

12. O-Ring Nutgestaltung

Die folgenden Seiten beinhalten Informationen über die Auslegung von Standard O-Ring Nuten. Bitte setzen Sie sich mit uns in Verbindung, wenn Ihre Anwendung nicht eindeutig einer dieser Anwendungsarten zuzuordnen ist.

Statische Anwendungen

Es gibt fünf Arten von statischen O-Ring Anwendungen:

- Flanschdichtung
- Radialdichtung
- Trapezdichtung (Schwalbenschwanzdichtung)
- Verschraubungsdichtung
- Quetschdichtung

Flanschdichtung (Axialdichtung)

Bei Flanschdichtungen werden die beiden Flansche Metall auf Metall montiert. Es gibt demnach also keinen bemerkenswerten Dichtspalt und kein Risiko der Spaltextrusion, soweit sich die Konstruktion unter Systemdruck nicht deformiert (Fig. 1-26). Wenn der Druck von Außen kommt, sollte der O-Ring Innendurchmesser an der Innenwand der Nut anliegen. Bei Druck von Innen an der Außenwand der Nut.

Radialdichtung

Da die Metallteile entweder zusammengepresst oder verschraubt sind, existiert immer ein gewisses Spiel mit dem Risiko der Extrusion (Fig. 1-27).

Trapezdichtung (oder Schwalbenschwanzdichtung)

Auch hier handelt es sich um eine Metall auf Metall Verbindung, solange die Konstruktion sich unter Systemdruck nicht deformiert (Fig. 1-30).

Verschraubungsdichtung

Die Nutabmessungen sind mit den Standard O-Ring Abmessungen verbunden.

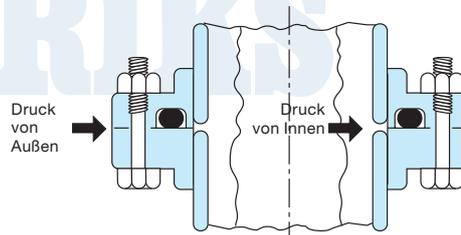


Fig. 1-26

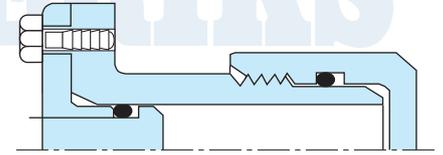
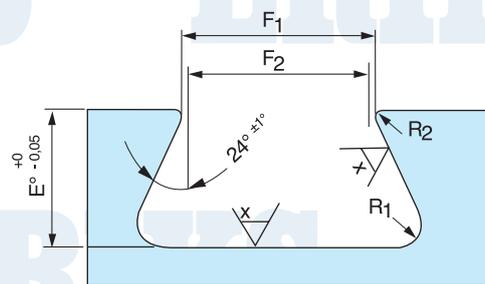


Fig. 1-27



X = Oberflächenfinish in μ Ra

Fig. 1-30

Oberflächenfinish für statische Nuten

Geradwandige Nuten vermeiden Extrusion oder das Abknabbern des Elastomers am wirkungsvollsten. Um fünf Grad geneigte Nutwände können einfacher hergestellt werden und eignen sich für niedrigere Drücke. Oberflächenfinishes von 64 bis 125 RMS ohne Grat, Ausbrüche oder Kratzer werden empfohlen.

Das Verfahren der Oberflächenbehandlung ist wichtig. Wenn das Finish maschinell auf der Drehbank oder einem anderen Verfahren durchgeführt wurde, bei dem Kratzer und Grate in Richtung des Maschinenkopfes entstehen, kann eine sehr raue Oberfläche immer noch effektiv dichten. Andere Verfahren hingegen, wie zum Beispiel das Fräsen, führen zu Längskratzern, die den O-Ring überqueren. Sogar diese können einen eher höheren Rauheitswert haben, sofern das Profil der Kratzer abgerundet ist, so dass der O-Ring leicht hineinfließen kann.

12. O-Ring Nutgestaltung

Dynamische Anwendungen

Es gibt drei Arten von dynamischen O-Ring Anwendungen:

- wechselseitig bewegte Dichtung
- reversierend, bzw. pendelnd bewegte Dichtung
- rotierend bewegte Dichtung

Anwendung in wechselseitigen und pendelnden Bewegungen

Die Nutabmessungen von wechselseitig und pendelnd bewegenden Anwendungen sind identisch. Dynamische Anwendungen sind aufgrund der Bewegung gegen den O-Ring komplizierter als statische Anwendungen. Die Medienbeständigkeit muss sorgfältig geprüft werden, da eine Quellung der Dichtung von über 20% zu ernsthaften Problemen durch erhöhter Reibung führen kann. Eine Schrumpfung von maximal 4% kann zur Vermeidung von Leckageproblemen toleriert werden. Aufgrund der Bewegung der abdichtenden Teile ist immer ein Dichtspalt mit der potentiellen Gefahr der Spaltextrusion des O-Ringes vorhanden.

O-Ring Dichtungen funktionieren in dynamischen Anwendungen mit kurzen Hüben und relativ geringen Durchmessern optimal. O-Ring Dichtungen im Einsatz mit langen Hüben und großen Durchmessern sind anfälliger für Spiralfehler.

Anwendung von O-Ringen in rotierenden Bewegungen

In einer rotierenden Anwendungen rotiert eine Welle kontinuierlich im Innendurchmesser des O-Ringes, was zu Reibung und Wärme führt. Da Kautschuk ein schlechter Wärmeleiter ist, kann der O-Ring seine Eigenschaften verlieren. Um die Abnutzung zu minimieren oder reduzieren, können nachfolgende Punkte durchgeführt werden. Bitte setzen Sie sich darüber hinaus jedoch mit uns in Verbindung.

- Klären Sie die eingesetzte Höhe

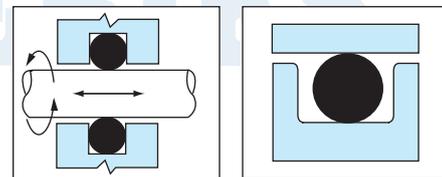
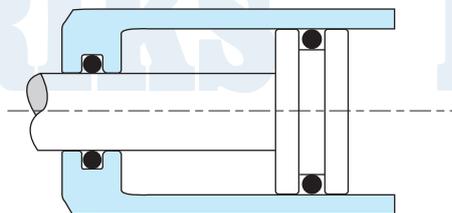


Fig. 1-33

- der Verpressung.
- Setzen Sie die geringstmögliche O-Ring Schnurstärke ein.
- Wählen Sie einen O-Ring mit interner Schmierung oder benutzen Sie Mineralstoffe für geringere Reibung.
- Übersteigen Sie keine Temperatur von 100°C (212°F).
- Sorgen Sie für Schmierung.
- Der O-Ring darf in der Nut nicht rotieren; die Bewegung sollte nur relativ zur Stange erfolgen.
- Raue Nutoberflächen verhindern ein Rotieren des O-Ringes.
- Kontrollieren Sie das Oberflächenfinish (könnte zu rau sein).

Einbau des O-Ringes

Metallische Kontaktflächen sind im Allgemeinen aus verschiedenen Metallen, wobei eines dieser Metalle weicher ist, als das andere. Die O-Ring Nut sollte in das weichere der beiden Metalle gestochen werden. Für den Fall, dass sich die Metalle gegenseitig abnutzen, wird das härtere Metall weniger beschädigt. Eine gute Dichtfläche bleibt so länger erhalten.

Oberflächenfinish für dynamische Nuten

Geradwandige Nuten vermeiden Extrusion oder das Abknabbern des Elastomers am wirkungsvollsten. Um fünf Grad geneigte Nutwände können einfacher hergestellt werden und eignen sich für Drücke bis zu 100 bar (1.500psi). Die ideale Kontaktfläche sollte eine Oberflächenrauheit von 8-16 RMS ohne längs- und umlaufende Schrammen haben. Bestmöglich

sollte die Oberfläche fein geschliffen, prägepoliert oder hartverchromt sein. Der Zustand von dynamischen Kontaktoberflächen ist sehr entscheidend für die Lebensdauer einer Dichtung. Sachgerechte Oberflächenfinishes sind wichtig. Die zulässige maximale Rauheit der Nutflächen ist begrenzt, da rauere Nutflächen zu einer übermäßigen Abnutzung führen würden. Feinere Flächen führen dagegen zu einer Mangelschmierung des O-Ringes, die zu einem Ruckgleiten (dem sogenannten Slip-Stick Effekt) oder einem ungleichmäßigen Verschleiß führen könnte. Eine Oberflächenrauheit von weniger als 5 millionstel Zoll (0,15mm Ra) werden für dynamische O-Ring Anwendungen nicht empfohlen. Die Oberfläche muss rau genug sein, um kleine Mengen von Öl zu halten. Oberflächenfinishes unter 5 RMS streifen das Öl zu sauber ab, wodurch die Lebensdauer der Dichtung leidet. Zylinderbohrungen aus Stahl oder Gusseisen sollten bevorzugt eingesetzt werden. Sie sollten stark genug sein, um sich bei Druckbelastung nicht aufzuweiten oder zu atmen, da sich sonst der radiale Dichtspalt unter den Druckschwankungen aufweiten und zusammenziehen könnte, was wiederum zu einem Anknabbern des O-Rings führt.

12. O-Ring Nutgestaltung

Reibung

In normalen Anwendungen bieten härtere Materialien eine geringere Reibung als weichere. Wenn die Härte eines O-Ringes jedoch 70° Shore A übersteigt, nimmt die Reibung zu. Dies resultiert daraus, dass die Druckkraft bei gleicher Verpressung höher ist, als die von weicheren Materialien.

Eine Quellung des Compounds verringert dessen Härte und erhöht möglicherweise die Reibung. Je geringer die Betriebstemperatur, desto härter wird ein elastomerer Compound, was ebenfalls zu einer Erhöhung der Reibung führen kann. Eine thermische Schrumpfung des Dichtungswerkstoffes, welche zu einer Verringerung der effektiven Verpressung führt, kann jedoch eine durch eine Zunahme der Härte hervorgerufene Erhöhung der Reibung ausgleichen.

Die Haftreibung ist die notwendige Kraft, die aufgewendet werden muss, um eine relative Bewegung zu beginnen. Diese ist abhängig von der Zeitspanne zwischen Arbeitsgängen, sowie dem Oberflächenfinish des Metalls, der Kautschukhärte, Verpressung und anderen reibungsbeeinflussenden Faktoren. Nach einem Stillstand von 10 Tagen ist die Haftreibung zwei bis fünf Mal so hoch wie die Reibung einer Dichtung unter geringer Last. Die Haftreibung kann verringert werden, indem man einen weicheren Compound oder speziell modifizierte Compounds verwendet.

Die Gleitreibung ist von zwei Faktoren abhängig: zum einen die Kraft, die auf die reibende Oberfläche des O-Ringes durch die Druckkraft der Verpressung ausgeübt wird und zum anderen die Kraft des Systemdrucks, die auf den O-Ring einwirkt und diesen zu einem „D“ formt. Der erste Faktor hängt von der Härte des O-Rings, der prozentualen Verpressung und der Länge der reibenden Fläche ab.

Die Oberfläche, über die der O-Ring gleitet, ist ebenfalls sehr wichtig. Sie

muss hart und abriebfest sein sowie genügend glatt, so dass der O-Ring nicht abgeschliffen wird. Sie sollte dennoch winzige Krater haben, um Schmiermittel halten zu können.

Weiche Metalle wie Aluminium, Messing, Bronze, Monelmetall und einige Edelmetalle sollten vermieden werden. Metallische bewegende Oberflächen, die durch einen O-Ring abgedichtet werden, sollte sich idealer Weise niemals berühren. Wenn Sie sich jedoch berühren müssen, sollte die Fläche, in der die O-Ring Nut eingearbeitet wurde, aus einem nachgiebigen tragenden Material sein.

Wenn ein übermäßiges Spiel entsteht, führt dies zu Extrusion. Falls eine angemessene Verpressung nicht erreicht wird, führt dies zu Leckage.

Es gibt eine Vielzahl möglicher Lösungen, um einer übermäßig hohen Reibung entgegenzuwirken:

- wählen Sie eine andere O-Ring Härte.
- wählen Sie einen anderen O-Ring Werkstoff mit besserem Reibungskoeffizienten.
- erhöhen Sie die Nuttiefe.
- denken Sie über den Einsatz eines anderen Dichtungsdesigns nach.
- Viton® hat eine viel geringere Reibung als NBR, EPDM oder Silikon.
- prüfen Sie, ob sich die Verpressung noch im empfohlenen Bereich befindet.
- reduzieren Sie nicht die Verpressung unter den empfohlenen Bereich, um so die Reibung zu verringern. Dies würde zu Leckage führen.

Extrusion der Dichtung

Wenn der radiale Spielraum zwischen der abzudichtenden Fläche und den Nuteckpunkten (Dichtspalt) zu groß ist und der Druck die Deformierungsgrenze des O-Ringes übersteigt, tritt eine Extrusion des O-Ring Werkstoffs in den Dichtspalt auf.

Wenn dies geschieht, schleift sich der extrudierte Werkstoff mit fortlaufenden Arbeitsgängen ab oder franst aus und die Dichtung beginnt undicht zu werden.

Informationen über Extrusion und Druckrichtung statischer Dichtungen können Sie der Grafik Fig. 1-26 (Seite 110) entnehmen. In einer wechselseitig bewegenden Anwendung steigt die Neigung zu Extrusion, indem die Reibung und der Systemdruck in die gleiche Richtung agieren. Durch eine entsprechende Nutgestaltung kann dieser Neigung entgegengewirkt werden. Siehe Grafiken Fig. 1-32 a und b.

Wenn die Reibung der bewegenden Metalloberfläche die gleiche Richtung hat wie der Systemdruck, wird der O-Ring leichter in den Dichtspalt gedrückt. Ein O-Ring kann so schon bei nur 35% des sonst für eine Extrusion notwendigen Drucks extrudieren. Durch eine Platzierung der Nut in dem gegenüberliegenden Metallteil wird die Reibung gegen den Druck arbeiten.

Eine der besten Wege zur Reduzierung von Extrusion ist die Verwendung von Stützringen (siehe Seite 119).

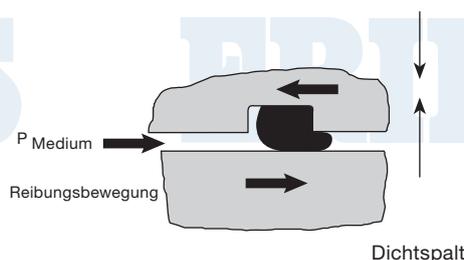


Fig. 1-32 a

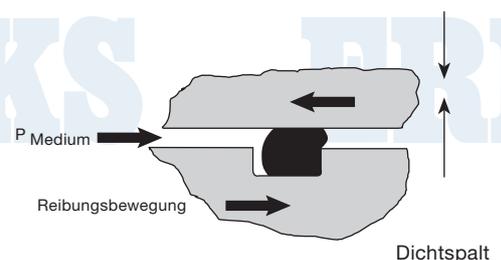


Fig. 1-32 b

12. O-Ring Nutgestaltung

Nuttiefe und Dichtspalt

Die richtige Nuttiefe ist in O-Ring Anwendungen sehr wichtig, da sie die Verpressung des O-Ring Querschnitts stark beeinflusst. In den Tabellen zur Nutgestaltung beinhaltet die Nuttiefe immer die ausgestochene Nut und den Dichtspalt. Der Dichtspalt beeinflusst die Extrusionsrate. Da es sehr schwer ist, die Nuttiefe zu messen, ist es besser, die Berechnung mit der Bohrung, dem Kolben-/Stangendurchmesser und dem Nutdurchmesser wie unten genannt durchzuführen.

