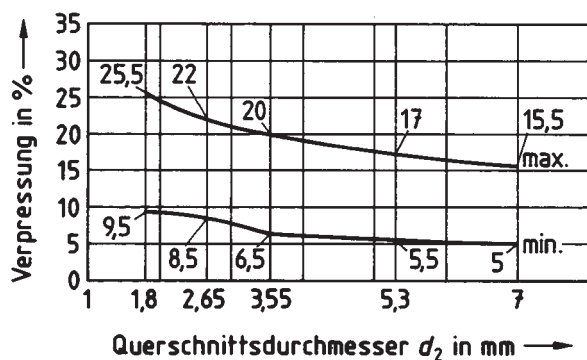
$$V_{r2} = 1,35 \cdot d_{6\max} \cdot r_{1\max}^2$$



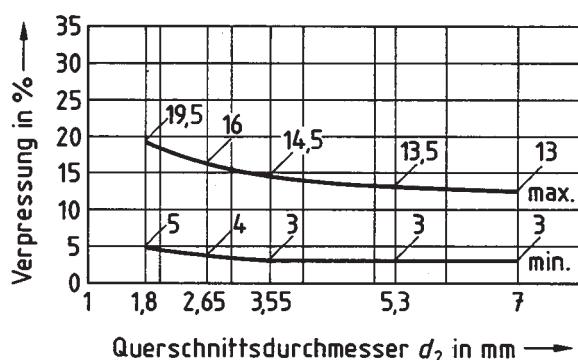
a) Hydraulik, bewegt



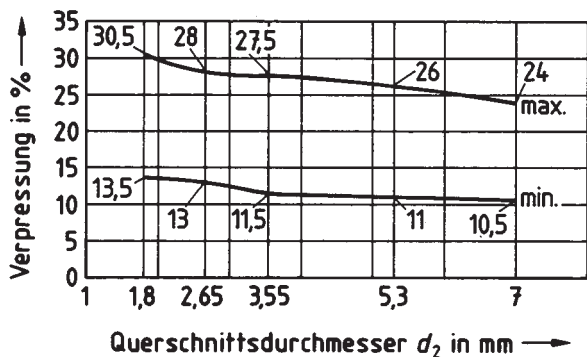
a) Hydraulik, bewegt



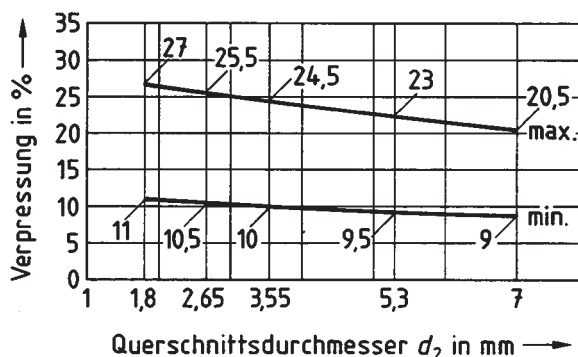
b) Pneumatik, bewegt



b) Pneumatik, bewegt



c) Pneumatik und Hydraulik, ruhend



c) Pneumatik und Hydraulik, ruhend

Bild 9. Verpressung des O-Rings, Kolben-Einbauträume, O-Ring außendichtend, radiale Pressung

Bild 10. Verpressung des O-Rings, Stangen-Einbauträume, O-Ring innendichtend, radiale Pressung

5 Maße

Bei der Berechnung der Maße der Einbauräume wurden die Maße für Nutgrunddurchmesser d_3 so gewählt, daß sich möglichst geringe zulässige Dehnungen und Verpressungen ergeben. Die in den Tabellen 13 bis 23 aufgeführten Bereiche und Stufungen für die Bohrungsdurchmesser d_4 und Stangendurchmesser d_5 sind in den Tabellen 10 und 11 festgelegt.

Bei den Maßen der Einbauräume axialdichtend sind die Bereiche so festgelegt, daß nur die in den Internationalen Norm-Entwürfen ISO/DIS 6162 : 1988 und ISO/DIS 6164 : 1989 enthaltenen Flansche abgedeckt sind.