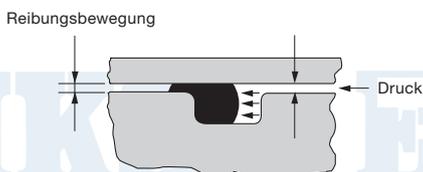


Fig. 1-19

Dichtungsauslegung

Dichtungen werden in drei grundlegende Kategorien unterteilt: statisch axiale, statisch radiale, und dynamisch radiale Dichtungen.

Statisch axiale Dichtungen (so genannte Flanschdichtungen) besitzen keinen Dichtspalt und bestehen aus einer Nut, die in einen Flansch eingestochen wurde, der mit einem anderen paarweise zusammengefügt wird. So entsteht ein Kontakt von Oberfläche auf Oberfläche.

Statisch radiale Dichtungen und dynamisch radiale Dichtungen benötigen zur Montage das Vorhandensein eines diametrischen Spielraumes und somit Dichtspalts.

Es gibt zwei Arten von radialen Dichtungsauslegungen:

- 1.) Nut im Innenteil, bzw. Vaterteil – die O-Ring Nut befindet sich auf einem Kolben, der in eine Bohrung oder Zylinder eingeführt wird (Fig. 1-23).
- 2.) Nut im Außenteil, bzw. Mutterteil – die O-Ring Nut befindet sich in der Bohrung oder im Zylinder und eine Stange wird durch den O-Ring Innendurchmesser montiert (Fig. 1-24).

Die erzielte mechanische Verpressung des O-Rings in der Nut wird durch den Bohrungsdurchmesser und dem Durchmesser der Nut im Vater- oder Mutterteil bestimmt. (Fig. 1-23). Die Formel zur Berechnung des Nutdurchmessers (B) bei gegebenem Bohrungsdurchmesser (A) und Nuttiefe (E) lautet:

$$B_{\min} = A_{\min} - 2 \times E_{\max}$$

$$B_{\max} = A_{\max} - 2 \times E_{\min}$$

Die Verpressung wird vom Nutgrund bis zur abzudichtenden Gegenfläche inklusive des vorhandenen Dichtspalts (Spielraums) gemessen. Die folgende Formel wird für die Bestimmung der tatsächlichen Nuttiefe mit Toleranzen genommen:

$$\text{Maximale Nuttiefe} = (\varnothing \text{ Bohrung}_{\max} - \varnothing \text{ Nut}_{\min}) / 2$$

$$\text{Minimale Nuttiefe} = (\varnothing \text{ Bohrung}_{\min} - \varnothing \text{ Nut}_{\max}) / 2$$

Dichtungsauslegungen mit der Nut im Innenteil basieren auf den folgenden Faktoren (siehe dazu Fig. 1-23):

- Bohrungsdurchmesser (A)
- Kolbendurchmesser (H)
- Nutdurchmesser (B)
- Nutbreite (F) wie in den Abmessungstabellen zur Nutauslegung gezeigt.
- Nuttiefe (E) wie in den Abmessungstabellen zur Nutauslegung gezeigt.

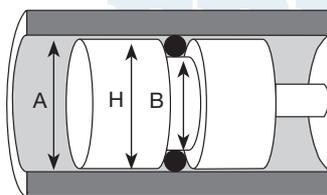
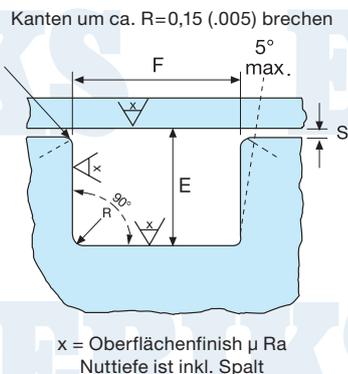


Fig. 1-23

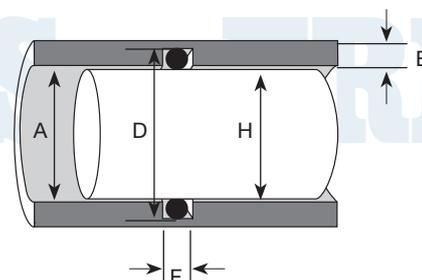


Fig. 1-24

12. O-Ring Nutgestaltung

Das gesamte diametrische Spiel ist der Unterschied zwischen dem Bohrungsdurchmesser (A) und dem Kolben-/Stangendurchmesser (H). Die Toleranzen des Bohrungs- und Kolben-/Stangendurchmessers bestimmen den maximalen und minimalen diametrischen Dichtspalt. Diese Werte, dividiert durch zwei, ergeben den maximalen und minimalen radialen Dichtspalt.

Dichtungsauslegungen mit der Nut im Außenteil (Fig. 1-24) basieren auf den folgenden Faktoren:

- Bohrungsdurchmesser (A)
- Kolbendurchmesser (H)
- Nutdurchmesser (D)
- Nutbreite (F) wie in den Abmessungstabellen zur Nutauslegung gezeigt.
- Nuttiefe (E) wie in den Abmessungstabellen zur Nutauslegung gezeigt.

Die mechanische Verpressung einer Dichtung dieser Art wird durch den Nutdurchmesser (D) und dem Kolbendurchmesser (H) bestimmt. Die Formel zur Berechnung des Nutdurchmessers (D) bei gegebenem Kolbendurchmesser (H) und Nuttiefe (E) lautet:

$$D_{\max} = H_{\max} + 2 \times E_{\max}$$

$$D_{\min} = H_{\min} + 2 \times E_{\min}$$

Die Verpressung wird vom Nutgrund bis zur abdichtenden Gegenfläche inklusive des vorhandenen Dichtspalts (Spielraums) gemessen. Verwenden Sie die folgende Formel zur Ermittlung der tatsächlichen Nuttiefe mit Toleranzen:

Maximale Nuttiefe = $(\varnothing \text{ Nutmax} - \varnothing \text{ Kolbenmin}) / 2$
 Minimale Nuttiefe = $(\varnothing \text{ Nutmin} - \varnothing \text{ Kolbenmax}) / 2$

Das gesamte diametrische Spiel ist der Unterschied zwischen dem Bohrungsdurchmesser (A) und dem Kolben-/Stangendurchmesser (H). Die Toleranzen des Bohrungs- und Kolben-/Stangendurchmessers bestimmen den maximalen und minimalen diametrischen Dichtspalt. Die Größe des Dichtspalts wird darüber hinaus auch durch den Grad der „Atmung“ der Metallteile beeinflusst. Bitte berücksichtigen Sie jede mögliche Atmung oder Expansion der paarenden Teile, die durch Druckbelastung auftreten kann sowie insbesondere den diametrischen Dichtspalt bei Ihrer Dichtungsauslegung. Auch bei der Verwendung der tabellarischen Empfehlungen zur Nutauslegung auf den folgenden Seiten.

In einigen Konstruktionen ist der Dichtspalt über den gesamten Umfang des O-Ringes gleich. Dies ist das gesamte Spiel bei maximaler Konzentricität. Wenn die Konzentricität zwischen Stange und Zylinder unverändert erhalten bleibt, ist das radiale Spiel gleich dem diametrischen Spiel.

In der Praxis besteht in den meisten Konstruktionen aufgrund von Seitenlast und Fehlausrichtungen an einem Punkt des O-Ring Umfangs ein Minimum oder sogar Null an Dichtspalt und an dem gegenüberliegenden Punkt ein Maximum an Dichtspalt. Dies ist das gesamte Spiel bei maximaler Exzentricität (Fig. 1-20).

- Bitte setzen Sie sich mit uns für nähere Informationen über Führungsbänder und weiteren Produkten zur Verbesserung der Konzentricität in Verbindung.

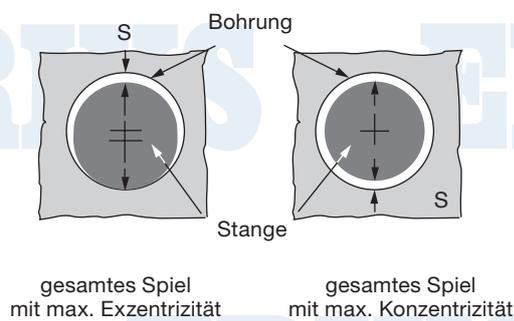


Fig. 1-20

12. O-Ring Nutgestaltung

Effektivste und zuverlässigste Abdichteigenschaften werden im Allgemeinen durch ein wie in Tabelle 3.B-1a gelistetes maximales diametrisches Spiel erreicht. Die maximal erlaubten Dichtspalte werden für O-Ringe mit verschiedenen Schnurstärken und einer Härte von 70° in wechselbewegenden und statischen Dichtungsanwendungen ohne den Einsatz von Stützringen genannt. Diese Werte basieren auf eine Druckbeaufschlagung von ca. 80 bar (8 MPa, 1.200psi) bei 21°C (70°F). Wenn größere Zwischenräume auftreten, zeigt Fig. 1-21 – je nach Druck und Härtegrad des O-Rings – allgemein mögliche maximale Dichtspalte.

[Siehe Tabelle 3.B-1a]

Hinweis: reduzieren Sie bitte für Silikon- und Fluorsilikon-Compounds alle aufgelisteten maximalen Dichtspalte um 50%.

Das Diagramm (Fig. 1-21) gibt eine Richtlinie über die Relation zwischen Härte, Druck, Dichtspalt und Extrusion wieder. Diese Grafik basiert auf NBR O-Ringe mit einer Schnurstärke von 3,53mm (.139 Zoll) ohne Stützringe. Falls ein Risiko der Extrusion besteht, sollten konkave Stützringe aus Hartkautschuk oder Stützringe aus Kunststoff, wie zum Beispiel PTFE, verwendet werden. Die Ergebnisse basieren auf Prüfungen bei Temperaturen bis 70°C.

Tabelle 3.B-1a Dichtspalt in Relation zur Härte und der O-Ring Schnurstärke

Schnurstärke		Max. Dichtspalt, 70° Shore A O-Ring	
Zoll	Millimeter	Zoll	Millimeter
.070	1,0-2,0	.002 - .004	0,05 - 0,1
.103	2,0-3,0	.002 - .005	0,05 - 0,13
.139	3,0-4,0	.002 - .006	0,05 - 0,15
.210	4,0-6,0	.003 - .007	0,07 - 0,18
>.275	>6,0	.004 - .010	0,1 - 0,25

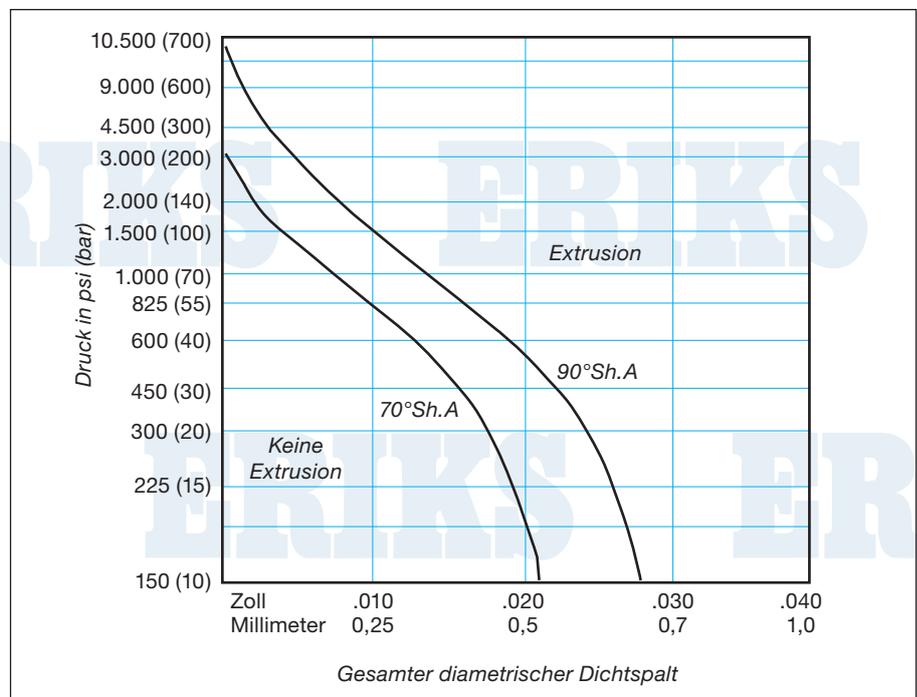


Fig. 1-21

12. O-Ring Nutgestaltung

12 A. Nutauslegung statisch axiale Anwendungen

Nutauslegung für statische Anwendungen und O-Ringe mit axialer Verpressung

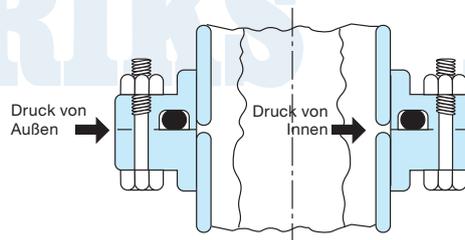


Fig. 1-26

Oberflächenfinish X

Kontaktfläche und Nutgrund:
für Flüssigkeiten

X = 0,8 μm R_a (32 Microinch)

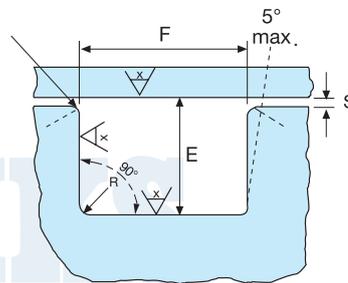
für Vakuum und Gase

X = 0,4 μm R_a (16 Microinch)

Nutseiten:

X = 1,6 μm R_a (63 Microinch)

Kanten brechen, ca. R = 0,15mm (.005 Zoll)



X = Oberflächenfinish μm R_a
Nuttiefe ist inklusive Spalt

Fig. 1-27 a

Tabelle AS C1 – Nutabmessungen (Zoll) für industrielle O-Ring Flanschdichtungen

O-Ring		Nuttiefe axial statisch (Zoll) E	Statische Verpressung für Flanschdichtungen		Nutbreite W		Nutraadius R
Schnurstärke W	effektiv		effektiv (Zoll)	%	Flüssigkeiten	Vakuum und Gase	
nominal	effektiv						
1/16	.070	.050/.054	.013/.023	27	.101/.107	.084/.089	.005/.015
3/32	.103	.074/.080	.020/.032	21	.136/.142	.120/.125	.005/.015
1/8	.139	.101/.107	.028/.042	20	.177/.187	.158/.164	.010/.025
3/16	.210	.152/.162	.043/.063	18	.270/.290	.239/.244	.020/.035
1/4	.275	.201/.211	.058/.080	16	.342/.362	.309/.314	.020/.035

Diese Abmessungen sind vorzugsweise für O-Ring Flanschdichtungen von Anwendungen mit normalen Temperaturen gedacht.

12. O-Ring Nutgestaltung

Nutauslegung für statische Anwendungen und O-Ringe als Flanschdichtung mit axialer Verpressung (metrisch)

O-Ringe, die axial in statischen Anwendungen verpresst werden, werden auch Flanschdichtungen genannt (siehe Fig. 1-26 und 1-27).

Oberflächenfinish X

Kontaktfläche und Nutgrund: für Flüssigkeiten
X = 0,8 µm R_a (32 Microinch)

für Vakuum und Gase

X = 0,4 µm R_a (16 Microinch)

Nutseiten:

X = 1,6 µm R_a (63 Microinch)

Tabelle 3.C-1 Nutabmessungen (metrisch) für statische Anwendungen - Flanschdichtungen

W O-Ring Schnurstärke		E Nuttiefe		F Nutbreite		R Nutradius
Durchmesser (Millimeter)	Toleranz +/- DIN 3771		Toleranz +/-	Flüssigkeiten	Vakuum/ Gase	
0,90	0,08	0,68	0,02	1,30	1,10	0,2
1,0 - 1,02	0,08	0,75	0,02	1,45	1,20	0,2
1,20	0,08	0,90	0,02	1,75	1,45	0,2
1,25 - 1,27	0,08	0,94	0,02	1,80	1,50	0,2
1,42	0,08	1,07	0,02	2,05	1,70	0,2
1,50	0,08	1,13	0,02	2,20	1,80	0,2
1,60 - 1,63	0,08	1,20	0,03	2,35	1,90	0,2
1,78* - 1,80	0,08	1,34	0,03	2,60	2,15	0,2
1,90	0,08	1,43	0,03	2,75	2,30	0,2
2,0	0,08	1,51	0,04	2,90	2,40	0,2
2,20 - 2,21	0,08	1,67	0,04	2,90	2,55	0,2
2,40	0,08	1,82	0,04	3,20	2,80	0,2
2,46	0,08	1,87	0,04	3,25	2,85	0,2
2,50	0,08	1,90	0,04	3,30	2,90	0,2
2,62*	0,08	1,99	0,04	3,50	3,05	0,2
2,70	0,09	2,05	0,04	3,60	3,15	0,2
2,95	0,09	2,24	0,04	3,90	3,40	0,5
3,0	0,09	2,27	0,04	3,90	3,45	0,5
3,15	0,09	2,38	0,05	4,15	3,60	0,5
3,50 - 3,53*	0,09	2,67	0,05	4,60	4,05	0,5
3,60	0,1	2,72	0,05	4,70	4,10	0,5
4,0	0,1	3,03	0,06	5,25	4,60	0,5
4,50	0,1	3,60	0,06	6,10	5,10	0,5
4,70	0,1	3,76	0,06	6,40	5,35	0,5
4,80	0,1	3,84	0,06	6,50	5,45	0,5
5,0	0,10	4,00	0,06	6,80	5,70	0,7
5,33* - 5,34	0,13	4,26	0,08	7,25	6,05	0,7
5,50	0,13	4,40	0,08	7,45	6,25	0,7
5,70	0,13	4,56	0,08	7,75	6,50	0,7
5,80	0,13	4,64	0,08	7,90	6,60	0,7
6,0	0,13	4,98	0,08	7,80	7,75	0,7
6,40	0,13	5,31	0,1	8,30	7,20	0,7
6,50	0,13	5,40	0,1	8,40	7,30	0,7
6,90	0,13	5,73	0,1	8,95	7,75	0,7
6,99*	0,15	5,80	0,1	9,05	8,85	0,7
7,0	0,15	5,81	0,1	9,05	7,90	0,7
7,50	0,15	6,23	0,1	9,70	8,40	1,0
8,0	0,18	6,64	0,1	10,35	9,00	1,0
8,40	0,18	6,97	0,15	10,90	9,45	1,0
9,0	0,2	7,65	0,15	11,10	10,40	1,0
10,0	0,2	8,50	0,15	12,30	11,55	1,0
11,0	0,2	9,35	0,15	13,55	12,70	1,0
12,0	0,2	10,20	0,15	14,80	13,85	1,5
13,0	0,2	11,05	0,15	16,00	15,00	1,5
14,0	0,2	11,90	0,3	17,25	16,15	1,5
16,0	0,2	13,60	0,3	19,70	18,45	1,5
18,0	0,2	15,30	0,3	22,15	20,80	1,5
20,0	0,2	17,00	0,3	24,65	23,10	1,5

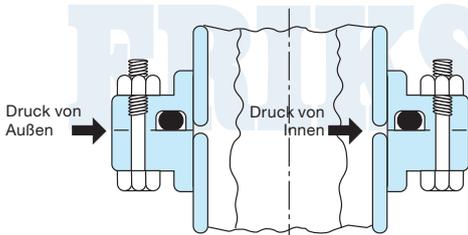
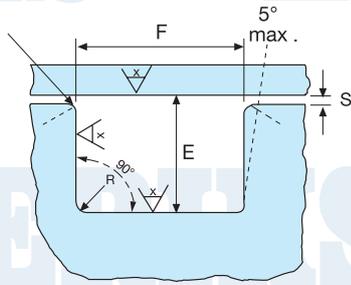


Fig. 1-26

Kanten brechen, ca. R = 0,15mm (.005 Zoll)



X = Oberflächenfinish µ R_a
Nuttiefe ist inklusive Spalt

Fig. 1-27 a

12. O-Ring Nutgestaltung

12 B. Nutauslegung für statische, radiale Anwendungen

Nutauslegung für statische Anwendungen und O-Ringe mit radialer Verpressung (zöllige Abmessungen)

Oberflächenfinish X

Kontaktfläche und Nutgrund: für Flüssigkeiten

X = 0,8 µm R_a (32 Microinch)

für Vakuum und Gase

X = 0,4 µm R_a (16 Microinch)

Nutseiten:

X = 1,6 µm R_a (63 Microinch)

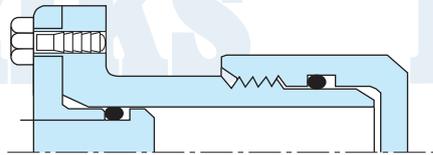
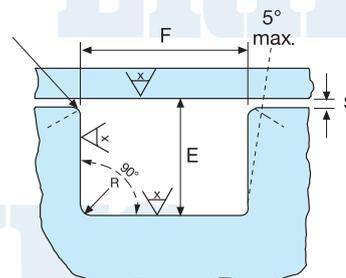


Fig. 1-28

Kanten brechen, ca. R = 0,15mm (.005 Zoll)



X = Oberflächenfinish µ R_a
Nuttiefe ist inklusive Spalt

Fig. 1-27 a

Tabelle AS.C2 – Nutabmessungen für statische Dichtungen – industrielle radiale Anwendungen (Zoll)

O-Ring Schnurstärke W		Nuttiefe radial statisch E	Statische Verpressung für radiale Dichtungen		Diametrisches Spiel	Nutbreite F			Nutradius R	Max. erlaubte Exzentrizität ¹
nominal	effektiv		effektiv (Zoll)	%		Standard	ein Stützring ²	zwei Stützring ²		
1/16	.070	.050/.052	.015/.023	22/32	*.002 min.	.093/.098	.138/.143	.205/.210	.005/.015	.005/.015
3/32	.103	.081/.083	.017/.025	17/24	*.002 min.	.140/.145	.171/.176	.238/.243	.005/.015	.005/.015
1/8	.139	.111/.113	.022/.032	16/23	*.003 min.	.187/.192	.208/.213	.275/.280	.010/.025	.010/.025
3/16	.210	.170/.173	.032/.045	15/21	*.003 min.	.281/.286	.311/.316	.410/.415	.020/.035	.020/.035
1/4	.275	.226/.229	.040/.055	15/20	*.004 min.	.375/.380	.408/.413	.538/.543	.020/.035	.020/.035

1. Gemessen zwischen Nut und anliegendem abzudichtenden Bauteil.

2. Diese Nutabmessungen beziehen sich auf Compounds, die im Betrieb weniger als 15% quellen. Bei stärker quellenden Werkstoffen muss die Nutbreite entsprechend angeglichen werden.

* Siehe Fig. 1-22 für die Bestimmung des maximal tolerierbaren Spiels, basierend auf den vorhandenen Druck und der Härte des Compounds.

* Das maximale Spiel sollte für Compounds mit geringer Festigkeit um die Hälfte reduziert werden.

Die Abmessungen des Vatterteils (Stange bzw. Zapfen) und des Mutterteils (Bohrung) sollten anhand der maximalen und minimalen Dichtspalte berechnet werden.

12. O-Ring Nutgestaltung

12 B. Nutausslegung für statische, radiale Anwendungen

Nutausslegung für statische Anwendungen und O-Ringe mit radialer Verpressung (metrische Abmessungen)

Oberflächenfinish X
Kontaktfläche und Nutgrund:
für Flüssigkeiten
X = 0,8 µm R_a (32 Microinch)

für Vakuum und Gase
X = 0,4 µm R_a (16 Microinch)

Nutseiten:
X = 1,6 µm R_a (63 Microinch)

Tabelle 3.C-2 – Nutabmessungen für statische Dichtungen – industrielle radiale Anwendungen (metrisch)

W		E		S	F	R	Maximale
O-Ring Schnurstärke		Nuttiefe		Diametri-	Nutbreite	Nutradius	Exzentrizität
Durchmesser	Toleranz +/-		Toleranz	sches Spiel	Toleranz		
in Millimeter	DIN 3771		-0/+		-0/+0,13		
0,90	0,08	0,65	0,02	0,1	1,20	0,2	0,05
1,0 - 1,02	0,08	0,72	0,02	0,1	1,35	0,2	0,05
1,20	0,08	0,87	0,02	0,1	1,60	0,2	0,05
1,25 - 1,27	0,08	0,91	0,02	0,1	1,65	0,2	0,05
1,42	0,08	1,03	0,02	0,1	1,90	0,2	0,05
1,50	0,08	1,09	0,02	0,1	2,00	0,2	0,05
1,60 - 1,63	0,08	1,16	0,03	0,1	2,10	0,2	0,05
1,78* - 1,80	0,08	1,29	0,03	0,1	2,35	0,2	0,05
1,90	0,08	1,38	0,03	0,1	2,50	0,2	0,05
2,0	0,08	1,45	0,04	0,1	2,65	0,2	0,05
2,20 - 2,21	0,08	1,74	0,04	0,1	3,00	0,2	0,05
2,40	0,08	1,90	0,04	0,1	3,25	0,2	0,05
2,46	0,08	1,94	0,04	0,1	3,35	0,2	0,05
2,50	0,08	1,98	0,04	0,1	3,40	0,2	0,05
2,62*	0,08	2,07	0,04	0,1	3,55	0,2	0,05
2,70	0,09	2,13	0,04	0,1	3,65	0,2	0,05
2,95	0,09	2,33	0,04	0,1	4,00	0,5	0,05
3,0	0,09	2,40	0,04	0,15	4,05	0,5	0,07
3,15	0,09	2,52	0,05	0,15	4,25	0,5	0,07
3,50 - 3,53*	0,09	2,82	0,05	0,15	4,75	0,5	0,07
3,60	0,1	2,88	0,05	0,15	4,85	0,5	0,07
4,0	0,1	3,20	0,06	0,15	5,40	0,5	0,07
4,50	0,1	3,64	0,06	0,15	6,00	0,5	0,07
4,70	0,1	3,80	0,06	0,15	6,30	0,5	0,07
4,80	0,1	3,88	0,06	0,15	6,40	0,5	0,07
5,0	0,1	4,04	0,06	0,15	6,70	0,7	0,10
5,33* - 5,34	0,13	4,31	0,08	0,15	7,15	0,7	0,10
5,50	0,13	4,45	0,08	0,15	7,35	0,7	0,10
5,70	0,13	4,61	0,08	0,15	7,65	0,7	0,10
5,80	0,13	4,69	0,08	0,15	7,75	0,7	0,10
6,0	0,13	4,91	0,08	0,18	8,15	0,7	0,13
6,40	0,13	5,24	0,1	0,18	8,70	0,7	0,13
6,50	0,13	5,32	0,1	0,18	8,85	0,7	0,13
6,90	0,13	5,65	0,1	0,18	9,40	0,7	0,13
6,99*	0,15	5,72	0,1	0,18	9,50	0,7	0,13
7,0	0,15	5,73	0,1	0,18	9,55	0,7	0,13
7,50	0,15	6,14	0,1	0,18	10,20	1,0	0,13
8,0	0,18	6,55	0,1	0,18	10,90	1,0	0,13
8,40	0,18	6,87	0,15	0,18	11,45	1,0	0,13
9,0	0,2	7,65	0,15	0,18	11,85	1,0	0,13
10,0	0,2	8,50	0,15	0,18	13,20	1,0	0,13
11,0	0,2	9,35	0,15	0,18	14,50	1,0	0,13
12,0	0,2	10,20	0,15	0,18	15,85	1,0	0,13
13,0	0,2	11,05	0,15	0,18	17,15	1,5	0,13
14,0	0,2	11,90	0,3	0,18	18,45	1,5	0,13
16,0	0,2	13,60	0,3	0,18	21,10	1,5	0,13
18,0	0,2	15,30	0,3	0,18	23,75	1,5	0,13
20,0	0,2	17,00	0,3	0,18	26,40	1,5	0,13

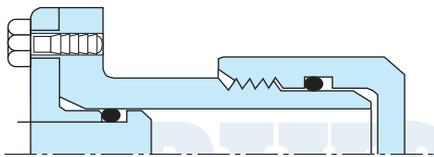
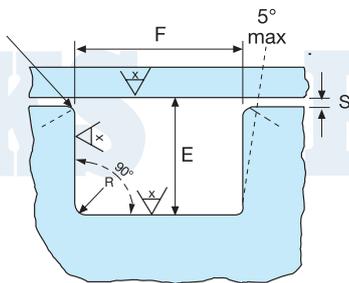


Fig. 1-28

Kanten brechen, ca. R = 0,15mm (.005 Zoll)



X = Oberflächenfinish µ R_a
Nuttiefe ist inklusive Spalt

Fig. 1-27 a

12. O-Ring Nutgestaltung

12 C. Auslegung von Trapez-Nuten (Schwalbenschwanz-Nuten)

Nutauslegung für statische Anwendungen und O-Ringe in Trapez-Nuten (Zoll)

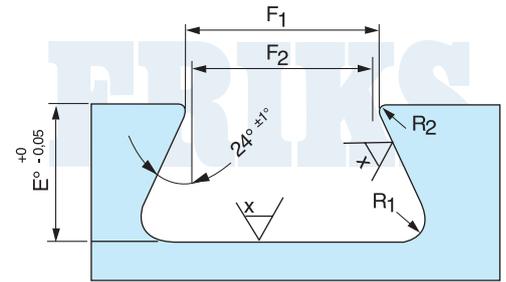
Trapez-Nuten werden verwendet, um den O-Ring bei der Montage oder Wartungsarbeiten in der Nut zu halten. Diese Nutauslegung ist sehr unüblich sowie sehr aufwendig herzustellen und sollte nur Anwendung finden, wenn dies absolut notwendig ist. Eine Trapez-Nut wird nur für O-Ringe mit einer Schnurstärke von 3,53mm (.139 Zoll) und größer empfohlen.