Tabelle 10. Bereiche und Stufungen für Bohrungsdurchmesser d_4

	O-Ring Querschnitts- durchmesser d_2	Bereiche und Stufungen für Bohrungsdurchmesser d_4		
		Anwendungsfall: Hydraulik, bewegt	Anwendungsfall: Pneumatik, bewegt	Anwendungsfall: Hydraulik und Pneumatik, ruhend
Einbauraum O-Ring außen- dichtend	1,8	von 7 bis 20 Stufung 1 mm	von 7 bis 18 Stufung 1 mm	von 6 bis 20 Stufung 1 mm
	2,65	von 19 bis 44 Stufung 1 mm	von 19 bis 44 Stufung 1 mm	von 19 bis 44 Stufung 1 mm
	3,55	von 24 bis 213 Stufung 1 mm	von 24 bis 200 Stufung 1 mm	von 24 bis 213 Stufung 1 mm
	5,3	von 50 bis 80 Stufung 1 mm über 80 bis 120 Stufung 2 mm und zusätzlich über 80 bis 265 Stufung 5 mm	von 50 bis 80 Stufung 1 mm über 80 bis 120 Stufung 2 mm und zusätzlich über 80 bis 250 Stufung 5 mm	von 50 bis 80 Stufung 1 mm über 80 bis 404 Stufung 2 mm und zusätzlich über 80 bis 420 Stufung 5 mm
	7	von 125 bis 220 Stufung 5 mm über 220 bis 260 Stufung 10 mm	von 125 bis 270 Stufung 5 mm	von 122 bis 690 Stufung 2 mm und zusätzlich von 125 bis 690 Stufung 5 mm

Tabelle 11. Bereiche und Stufungen für Stangendurchmesser d_5

	O-Ring Querschnitts- durchmesser d_2	Bereiche und Stufungen für Stangendurchmesser d_5		
		Anwendungsfall: Hydraulik, bewegt	Anwendungsfall: Pneumatik, bewegt	Anwendungsfall: Hydraulik und Pneumatik, ruhend
Einbauraum O-Ring innen- dichtend	1,8	von 3 bis 17 Stufung 1 mm	von 2 bis 17 Stufung 1 mm	von 3 bis 17 Stufung 1 mm
	2,65	von 14 bis 38 Stufung 1 mm	von 14 bis 38 Stufung 1 mm	von 14 bis 39 Stufung 1 mm
	3,55	von 18 bis 125 Stufung 1 mm	von 18 bis 125 Stufung 1 mm	von 18 bis 198 Stufung 1 mm
	5,3	von 39 bis 80 Stufung 1 mm über 80 bis 120 Stufung 2 mm und zusätzlich über 80 bis 155 Stufung 5 mm	von 39 bis 80 Stufung 1 mm über 80 bis 120 Stufung 2 mm und zusätzlich über 80 bis 135 Stufung 5 mm	von 40 bis 80 Stufung 1 mm über 80 bis 400 Stufung 2 mm und zusätzlich Stufung 5 mm
	7	von 105 bis 245 Stufung 5 mm	von 105 bis 250 Stufung 5 mm	von 106 bis 660 Stufung 2 mm und zusätzlich von 110 bis 660 Stufung 5 mm

2.1 Einbauräume, außendichtend, radiale O-Ring-Pressung (siehe Bild 6)**2.1.1 Anwendungsfall: Hydraulik, bewegt**

Tabelle 12.

d_2	b_1 $+0,25$ 0	b_2 $+0,25$ 0	b_3 $+0,25$ 0	r_1	r_2 $\pm 0,1$	z min.
1,8	2,4	3,8	5,2	0,3 $\pm$ 0,1	0,2	1,1
2,65	3,6	5	6,4			1,5
3,55	4,8	6,2	7,6	0,6 $\pm$ 0,2		1,8
5,3	7,1	9	10,9			2,7
7	9,5	12,3	15,1	1 $\pm$ 0,2		3,6