Oberflächenfinish X

Kontaktfläche und Nutgrund:
für Flüssigkeiten
X = 0,8 µm R_a (32 Microinch)

für Vakuum und Gase
X = 0,4 µm R_a (16 Microinch)

Nutseiten:
X = 1,6 µm R_a (63 Microinch)



X = Oberflächenfinish µ R_a

Fig. 1-30

Tabelle AS.C3 – Nutabmessungen für Trapez-Nuten (Zoll)

O-Ring Schnurstärke W	Nuttiefe E	Verpressung %	Nutbreite zum scharfen Winkel F ₂	Nutradius	
1/16	.070	.050/.052	27	.055/.059	.005 .015
3/32	.103	.081/.083	21	.083/.087	.010 .015
1/8	.139	.111/.113	20	.113/.117	.010 .030
3/16	.210	.171/.173	18	.171/.175	.015 .030
1/4	.275	.231/.234	16	.231/.235	.015 .060
3/8	.375	.315/.319	16	.315/.319	.020 .090

Der Radius „R2“ ist kritisch. Ein ungenügender Radius führt zu einer Beschädigung des O-Rings bei dessen Montage, wohingegen ein zu großer Radius Extrusion fördern kann. R2 ist ein Größenradius, R1 ein Fertigungsradius.

12. O-Ring Nutgestaltung

12 C. Auslegung von Trapez-Nuten (Schwalbenschwanz-Nuten)

Nutauslegung für statische Anwendungen und O-Ringe in Trapez-Nuten (metrisch)

Trapez-Nuten werden verwendet, um den O-Ring bei der Montage oder Wartungsarbeiten in der Nut zu halten. Diese Nutauslegung ist sehr unüblich sowie sehr aufwendig herzustellen und sollte nur Anwendung finden, wenn dies absolut notwendig ist. Eine Trapez-Nut wird nur für O-Ringe mit einer Schnurstärke von 3,53mm (.139 Zoll) und größer empfohlen.

Oberflächenfinish X

Kontaktfläche und Nutgrund:
für Flüssigkeiten

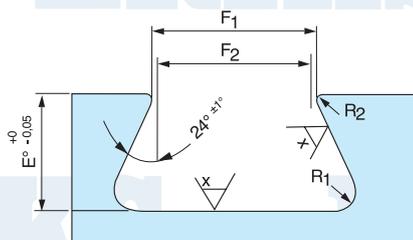
X = 0,8 µm R_a (32 Microinch)

für Vakuum und Gase

X = 0,4 µm R_a (16 Microinch)

Nutseiten:

X = 1,6 µm R_a (63 Microinch)



X = Oberflächenfinish µ R_a

Fig. 1-30

Tabelle 3.C-3 – Nutabmessungen für Trapez-Nuten (metrisch)

W O-Ring Schnurstärke Millimeter	E Nuttiefe E+0/-0,05	F Nutbreite		R Radius	
		F ₂ +/-0,05	F ₁ +/-0,05	R ₁	R ₂
3,0	2,40	2,45	2,60	0,4	0,25
3,5 - 3,53*	2,80	2,80	3,05	0,8	0,25
4,0	3,20	3,10	3,40	0,8	0,25
4,5	3,65	3,50	3,75	0,8	0,25
5,0	4,15	3,85	4,10	0,8	0,25
5,33*	4,40	4,10	4,35	0,8	0,25
5,5	4,6	4,20	4,60	0,8	0,4
5,7	4,8	4,35	4,75	0,8	0,4
6,0	5,05	4,55	4,95	0,8	0,4
6,5	5,50	4,90	5,30	0,8	0,4
6,99* - 7,0	5,95	5,25	5,65	1,5	0,4
7,5	6,40	5,60	6,00	1,5	0,4
8,0	6,85	6,00	6,50	1,5	0,5
8,4	7,25	6,25	6,80	1,5	0,5
8,5	7,35	6,35	6,90	1,5	0,5
9,0	7,80	6,70	7,25	1,5	0,5
9,5	8,20	7,05	7,60	1,5	0,5
10,0	8,70	7,40	7,95	1,5	0,5

Abmessungen in Millimeter, *US/BS Norm AS 568

Der Radius „R2“ ist kritisch. Ein ungenügender Radius führt zu einer Beschädigung des O-Rings bei dessen Montage, wohingegen ein zu großer Radius Extrusion fördern kann.

R2 ist ein Größenradius, R1 ein Fertigungsradius.

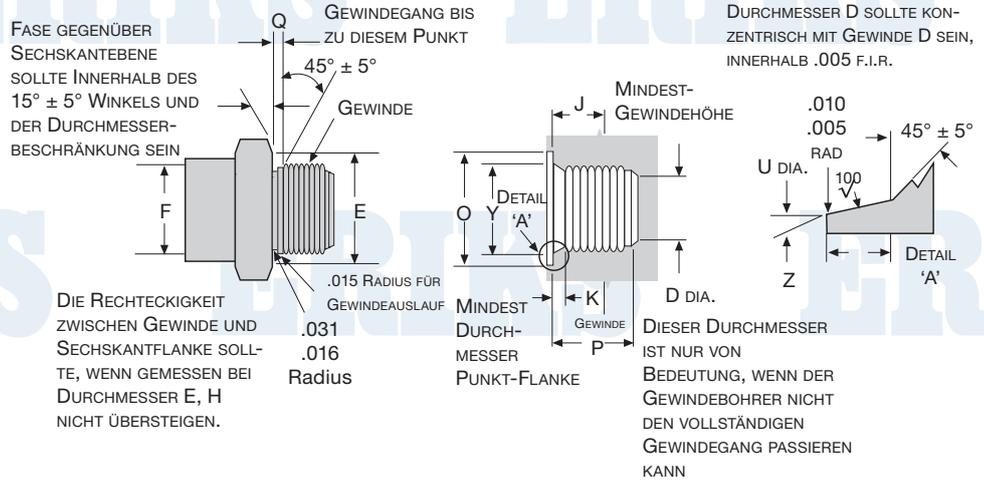
F1 ist die Nutbreite, gemessen vom/zum scharfen Winkel; F2 ist die Nutbreite vom/zum runden Winkel.

12. O-Ring Nutgestaltung

12 D. Nutauslegung für O-Ringe als statische Gewindedichtungen

O-Ring Gewindedichtungen für gerade Einschraub-Rohrverschraubungen.

Die 900er Reihe der AS 568 Dash-Nummern legen die Größen der Nabendichtungen von Rohrverschraubungen fest. Die Ziffern nach der 9 identifizieren die nominale Rohrgröße in 16tel Zoll. Die Rohrgröße ist der Außendurchmesser (AD). Als Beispiel: Größe 903 ist für den Einsatz mit einem Rohr mit 3/16 Zoll Außendurchmesser gedacht.



Gewindegang Abmessungen

AS 568 Nr. der O-Ring Größe	O-Ring Schnur- stärke	I.D.	Rohr Außen Ø	Gewinde	J min. Gewin- detiefe	D min.	U +.005 -.000	K +.015 -.000	Y min.	P min.	Z ±1°	O min.
-902	.064 ± .003	.239 ± .005	1/8	5/16-24 UNF-2B	.390	.062	.358	.074	.672	.468	12°	.438
-903	.064 ± .003	.301 ± .005	3/16	3/8-24 UNF-2B	.390	.125	.421	.074	.750	.468	12°	.500
-904	.072 ± .003	.351 ± .005	1/4	7/16-20 UNF-2B	.454	.172	.487	.093	.828	.547	12°	.563
-905	.072 ± .003	.414 ± .005	5/16	1/2-20 UNF-2B	.454	.234	.550	.093	.906	.547	12°	.625
-906	.078 ± .003	.468 ± .005	3/8	9/16-20 UNF-2B	.500	.297	.616	.097	.909	.609	12°	.688
-908	.087 ± .003	.644 ± .009	1/2	3/4-16 UNF-2B	.562	.391	.811	.100	1.188	.688	15°	.875
-910	.097 ± .003	.755 ± .009	5/8	7/8-14 UNF-2B	.656	.484	.942	.100	1.344	.781	15°	1.000
-912	.116 ± .004	.924 ± .009	3/4	1 1/16-12 UN-2B	.750	.609	1.148	.130	1.625	.906	15°	1.250
-913	.116 ± .004	.986 ± .010	13/16									
-914	.116 ± .004	1.047 ± .010	7/8	1 3/16-12 UN-2B	.750	.719	1.273	.130	1.765	.906	15°	1.375
-916	.116 ± .004	1.171 ± .010	1	1 5/16-12 UN-2B	.750	.844	1.398	.130	1.910	.906	15°	1.500
-920	.118 ± .004	1.475 ± .014	1 1/4	1 5/8-12 UN-2B	.750	1.078	1.713	.132	2.270	.906	15°	1.875
-924	.118 ± .004	1.720 ± .014	1 1/2	1 7/8-12 UN-2B	.750	1.312	1.962	.132	2.560	.906	15°	2.125
-932	.118 ± .004	2.337 ± .018	2	2 1/2-12 UN-2B	.750	1.781	2.587	.132	3.480	.906	15°	2.750

Verschraubungsabmessungen (MS 33656)

O-Ring Größe, Nr.	O-Ring Schnurstärke	I.D.	Rohr Außen Ø	Gewinde	F + .002 - .003	D max.	U ± .010	K + .015 - .000
AS-902	.064 ± .003	.239 ± .005	1/8	5/16-24 UNF-2B	.250	.005	.549	.063
AS-903	.064 ± .003	.301 ± .005	3/16	3/8-24 UNF-2B	.312	.005	.611	.063
AS-904	.072 ± .003	.351 ± .005	1/4	7/16-20 UNF-2B	.364	.005	.674	.075
AS-905	.072 ± .003	.414 ± .005	5/16	1/2-20 UNF-2B	.426	.005	.736	.075
AS-906	.078 ± .003	.468 ± .005	3/8	9/16-18 UNF-2B	.481	.005	.799	.083
AS-908	.087 ± .003	.644 ± .009	1/2	3/4-16 UNF-2B	.660	.005	.986	.094
AS-910	.097 ± .003	.755 ± .009	5/8	7/8-14 UNF-2B	.773	.005	1.111	.107
AS-912	.116 ± .004	.924 ± .009	3/4	1 1/16-12 UN-2B	.945	.008	1.361	.125
AS-914	.116 ± .004	1.047 ± .010	7/8	1 3/16-12 UN-2B	1.070	.008	1.475	.125
AS-916	.116 ± .004	1.171 ± .010	1	1 5/16-12 UN-2B	1.195	.008	1.599	.125
AS-920	.118 ± .004	1.475 ± .014	1 1/4	1 5/8-12 UN-2B	1.507	.008	1.849	.125
AS-924	.118 ± .004	1.720 ± .014	1 1/2	1 7/8-12 UN-2B	1.756	.008	2.095	.125
AS-932	.118 ± .004	2.337 ± .018	2	2 1/2-12 UN-2B	2.381	.008	2.718	.125

12. O-Ring Nutgestaltung

12 E. Nutauslegung für die dynamische Hydraulik

Nutauslegung für dynamische Hydraulik-Anwendungen (Zoll)

Die folgenden Tabellen geben Nutabmessungen für wechselseitig bewegende und reversierende Anwendungen wieder, bei denen gegen Hydraulikflüssigkeiten und anderen viskosen Flüssigkeiten abgedichtet wird.

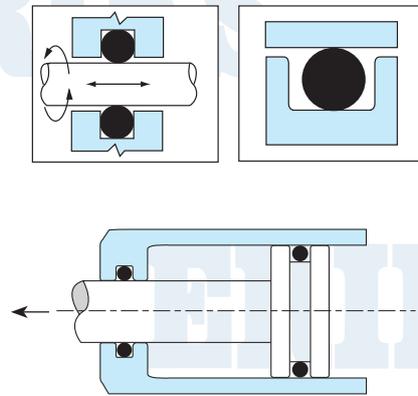


Fig. 1-33/34

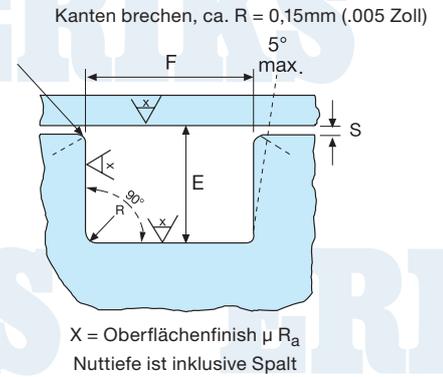


Fig. 1-27

Oberflächenfinish X

Kontaktfläche und Nutgrund:
X = 0,4 µm Ra (16 Microinch)

Nutseiten:
X = 0,8 µm Ra (32 Microinch)

Tabelle AS.D1 – Nutabmessungen für dynamische Dichtungen – industrielle, wechselseitig bewegende Anwendungen (Zoll)

O-Ring Schnurstärke W		Nuttiefe Radial dynamisch E	Dynamische Verpressung für radiale Dichtungen		Diametrisches Spiel	Nutbreite** F			Nutraadius R	Maximale Exzentrizität¹
nominal	effektiv		effektiv	%		Standard	ein Stützring²	zwei Stützringe²		
1/16	.070	.055/.057	.010/.018	15/25	*.002 min.	.093/.098	.138/.143	.205/.210	.005/.015	.002
3/32	.103	.088/.090	.010/.018	10/17	*.002 min.	.140/.145	.171/.176	.238/.243	.005/.015	.002
1/8	.139	.121/.123	.012/.022	9/16	*.003 min.	.187/.192	.208/.213	.275/.280	.010/.025	.003
3/16	.210	.185/.188	.017/.030	8/14	*.003 min.	.281/.286	.311/.316	.410/.415	.020/.035	.004
1/4	.275	.237/.240	.029/.044	11/16	*.004 min.	.375/.380	.408/.413	.538/.543	.020/.035	.005

- Gemessen zwischen Nut und anliegendem abzudichtenden Bauteil.
- Diese Nutabmessungen beziehen sich auf Compounds, die im Betrieb weniger als 15% quellen. Bei stärker quellenden Werkstoffen muss der Nutbreite entsprechend angeglichen werden.

** Die Nutbreite basiert auf die Verwendung von elastomeren Stützringen.

Für Nutauslegungen mit spiralförmigen PTFE Stützringen siehe Tabelle 3.D-2.

* Siehe Tabelle 13.A für die Bestimmung des maximal tolerierbaren Spiels, basierend auf den vorhandenen Druck und der Härte des Compounds.

* Die Abmessungen der Stange bei Nutauslegungen im Vatterteil sollte anhand des maximalen Spiels, welches aus der Extrusions-Tabelle 13.A abgeleitet werden kann und des oben genannten minimalen Spalts berechnet werden.

* Die Abmessungen der Bohrung bei Nutauslegungen im Vatterteil sollte anhand des maximalen Spiels, welches aus der Extrusions-Tabelle 13.A abgeleitet werden kann und des oben genannten minimalen Spalts berechnet werden.