Tabelle 13.

d_4 H8	d_9 f7	d_3 h9	d_1	d_4 H8	d_9 f7	d_3 h9	d_1	d_4 H8	d_9 f7	d_3 h9	d_1	d_4 H8	d_9 f7	d_3 h9	d_1
$d_2 = 1,8$				40		35,9	34,5	58		52,4	50	100		94,3	92,5
				41		36,9	35,5	59		53,4	51,5	101		95,4	92,5
				42		37,9	36,5	60		54,3	53	102		96,4	92,5
7	4,3	4		43		38,9	37,5	61		55,4	53	103		97,4	95
8	5,3	5		44		39,9	38,7	62		56,4	54,5	104		98,4	95
9	6,3	6						63		57,3	56	105		99,4	95
10	7,3	6,9		$d_2 = 3,55$				64		58,4	56	106		100,4	97,5
11	8,3	8						65		59,3	58	107		101,4	97,5
12	9,3	8,75		24		18,3	18	66		60,4	58	108		102,3	100
13	10,3	10		25		19,3	19	67		61,3	60	109		103,4	100
14	11,4	10,6		26		20,3	20	68		62,4	60	110		104,3	103
15	12,3	11,8		27		21,3	20,6	69		63,3	61,5	111		105,3	103
16	13,4	12,5		28		22,4	21,2	70		64,4	61,5	112		106,4	103
17	14,3	14		29		23,4	22,4	71		65,4	63	113		107,3	106
18	15,3	15		30		24,3	23,6	72		66,3	65	114		108,3	106
19	16,3	16		31		25,4	24,3	73		67,4	65	115		109,4	106
20	17,3	17		32		26,2	25,8	74		68,3	67	116		110,3	109
				33		27,3	26,5	75		69,4	67	117		111,3	109
$d_2 = 2,65$				34		28,4	27,3	76		70,3	69	118		112,4	109
				35		29,4	28	77		71,4	69	119		113,4	109
				36		30,4	29	78		72,4	69	120		114,3	112
19	14,8	14,5		37		31,4	30	79		73,4	71	121		115,4	112
20	15,9	15,5		38		32,3	31,5	80		74,4	71	122		116,4	112
21	16,9	16		39		33,3	32,5	81		75,4	73	123		117,3	115
22	17,9	17		40		34,4	32,5	82		76,4	73	124		118,4	115
23	18,9	18		41		35,4	33,5	83		77,4	75	125		119,4	115
24	19,9	19		42		36,4	34,5	84		78,4	75	126		120,4	118
25	20,9	20		43		37,4	35,5	85		79,3	77,5	127		121,4	118
26	21,9	21,2		44		38,4	36,5	86		80,4	77,5	128		122,4	118
27	22,8	22,4		45		39,2	38,7	87		81,3	80	129		123,3	122
28	23,9	23		46		40,4	38,7	88		82,4	80	130		124,3	122
29	24,9	23,6		47		41,3	40	89		83,4	80	131		125,4	122
30	25,9	25		48		42,3	41,2	90		84,3	82,5	132		126,4	122
31	26,9	25,8		49		43,3	42,5	91		85,4	82,5	133		127,3	125
32	27,9	26,5		50		44,2	43,7	92		86,4	82,5	134		128,4	125
33	28,9	28		51		45,4	43,7	93		87,4	85	135		129,4	125
34	29,9	29		52		46,3	45	94		88,4	85	136		130,3	128
35	30,9	30		53		47,3	46,2	95		89,3	87,5	137		131,4	128
36	32	30		54		48,4	46,2	96		90,4	87,5	138		132,4	128
37	32,9	31,5		55		49,4	47,5	97		91,4	87,5	139		133,3	132
38	33,9	32,5		56		50,4	48,7	98		92,4	90	140		134,3	132
39	34,9	33,5		57		51,3	50	99		93,4	90	141		135,4	132