12. O-Ring Nutgestaltung

12 E. Nutauslegung für die dynamische Hydraulik

Nutauslegung für dynamische Hydraulik-Anwendungen (Zoll)

Die folgenden Tabellen geben Nutabmessungen für wechselseitig bewegende und reversierende Anwendungen wieder, bei denen gegen Hydraulikflüssigkeiten und anderen viskosen Flüssigkeiten abgedichtet wird.

Oberflächenfinish X

Kontaktfläche und Nutgrund:
X = 0,4 µm R_a (16 Microinch)

Nutseiten:

X = 0,8 µm R_a (32 Microinch)

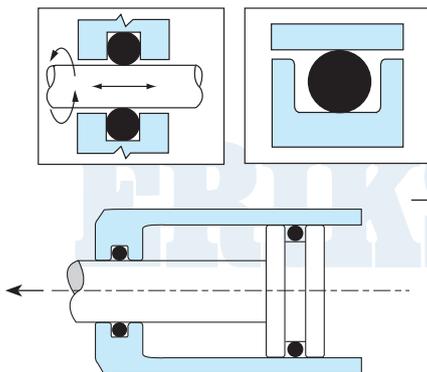
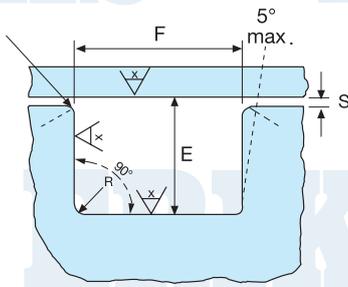


Fig. 1-33/34

Kanten brechen, ca. R = 0,15mm (.005 Zoll)



X = Oberflächenfinish µ R_a
Nuttiefe ist inklusive Spalt

Fig. 1-27

Tabelle 3.D-1 – Nutabmessungen für statische Dichtungen – industrielle, wechselseitig bewegende Anwendungen (metrisch)

W O-Ring Schnurstärke		E Nuttiefe		S Diametrisches Spiel	F Nutbreite	R Nutradius	Maximale Exzentrizität
Durchmesser in Millimeter	Toleranz +/- DIN3771	in Millimeter	Toleranz -0/+		Toleranz -0/+0,13		
0,90	0,08	0,72	0,02	0,1	1,20	0,2	0,05
1,0 - 1,02	0,08	0,80	0,02	0,1	1,35	0,2	0,05
1,20	0,08	0,96	0,02	0,1	1,60	0,2	0,05
1,25 - 1,27	0,08	1,00	0,02	0,1	1,70	0,2	0,05
1,42	0,08	1,13	0,02	0,1	1,90	0,2	0,05
1,50	0,08	1,20	0,02	0,1	2,00	0,2	0,05
1,60 - 1,63	0,08	1,28	0,03	0,1	2,10	0,2	0,05
1,78* - 1,80	0,08	1,42	0,03	0,1	2,40	0,2	0,05
1,90	0,08	1,52	0,03	0,1	2,50	0,2	0,05
2,0	0,08	1,60	0,04	0,1	2,65	0,2	0,05
2,20 - 2,21	0,08	1,89	0,04	0,1	3,00	0,2	0,05
2,40	0,08	2,06	0,04	0,1	3,25	0,2	0,05
2,46	0,08	2,11	0,04	0,1	3,35	0,2	0,05
2,50	0,08	2,15	0,04	0,1	3,40	0,2	0,05
2,62*	0,08	2,25	0,04	0,1	3,55	0,2	0,05
2,70	0,09	2,32	0,04	0,1	3,70	0,2	0,05
2,95	0,09	2,53	0,04	0,1	4,00	0,5	0,05
3,0	0,09	2,61	0,04	0,15	4,05	0,5	0,07
3,15	0,09	2,74	0,05	0,15	4,25	0,5	0,07
3,50 - 3,53*	0,09	3,07	0,05	0,15	4,75	0,5	0,07
3,60	0,1	3,13	0,05	0,15	4,85	0,5	0,07
4,0	0,1	3,48	0,05	0,15	5,40	0,5	0,07
4,50	0,1	3,99	0,05	0,15	6,00	0,5	0,07
4,70	0,1	4,17	0,05	0,15	6,30	0,5	0,07
4,80	0,1	4,26	0,05	0,15	6,40	0,5	0,07
5,0	0,1	4,44	0,05	0,15	6,70	0,7	0,10
5,33* - 5,34	0,13	4,73	0,05	0,15	7,15	0,7	0,10
5,50	0,13	4,88	0,05	0,15	7,40	0,7	0,10
5,70	0,13	5,06	0,05	0,15	7,60	0,7	0,10
5,80	0,13	5,15	0,05	0,15	7,75	0,7	0,10
6,0	0,13	5,19	0,05	0,18	8,15	0,7	0,13
6,40	0,13	5,54	0,05	0,18	8,70	0,7	0,13
6,50	0,13	5,63	0,05	0,18	8,85	0,7	0,13
6,90	0,13	5,97	0,05	0,18	9,40	0,7	0,13
6,99*	0,15	6,05	0,05	0,18	9,50	0,7	0,13
7,0	0,15	6,06	0,05	0,18	9,55	0,7	0,13
7,50	0,15	6,49	0,05	0,18	10,20	1,0	0,13
8,0	0,18	6,92	0,05	0,18	10,90	1,0	0,13
8,40	0,18	7,27	0,05	0,18	11,45	1,0	0,13
9,0	0,2	7,92	0,05	0,18	12,10	1,0	0,13
10,0	0,2	8,80	0,05	0,18	13,40	1,0	0,13

* US/BS Norm AS 568A

** Für Nutbreiten mit Stützringe für O-Ringe nach AS 658A, siehe Tabelle 3.D-2. Setzen Sie sich bitte mit uns für Nutbreiten von metrischen O-Ringen mit Stützringen in Verbindung.

12. O-Ring Nutgestaltung

12 F. Nutauslegung für statische und dynamische Anwendung und der Verwendung von Stützringen

Die Verwendung von Stützringen

Extrusion tritt auf wenn Teile des O-Rings aufgrund des Systemdrucks durch den Spalt zwischen zwei aneinanderliegenden Metallteilen gedrückt werden.

Eine Extrusion kann auf verschiedene Arten verhindert werden:

- eine Reduzierung des Spalts hilft bei der Verhinderung.
- ein härterer O-Ring Werkstoff, zum Beispiel NBR 90° Shore A, FKM 90° oder 95° Shore A und PUR (Polyurethan), kann zur Vorbeugung eingesetzt werden. (FKM 95° Shore A ist darüber hinaus hervorragend geeignet gegenüber explosive Dekompression, siehe dazu Seite 80.)
- ein O-Ring kann mit einem Stützring aus einem härteren Werkstoff eingebaut werden, der den Spalt schließt und den O-Ring abstützt.

Die Verwendung von Stützringen ist von der O-Ring Härte, des Systemdrucks und der Art der Anwendung, entweder statisch oder dynamisch, abhängig. Im Allgemeinen gelten die folgenden Richtlinien:

Statische Hochdruckanwendungen:

Bis 70 bar (7 MPa, 1.000psi) ohne Stützring, bis 400 bar (40 MPa, 6.000psi) mit Stützring, bis 2.000 bar (200 MPa, 30.000psi) mit einer Spezialkonstruktion.

Dynamische Anwendungen:

Wechselseitig bewegende Anwendungen bis 50 bar (5 MPa, 750psi) ohne Stützring; höhere Drücke mit Stützring.

Geschwindigkeit:

Wechselseitig bewegend bis 0,5 m/sek.

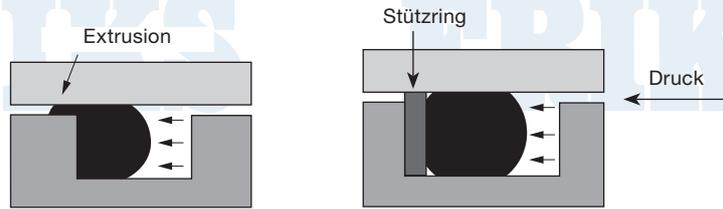
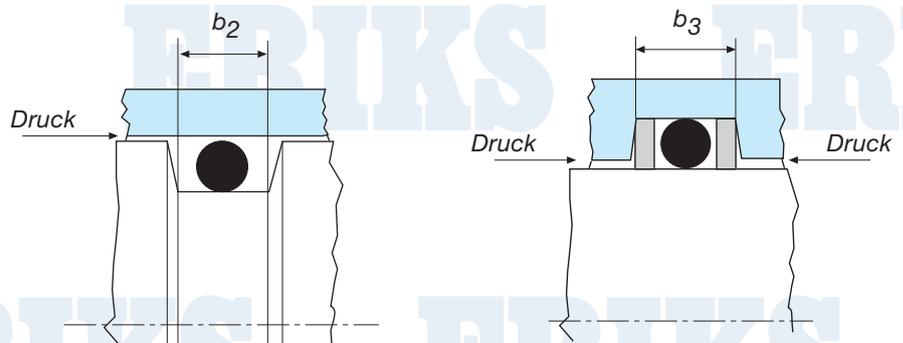


Fig. 1-38

Verschiedene Formen von Stützringen:



12. O-Ring Nutgestaltung

Lösungen mit Stützringen

In der Praxis tritt eine Extrusion von 70° Shore A harten O-Ringen in statischen Anwendungen bei einer Temperatur von 20°C (70°F), den richtigen Spaltmaßen und Drücken von bis zu 80 bar (8 MPa, 1.200psi) nicht auf.

Um das Risiko der Extrusion zu vermeiden, wird der Einsatz von 90° Shore A harte O-Ringe ab Drücken von 50 bar (5 MPa, 750psi) empfohlen, sofern die Nutabmessungen zu klein für den Einsatz von Stützringen sind, oder die Nut nicht für den Einsatz von Stützringen hergestellt werden kann. Im Allgemeinen ist es empfehlenswert, in dynamischen Anwendungen mit Drücken über 50 bar (5 MPa, 750psi) Stützringe einzusetzen.

Stützringe werden für gewöhnlich aus einem Werkstoff hergestellt, der härter ist, als der O-Ring Werkstoff. Stützringe können aus PTFE, PTFE-Verbundstoffe, 90° bis 95° harten Elastomeren und einigen Kunststoffen wie Polyamide oder PEEK für Hochtemperaturanwendungen, hergestellt werden.

Stützringe werden in die Nut in Druckrichtung hinter dem O-Ring eingebaut. Siehe dazu auch Fig. 1-22.

In Anwendungen mit wechselseitiger Druckbeaufschlagung werden zwei Stützringe eingesetzt; einer an jeder Seite des O-Rings. Bei der Verwendung von Stützringen müssen die Nuten angepasst werden, um diese auch aufnehmen zu können. Die empfohlenen Nutbreiten aus den Tabellen zur Nutauslegung sollten daher um die Stärke des Stützringes, beziehungsweise der Stützringe, erhöht werden.

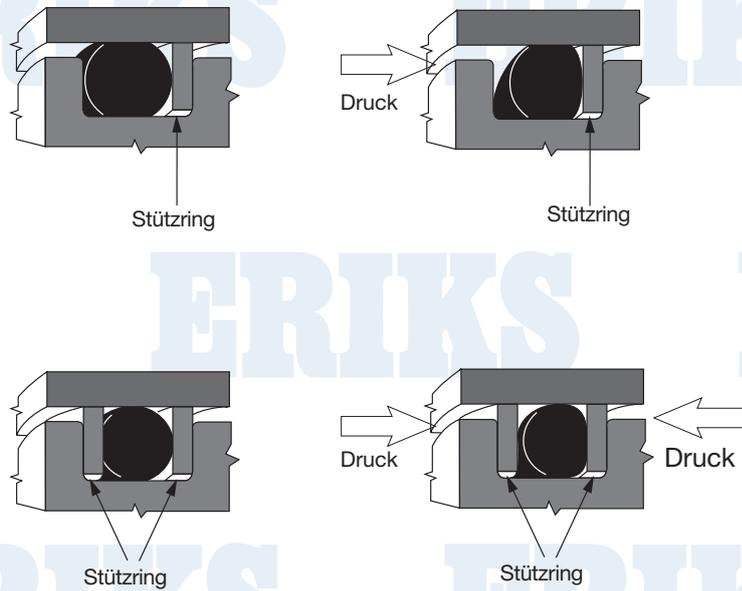


Fig. 1-22

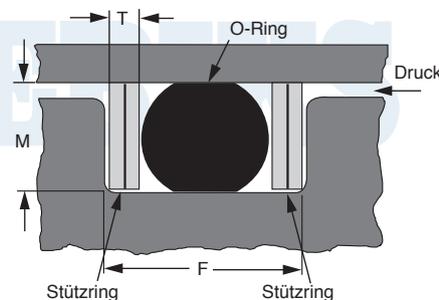


Fig. 1-35

12. O-Ring Nutgestaltung

Stützring-Ausführungen

Spiralförmige und geschlitzte (oder Schrägschnitt) PTFE Stützringe sind aufgrund der Einfachheit der Montage dieser Ausführungen eine gebräuchliche Wahl. Bitte beachten Sie dabei, dass die Höhe des Stützrings gleich die Nuttiefe plus des Dichtspalts ist. Siehe Fig. 1-23. Ein endloser PTFE Stützring wird für Anwendungen mit höheren Systemdrücken empfohlen. Endlose PTFE Stützringe können allerdings nur in zweiteiligen Nuten eingebaut werden. Konkave NBR Stützringe werden für Anwendungen mit höheren Systemdrücken empfohlen, bei denen der Stützring während des Einbaus aufgedehnt werden muss. Siehe Fig. 1-24. Standard Abmessungen für AS 568 O-Ringe mit Stützringe sind in der Tabelle 3.D-2 aufgeführt.

PTFE Stützringe sind in kundenspezifischen Abmessungen verfügbar. Bitte setzen Sie sich mit uns für weitere Informationen in Verbindung.

Für US Standard O-Ringe nach AS 568 sind spiralförmige PTFE Stützringe in Standardabmessungen verfügbar. Aus der Tabelle 3.D-2 können Sie empfohlene O-Ring Nutabmessungen mit Standard Stützringen entnehmen. Siehe Fig. 1-35.

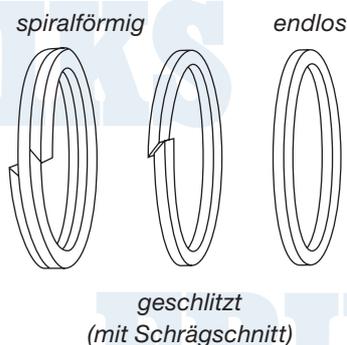


Fig. 1-23

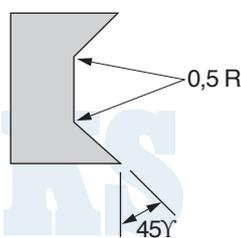


Fig. 1-24

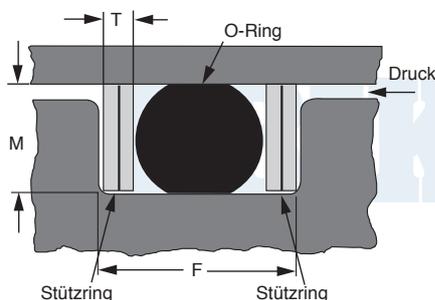


Fig. 1-35

Tabelle 3.D-2 – Nutabmessungen für O-Ringe mit spiralförmigen Standard Stützringen

O-Ring Schnurstärke W		Stärke des Stützringes T		Nuttiefe (inkl. Dichtspalt) M		Nutbreite F			
Millimeter	Zoll	Zoll	Millimeter	Zoll	Millimeter	Zoll	Millimeter	Zoll	Millimeter
		+0 / -.001	+0 / -0,25	+0 / -.002	+0 / -0,25	+.004/-0	+0,10 / -0	+.004/-0	+0,10 / -0
1,78	.070	1,5	.057	1,45	.150	3,80	.209	5,30	
2,62	.103	1,5	.090	2,25	.197	5,00	.256	6,50	
3,53	.139	1,5	.123	3,10	.244	6,20	.303	7,70	
5,33	.210	1,8	.188	4,70	.350	8,90	.421	10,70	
7,0	.275	2,6	.238	6,05	.476	12,10	.579	14,70	

Hinweis:

Wir führen auch Parbak® Stützringe in verschiedenen Compounds von 90° Shore A Härte (vorzugsweise in AS-Abmessungen) als Lagerware.

12. O-Ring Nutgestaltung

PTFE Stützring Standardabmessungen für AS 568 O-Ringe

Die Abmessung „E“ des Stützringes ist für dynamische Anwendungen abhängig von der Tiefe der Nut. Die Standard Nutbreite muss um das ein- oder zweifache der Stärke des Stützringes erhöht werden, je nachdem, wie viele Stützringe eingebaut werden müssen. (Siehe Fig. 1-39 und 1-40.)

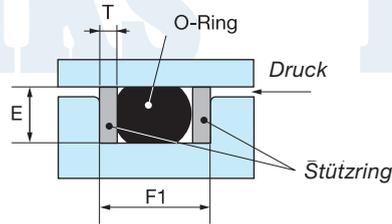


Fig. 1-39

Ein Stützring muss auf der Seite eingebaut werden, auf der die Gefahr der Extrusion des O-Ringes oder X-Ringes besteht.

Nur für den Fall von wechselnden Druckrichtungen sind Stützringe auf beiden Seiten der Dichtung notwendig. Standard Stützringe sind für O-Ringe nach Tabelle 3.D-2A erhältlich.

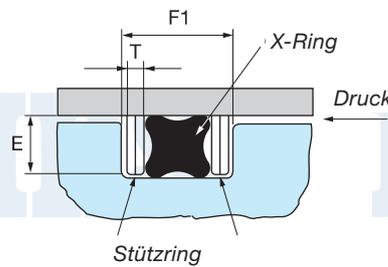


Fig. 1-40

Bitte fragen Sie einen unserer Stützring-Spezialisten für Informationen über Sondergrößen.

12. O-Ring Nutgestaltung

12 G. Nutauslegung für Teflon® ummantelte O-Ringe, Teflex O-Ringe

Der Teflex O-Ring besteht aus einem elastomeren Voll- oder Hohlkern, der nahtlos von einer Teflon® FEP oder PFA Hülle ummantelt ist. Der elastomere Kern kann dabei FKM oder Silikon-Kautschuk sein. Vollkern Teflex O-Ringe werden im Allgemeinen in statischen Anwendungen eingesetzt. Teflex O-Ringe mit Silikon-Hohlkern werden gemeinhin für Anwendungen, in denen eine geringere Dichtkraft benötigt wird, wie in halb-dynamischen Anwendungen, eingesetzt.

Der Teflex O-Ring bietet eine effektive Lösung für viele schwierige Anwendungen. Die Teflon® FEP oder PFA Ummantelung erbringt die eigentliche Dichtwirkung. Der elastomere Kern stellt dabei eine gleichbleibende Vorspannung der Dichtung sicher. Das Ergebnis ist eine homogene Dichtvorspannung, die durch den Systemdruck noch erhöht wird. Ein ummantelter O-Ring verhält sich wie eine hochviskose Flüssigkeit: jede Druckeinwirkung auf den O-Ring wird in alle Richtungen uneingeschränkt übertragen.

FEP und PFA wird alternativ zu PTFE eingesetzt, da sich diese Werkstoffe für das Spritzguss-Verfahren (dem so genannten „Injection Moulding“) eignen.

Die maximale Betriebstemperatur von FEP beträgt 204°C (400°F) und die von PFA 260°C (500°F). Die chemischen und elektrischen Eigenschaften ähneln den von PTFE. PFA bietet darüber hinaus eine zusätzliche Abriebbeständigkeit. (Siehe Fig. 1-43.).

Warum sind Teflex O-Ringe notwendig?

Es gibt bestimmte Anwendungen, die einen Einsatz von konventionellen elastomeren O-Ringen verbieten. Der Einsatz von besonders aggressiven Chemikalien oder extremen Temperaturen (sowohl hoch als auch tief) bei verschiedenen Prozessen macht eine effektive Abdichtung sehr schwer. Viele Dichtungshersteller haben verschiedene „High Performance“ Werkstoffe für diese Anwendungen produziert. ERIKS hat dabei mit der Einführung der Teflex Ringe mitgewirkt.

Teflex O-Ringe sind in verschiedenen Standard Abmessungen verfügbar:

- AS 568, BS 1806
- JIS B2401
- schwedische Norm
- metrische Abmessungen

Darüber hinaus sind Teflex O-Ringe in anderen Abmessungen und alternativen Querschnitten, wie oval, viereckig oder rechteckig, erhältlich. Bitte setzen Sie sich mit uns für weitere Informationen in Verbindung. Nähere Informationen erhalten Sie auch aus unserem speziellen Prospekt über Teflex Dichtungen.

Teflex O-Ringe bieten Ihnen:

- hervorragende chemische Beständigkeit durch die FEP/PFA Ummantelung.
- einen Temperaturbereich von -60°C bis 204°C (-75°F bis 400°F) mit Silikonkern und -15°C bis 204°C (5°F bis 400°F) mit FKM-Kern. Spezielle Anwendungen sind bis 260°C (500°F) möglich.
- eine Gesamthärte von 85° ± 5° Shore A.
- Sterilisierbarkeit.
- Drücke von Vakuum bis 700 bar (70 MPa, 10.000psi).
- niedrige Druckverformungsreste.
- Antihaft-Eigenschaften, eine nicht-klebende Oberfläche, und geringen Reibungskoeffizienten.
- FDA-Konformität.
- schnelle Lieferfähigkeit.
- keine Begrenzungen im Innendurchmesser.

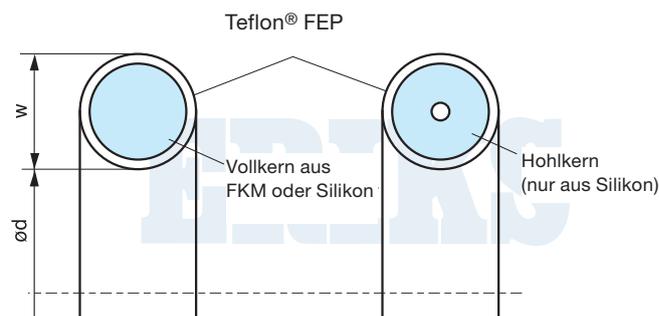


Fig. 1-43

12. O-Ring Nutgestaltung

12 G. Nutauslegung für Teflon® ummantelte O-Ringe, Teflex O-Ringe

Teflex O-Ringe sind in den folgenden Abmessungen erhältlich.

Auf Anfrage können auch Teflex O-Ringe mit speziellem Design oder speziellen Abmessungen geliefert werden.

Tabelle 3E-1 – Standardabmessungen Teflex O-Ringe

O-Ring Schnurstärke W		Kleinstmöglicher Innendurchmesser			
		mit Silikon-Kern		mit Viton®-Kern	
Zoll	Millimeter	Zoll	Millimeter	Zoll	Millimeter
.059 - .079	1,5 - 2	.301	7,65	.487	12,37
.094 - .103	2,4 - 2,62	.361	9,19	.487	12,37
.130 - .139	3,31 - 3,53	.482	12,25	.813	20,64
.150 - .157	3,80 - 4,0	.734	18,64	.859	21,82
.169 - .177	4,3 - 4,5	.787	20,00	.866	22,00
.197	5,0	.826	21,00	.912	23,16
.210	5,33	.850	21,59	.945	24,00
.217 - .236	5,5 - 6,0	1.102	28,00	1.299	33,00
.248 - .276	6,3 - 7,0	1.417	36,00	2.00	50,80
.295 - .315	7,5 - 8,0	2.00	50,80	3.00	76,20
.354 - .374	9,0 - 9,5	3.50	88,90	3.50	88,90
.394	10,0	4.00	101,60	4.00	101,60
.433 - .492	11,0 - 12,5	4.75	120,65	4.75	120,65
.551	14,0	6.00	152,40	6.00	152,40
.591 - .709	15,0 - 18,0	7.00	177,80	7.00	177,80
.748 - .787	19,0 - 20,0	8.00	203,20	8.00	203,20
1.0	25,4	9.00	228,60	9.00	228,60
1.25	31,75	10.00	250,00	10.00	250,00

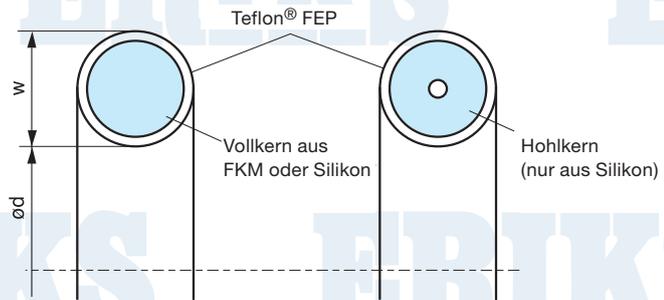


Fig. 1-43

12. O-Ring Nutgestaltung

12 G. Nutauslegung für Teflon® ummantelte O-Ringe, Teflex O-Ringe

Einbau von Teflex O-Ringen

Es ist besonders wichtig, dass der Teflex O-Ring nicht während seines Einbaus beschädigt wird. Eine Dehnung von Teflex O-Ringen wird nicht empfohlen. Brechen Sie alle Kanten vor der Montage und schmieren Sie die Nut vorher ein. Achten Sie darauf, dass der O-Ring bei der Montage nicht zu stark gebogen wird, da dies zu einer Stauchung des FEP/PFA-Mantels führen kann. Der Teflex O-Ring kann zum Beispiel in einem Wasserbad erwärmt werden, wodurch er flexibler und die Montage erleichtert wird. Teflex O-Ringe neigen zur bleibenden Verformung nach einer Belastung. Kleinere Schnurstärken weisen einen höheren Druckverformungsrest auf, als größere Schnurstärken. Aus diesem Grund wird der Einsatz von größtmöglichen Schnurstärken empfohlen. Wir empfehlen den Einsatz von Teflex O-Ringen in statischen Anwendungen. Für den Einsatz in dynamischen Anwendungen sollten Tests unter Praxisbedingungen durchgeführt werden, um eine tatsächliche Eignung sicherzustellen. (Siehe Fig. 1-44.)

Oberflächenfinish X

Kontaktfläche und Nutgrund:
für Flüssigkeiten
X = 0,8 µm R_a (32 Microinch)

für Vakuum und Gase
X = 0,4 µm R_a (16 Microinch)

Nutseiten:
X = 1,6 µm R_a (63 Microinch)

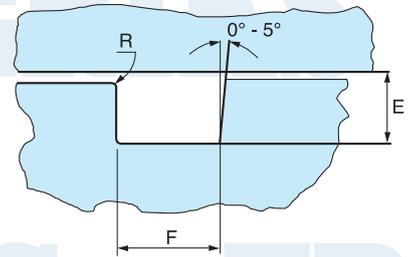


Fig. 1-44

Tabelle 3E-1N – Standardabmessungen Teflex O-Ringe

O-Ring Schnurstärke W		Kleinstmöglicher Innendurchmesser					
		mit Viton® Kern		mit Silikonkern		mit Silikon-Hohlkern	
Millimeter	Zoll	Millimeter	Zoll	Millimeter	Zoll	Millimeter	Zoll
1,60		10,00		5,00		--	
1,78	.070	10,00	.40	5,28	.20	8,00	.30
2,00		10,00		6,80		10,00	
2,50		12,00		7,40		12,00	
2,62	.103	12,00	.50	7,60	.30	16,00	.60
3,00		15,00		12,00		20,00	
3,40		15,00		2,50		23,00	
3,53	.139	15,00	.60	13,00	.50	24,00	1
4,00		16,00		14,00		28,00	
4,25		17,00		14,50		32,00	
4,50		18,00		15,00		35,00	
5,00		22,00		20,00		42,00	
5,33	.210	24,00	1.00	22,00	.90	48,00	2
5,50		27,00		23,00		50,00	
5,70		27,00		24,00		60,00	
6,00		30,00		27,00		75,00	
6,35		40,00		40,00		90,00	
6,99	.275	50,00	2.00	50,00	2	100,00	4
8,00		75,00		75,00		150,00	
8,40		80,00		80,00		160,00	
9,00		100,00		100,00		175,00	
9,52	.375	120,00	5.00	105,00	4	200,00	8
10,00		140,00		110,00		230,00	
11,10		150,00		115,00		250,00	
12,00		180,00		120,00		300,00	
12,70	.500	190,00	7.50	130,00	5	350,00	14
14,30		230,00		180,00		390,00	
15,00		350,00		250,00		400,00	
15,90	.625	400,00	16	280,00	11	450,00	18
19,05	.750	500,00	20	350,00	14	500,00	20
20,63	.812	550,00	22	400,00	16	550,00	22
25,40	1	600,00	24	425,00	17	600,00	24

12. O-Ring Nutgestaltung

12 H. Nutauslegung für PTFE O-Ringe

PTFE hat so gut wie gar keine Elastizität. Aus diesem Grund sollten PTFE O-Ringe nur in statischen Anwendungen mit axialer Verpressung eingesetzt werden.

PTFE O-Ringe benötigen um eine ausreichende Dichtwirkung zu erreichen eine viel höhere Verpressung als Elastomere. Die Steifheit des Materials macht den Einbau von PTFE O-Ringen relativ schwer. Eine Erwärmung auf ungefähr 100°C (215°F) macht PTFE O-Ringe flexibler und dadurch einfacher zu installieren.

Perfluorierte Elastomere haben ähnliche chemische und thermische Eigenschaften wie PTFE, bieten allerdings die Vorteile einer elastomeren Dichtung. In extremen oder kritischen Anwendungen sollte über den Einsatz eines perfluorierten Elastomers (Kalrez®) nachgedacht werden.

(Siehe Fig. 1-45, 1-46, 1-47.)

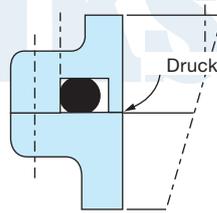


Fig. 1-45

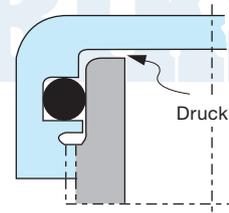


Fig. 1-46

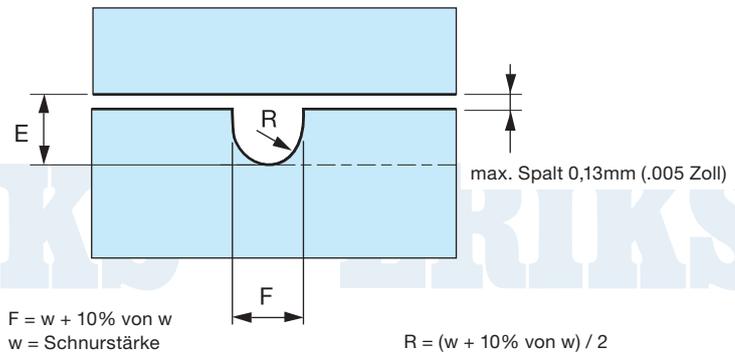


Fig. 1-47

E = 10% bis 20% der Schnurstärke (bei 1,78 bis 5,33mm, bzw. .070 bis .210 Zoll)

E = 10% bis 15% der Schnurstärke (bei 5,33 bis 7mm, bzw. .210 bis .275 Zoll)

Oberflächenfinish X

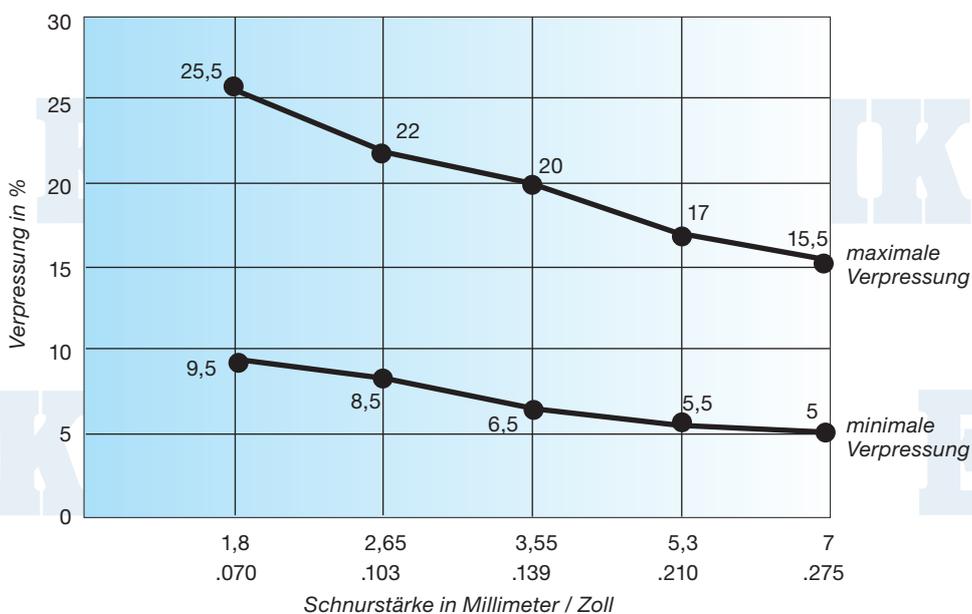
Kontaktfläche und Nutgrund:
für Flüssigkeiten
X = 0,8 mm Ra (32 Microinch)

für Vakuum und Gase
X = 0,4 mm Ra (16 Microinch)

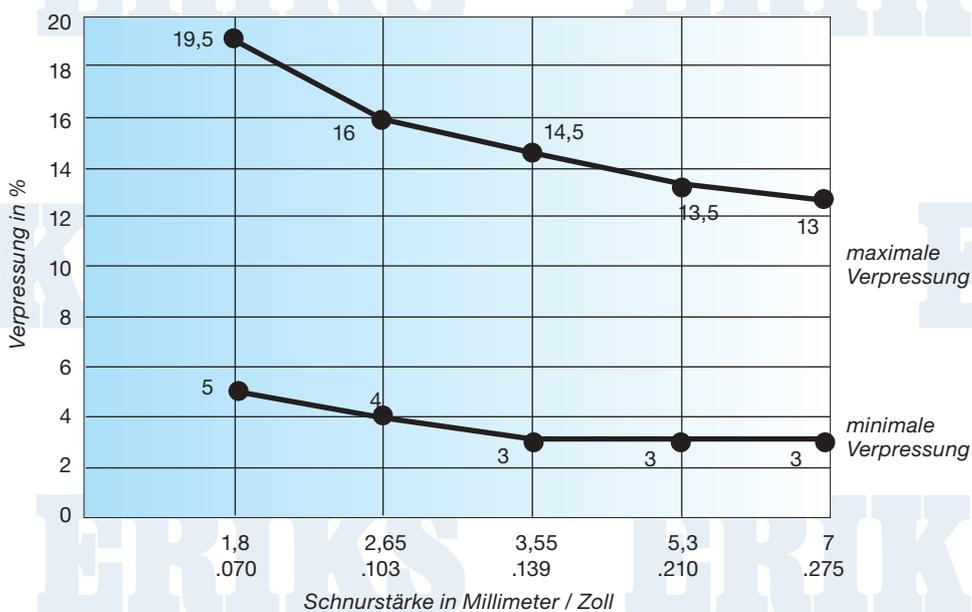
12. O-Ring Nutgestaltung

12 I. Empfohlene O-Ring Verpressung in verschiedenen Anwendungen

1. Pneumatik, außendichtend (Kolbendichtung)



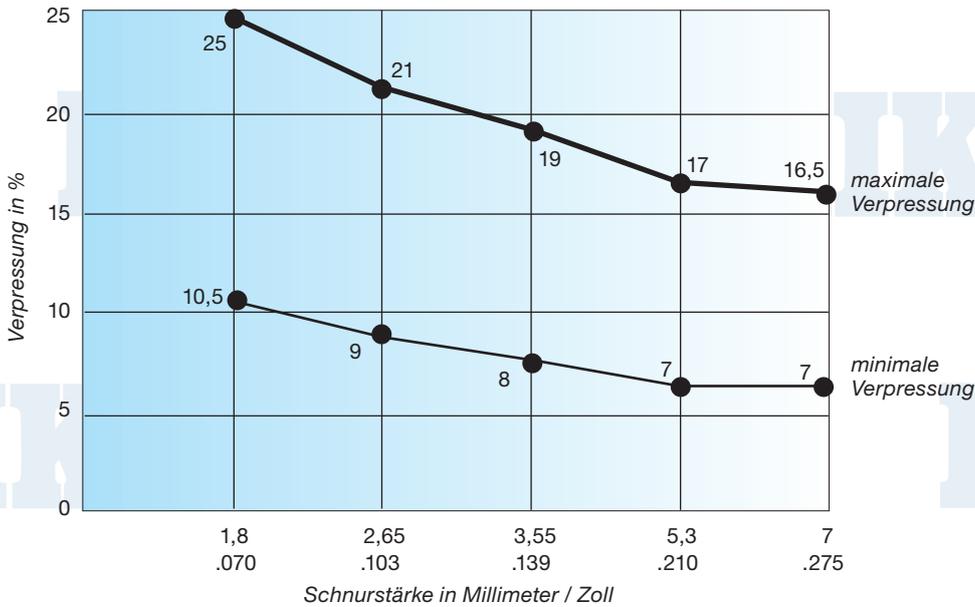
2. Pneumatik, innendichtend (Stangendichtung)



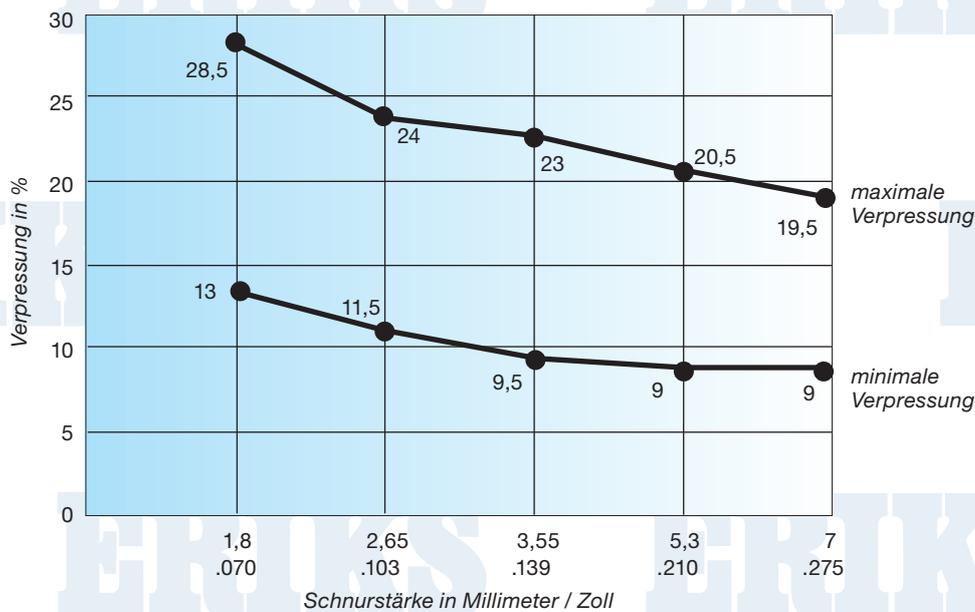
12. O-Ring Nutgestaltung

12 I. Empfohlene O-Ring Verpressung in verschiedenen Anwendungen

3. Hydraulik, innendichtend (Stangendichtung)



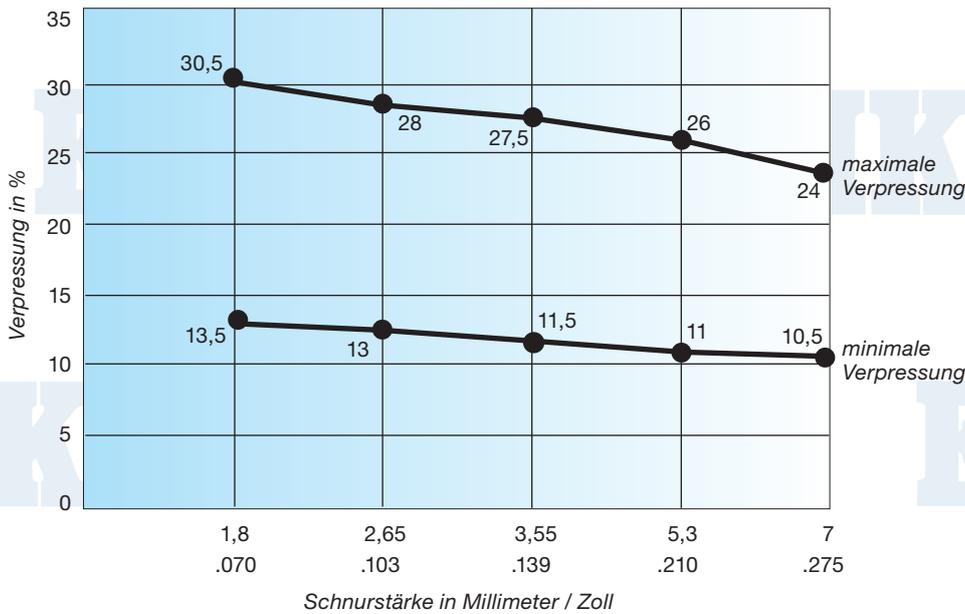
4. Hydraulik, außendichtend (Kolbendichtung)



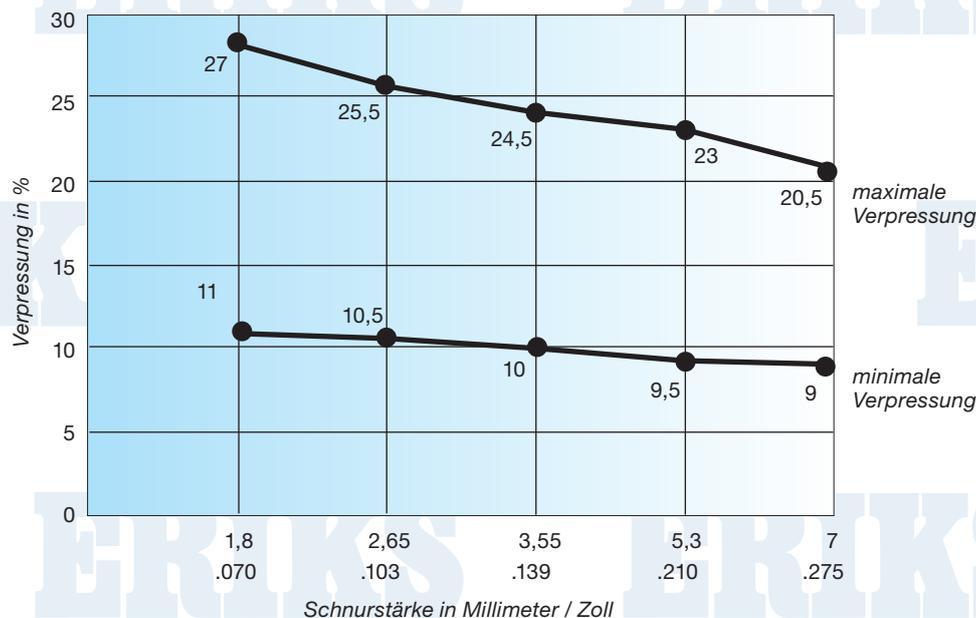
12. O-Ring Nutgestaltung

12 I. Empfohlene O-Ring Verpressung in verschiedenen Anwendungen

5. Statisch außendichtend (Kolbendichtung)



6. Statisch innendichtend (Stangendichtung)



12. O-Ring Nutgestaltung

12 J. Nutauslegung für Kalrez® O-Ringe

Kalrez® Teile werden aus außergewöhnlich resistenten Materialien hergestellt, die in den meisten chemischen Umgebungen bis zu 326°C (625°F) eingesetzt werden können (abhängig vom spezifischen Compound).

Mit diesem Handbuch soll Konstrukteuren eine Hilfe geschaffen werden, die Auswahl eines O-Ringes und der Gestaltung der Nut für spezifische Anwendungen richtig durchzuführen. In harmlosen Medien, bei mäßigen Drücken und Temperaturen ist es weniger problematisch, eine Nut zu konstruieren oder einen O-Ring auszuwählen. In einem Fall allerdings, in dem die Betriebsumgebung aggressiver und die Anwendung spezieller ist, können Probleme bei der Auslegung entstehen. Diese Informationen sollen den Prozess der Nut-/Dichtungsauslegung erleichtern, insbesondere für Kalrez® Perfluorelastomerteile.

Allgemeine Überlegungen in der Dichtungsauswahl oder Nutauslegung

Ein in Frage kommender Dichtungswerkstoff kann ausgewählt werden, wenn die Temperatur und das chemische Medium bekannt sind. Um eine Nut zu konstruieren oder um die geeignetste O-Ring Abmessung für eine bestehende Nutgeometrie auszuwählen, müssen jedoch die Anwendungsumgebung detaillierter betrachtet werden.

- Was ist der Betriebstemperaturbereich?
- Ist die Temperatur zyklisch?
- Wie hoch ist der Druckunterschied und welche Druckrichtung besteht?
- Wenn es eine Vakuum-Anwendung ist: wo tritt das Vakuum auf?
- Ist der Druck oder das Vakuum zyklisch?
- Wie hoch ist die Verpressungs-/Komprimierungsrate, falls der Druck hoch ist (über 80 bar)?
- Ist es eine radiale Dichtung (Nut im Gehäuse oder im Zapfen)?
- Ist es eine axiale Dichtung (Flanschdichtung)?
- Ist es eine konventionelle Nutgeometrie oder ist sie speziell: zum Beispiel eine Dreiecksnut (Quetschnut) oder Trapez-Nut?
- Ist es eine Flachdichtungsanwendung?
- Welche Medien müssen abgedichtet werden?
- Wenn es ein Austausch für eine ausgefallene Dichtung ist: was war die alte Dichtung?
- Was war der Grund des Versagens?
- Ist die Anwendung statisch oder dynamisch?
- Wenn sie dynamisch ist: definieren Sie die Bewegung.
- Wie sind die Nutabmessungen und Toleranzen, wenn diese schon besteht?

12. O-Ring Nutgestaltung

12 J. Nutauslegung für Kalrez® O-Ringe

Das Verhältnis von der O-Ring Schnurstärke zur Nuttiefe gibt die Anfangsverpressung des O-Rings an. Es gibt einige allgemeine Empfehlungen für die Anfangsverpressung im Einsatz von Kalrez® O-Ringen. Diese finden Sie in den nebenstehenden Tabellen.

Die Bedingungen in der ersten Tabelle spiegeln einen „normalen Anwendungsfall“ wieder, in dem die Betriebstemperaturen nicht besonders aggressiv sind und eine thermische Ausdehnung des Werkstoffes nicht im Übermaß zu erwarten ist.

Die Daten von Tabelle 2 sind für Hochtemperaturanwendungen gedacht. Die Temperaturen sind hier so hoch, dass die thermische Ausdehnung von Bedeutung wird.

Die volumetrische thermische Ausdehnung von Kalrez® ist 0% bei 21°C und bis zu 20,42% bei 316°C. Bitte beachten Sie daher, dass die tatsächliche Verpressung des O-Rings bei hohen Temperaturen aufgrund dieser Ausdehnung steigt.

Im Szenario der Tabelle 3 reduzieren sich die tatsächlichen O-Ring Abmessungen durch eine Änderung der Umgebung beim Wechsel vom Anfangszustand zum Betriebszustand. Die Reduzierung der O-Ring Größe ist das Resultat von Tieftemperaturschrumpfung (die als umgekehrte Ausdehnung gesehen werden kann) oder der direkte Einfluss von Vakuum. In beiden Fällen kann die Anfangsverpressung deutlich sinken. Es ist daher schon in der Phase der Nutauslegung notwendig, dies zu berücksichtigen und die Verpressung ausgleichend höher anzusetzen.

Tabelle 1 – Anfangsverpressung für Anwendungen bei 25° bis 200°C

O-Ring Schurstärke in Millimeter	Anfangsverpressung bei 20°C (%)	
	statisch	dynamisch
1,78	18	12
2,62	17,5	11,5
3,53	17	11
5,33	16,5	10,5
6,99	16	10

Tabelle 2 – Anfangsverpressung für Anwendungen > 200°C

O-Ring Schurstärke in Millimeter	Anfangsverpressung bei 20°C (%)	
	statisch	dynamisch
1,78	16	12
2,62	15,5	11,5
3,53	15	11
5,33	14,5	10,5
6,99	14	10

Tabelle 3 – Anfangsverpressung für Anwendungen bei Tieftemperatur und Vakuum

O-Ring Schurstärke in Millimeter	Anfangsverpressung bei 20°C (%)	
	statisch	dynamisch
1,78	27	20
2,62	25	18
3,53	23	16
5,33	21	14
6,99	19	12

Im Allgemeinen ist eine Anfangsverpressung von über 25% nicht empfehlenswert, da dies bei hohen Temperaturen zu einer Überverpressung führen kann. In dynamischen Anwendungen kann eine hohe Anfangsverpressung zu Problemen durch übermäßigem Abrieb führen.

Anwendungen mit Temperaturzyklen können andere Verpressungen benötigen.

12. O-Ring Nutgestaltung

12 J. Nutauslegung für Kalrez® O-Ringe

Ausgleichen der thermischen Ausdehnung

Wie vorhin genannt, ist ein Effekt der thermischen Ausdehnung der, dass dieser zu einer Erhöhung der Anfangsverpressung führt. Ein anderes Problem, welches auftreten kann, ist die Überfüllung der O-Ring Nut als Ergebnis der Volumenänderung der Dichtung. Generell sollte die O-Ring Nut nach der folgenden Formel ausgelegt werden:

$$\text{Volumen}_{\text{NUT}} = \text{Volumen}_{\text{O-RING}} \times (1 + C_{\text{EXP}} + T_{\text{EXP}}) \times 1,2$$

wobei:

C_{EXP} die volumetrische Ausdehnung durch chemische Quellung und

T_{EXP} die volumetrische thermische Ausdehnung darstellt.

- Bitte setzen Sie sich mit uns für weitere Informationen in Verbindung.

Zur Sicherheit sollte die Nut ein um mindestens 20% größeres Volumen haben, als der voll ausgedehnte O-Ring. Die Raten der thermischen Ausdehnung von Kalrez® finden Sie in Tabelle 4.

Wenn die thermische Ausdehnung nicht angemessen berücksichtigt wird, füllt der O-Ring die Nut und versucht aus dieser auszubrechen. Dies führt zu einer Extrusion und katastrophalem mechanischen Schaden.

Zusätzliche Quellung kann durch Kontakt des O-Rings mit chemischen Medien entstehen. Die chemische Quellung von Kalrez® für viele allgemeine Chemikalienklassen können Sie Seite 58 ff. entnehmen. Für Daten über spezifische Chemikalien oder chemischen Gemischen ist es für gewöhnlich notwendig, Quellprüfungen durchzuführen. Viele dieser Daten von DuPont Performance Elastomers können Sie auch über uns erhalten.

Tabelle 4 – Lineare und volumetrische Ausdehnung von Kalrez®

Temperatur in °C	Ausdehnung (%)	
	linear	volumetrisch
21	0	0
38	0,41	1,24
93	1,68	5,04
149	2,96	8,90
204	4,23	12,79
260	5,50	16,56
316	6,81	20,42

Toleranzeinflüsse auf die Nutauslegung

Für gewöhnlich ist bei der Nutauslegung eine Standard (AS oder BS) O-Ring Nut ausreichend. In Fällen, in denen Quellung und Ausdehnung hoch sein können, muss jedoch eine spezielle Nut ausgelegt werden. O-Ringe mit kleinem Innendurchmesser und relativ großer Schnurstärke führen oft zu Probleme.

In diesen Fällen ist der Bereich, der mit dem O-Ring Innendurchmesser verbunden ist, klein und es bedarf keiner großen Ausdehnung, um zu Problemen mit Dehnung oder Nutüberfüllung zu führen. Eine Auslegung und Tolerierung der Nut für solche O-Ring Arten sollte daher mit größter Sorgfalt durchgeführt werden. Bei diesen Problemen bei der Nutauslegung sollte überprüft werden, ob das maximal vorhandene freie Nutvolumen unter Berücksichtigung aller möglichen extremen Toleranzen des O-Rings und der Nut bei der Nutauslegung berechnet wurde.

12. O-Ring Nutgestaltung

12 J. Nutauslegung für Kalrez® O-Ringe

Tabelle 5 – Maximaler Dichtspalt gegen Druck/Härte (Millimeter)

Maximaler Druck in bar	Härte in ° Shore A			
	60	70	80	90
7	0,7	0,79	0,84	0,86
15	0,56	0,66	0,73	0,79
20	0,43	0,56	0,66	0,73
30	0,36	0,48	0,58	0,68
35	0,28	0,40	0,51	0,64
40	0,20	0,36	0,48	0,61
50	0,15	0,31	0,43	0,56
55	0,13	0,25	0,38	0,53
60	0,10	0,23	0,36	0,51
70	0,08	0,20	0,33	0,48
140		0,05	0,15	0,28
200			0,08	0,15
275			0,02	0,10
345			0,01	0,05
410				0,04
480				0,025
550				0,02
620				0,01
700				0,00

Extrusion von O-Ringen im Betrieb

Extrusion ist eine sehr häufige Fehlerursache, die oft aus der mangelhaften Berücksichtigung der Ausdehnung und Quellung des O-Ringes resultiert. Diese Probleme wurden im vorherigen Abschnitt „Ausgleichen der thermischen Ausdehnung“ behandelt. Es kann jedoch auch sein, dass der maximale Dichtspalt (wie er durch Toleranzen der zugehörigen Teile entstehen kann) im Dichtsystem nicht auszureichend einbezogen wurde.

Der maximal tolerierbare Dichtspalt ist eine Funktion aus der Werkstoffhärte und dem abzudichtenden Systemdruck. Die Tabelle 5 gibt empfohlene maximale Dichtspalte als eine Funktion von Härte und Druck wieder, wenn Stützringe nicht eingesetzt werden.

Wie Sie diesen Werten entnehmen können, benötigen weichere Compounds kleinere Toleranzen als härtere. Bitte berücksichtigen Sie dabei, dass diese Daten für relativ geringe Temperaturen bis ca. 100°C gelten. Für höhere Temperaturen muss der Einfluss der Temperatur auf die Härte des Compounds berücksichtigt werden. Man kann dabei als Faustregel annehmen, dass die Härte bei einem Temperaturanstieg um 100°C um ca. 10° (Shore A) sinkt. Bitte berücksichtigen Sie dabei auch, dass diese Dichtspalte auf dem gesamten diametrischen Spiel basieren.

Manchmal kann es technisch nicht möglich sein, solch enge Toleranzen herzustellen, wie sie von Elastomeren in einigen Fällen gefordert werden. Elastomere benehmen sich im wesentlichen wie hochviskose unkomprimierbare Flüssigkeiten, die bei Druck und Temperatur zum fließen neigen.

Die Verwendung von Stützringen wird empfohlen, wenn der Druck/die Temperatur der Betriebsumgebung ein Fließen der Dichtung hervorruft. Wenn bei einem bestimmten Druck der maximale Dichtspalt größer ist, als der in Tabelle 5 angegebene Wert, sollte ein Stützring verwendet werden.

Stützringe können aus Teflon® Fluorpolymer (PTFE), gefüllt mit 25% Glas oder anderen Materialien, die gegenüber den abzudichtenden Medien beständig sind, hergestellt werden. Wenn Stützringe verwendet werden, sollte das Nutvolumen entsprechend geändert werden, um so einer Überfüllung bei hohen Temperaturen entgegenzuwirken.

12. O-Ring Nutgestaltung

12 J. Nutauslegung für Kalrez® O-Ringe

Druckverformungsrest

Der Druckverformungsrest ist im wesentlichen eine Messung der Fähigkeit einer Dichtung, Dichtkraft zu erhalten, und somit auch die Funktionsfähigkeit. Die Höhe des Druckverformungsrests beruht auf die Betriebsumgebung und – besonders wichtig – auf die Dauer der Einwirkung. In technischen Material-Datenblätter wird der Druckverformungsrest für gewöhnlich nach einer Zeitspanne von 70 Stunden angegeben, was kaum repräsentativ für eine Beurteilung des Langzeitverhaltens ist. In Wirklichkeit tendiert Kalrez® nach einer anfänglichen Steigung des Druckverformungsrests dazu, seine elastomeren Eigenschaften viel länger als konventionelle Elastomere beizubehalten.

Der Druckverformungsrest führt zu den meisten Problemen in Anwendungen, in denen extreme Temperaturzyklen vorkommen. Falls Kalrez® O-Ringe kontinuierlich hohen Temperaturen ausgesetzt werden, können sogar sie unter Verformung leiden und einen Querschnitt annehmen, der nicht mehr rund ist. Dies muss die Dichtungsintegrität nicht beeinflussen, sofern es bei der Dichtungsauslegung berücksichtigt wurde. Kalrez® hat eine relativ langsame elastische Erholungsrate. Während thermischen Zyklen, bei denen sich das Volumen aufgrund des Temperaturabfalls durch Kühlphasen verringern kann, könnte daher die Form, welche die Dichtung unter Temperatureinwirkung angenommen hat, beibehalten werden. Zu diesem Zeitpunkt ist der potentielle Verlust der Dichtkraft am größten und das System kann zur Leckage neigen. Solch eine Gegebenheit ist für gewöhnlich jedoch nicht dauerhaft. Die elastische Erholungsrate von Kalrez® erhöht sich zusehends mit einer Erhöhung der Temperatur. Wenn die Dichtungstemperatur angehoben wird, bildet sich der normale runde Querschnitt der O-Ring Dichtung zurück; zusammen mit den Dichtungseigenschaften. Es ist dann offensichtlich, dass der Ablauf der Beanspruchung des

Systems die Integrität der Dichtung stark beeinflussen kann. Dies wird durch das folgende Beispiel eines Beanspruchungsablaufs und die Einflüsse auf die Dichtungsintegrität veranschaulicht:



Eine Dichtungsleckage kann einfach durch die Umkehrung des Beanspruchungsablaufs vermieden werden.

Der Druckverformungsrest wird oft durch chemischen Angriff beschleunigt, wobei die gesamte Umgebung berücksichtigt werden muss. Seit die in der Industrie verwendeten Chemikalien und chemischen Gemische so zahlreich wurden, ist es nicht möglich, entweder alle Testkombinationen durchzuprüfen oder hier alle verfügbaren Daten zu präsentieren.

Montage von O-Ringen

Ein wichtiger Aspekt beim Abdichten ist die Montage der Dichtung. Es gibt viele Wege, eine Beschädigung der

Dichtungsoberfläche während des Einbaus zu verhindern. Der Gebrauch von Schmiermitteln kann Oberflächenbeschädigungen minimieren; durch die Reduzierung des Reibungskoeffizienten zwischen der Dichtung und der Nut kann die Dichtung einfacher in die richtige Position gleiten.

Da Kalrez® gegenüber fast allen chemischen Medien beständig ist, kann nahezu jedes Schmiermittel verwendet werden. Tatsächlich ist es natürlich einfacher, die Dichtung mit dem Medium einzuschmieren, gegen welches diese nachher abdichten soll. Fluorierte Öle wie Krytox® oder gepulvertes Grafit können ebenfalls zur Erleichterung der Montage eingesetzt werden. Das Dichtsystem wird üblicherweise so gestaltet, dass die Dichtung beim Einbau keine scharfen Kanten überqueren muss. Wenn dies in der Praxis nicht durchführbar ist, sollte ein Montagewerkzeug – oft in Form eines Konus' – hergestellt und verwendet werden, mit dessen Hilfe die Dichtung über viel scharfe Kanten bewegt werden kann.

Die Reißdehnung von Kalrez® liegt zwischen 120 und 170 Prozent, je nachdem, welcher Compound eingesetzt wird. Bitte beachten Sie bei der Montage, dass es möglich ist, einen O-Ring durch Überdehnung zu zerreißen. Da ein Teil der Molekularstruktur von Kalrez® der von Plastik ähnelt, ist es auch möglich, eine plastische Deformierung aufgrund von Überdehnung zu verursachen. Wenn Sie Kalrez® zu sehr dehnen – insbesondere wenn es kalt ist – wird es zuerst wie Plastik fließen und anschließend brechen. O-Ringe mit geringer Schnurstärke sollten bei der Montage nicht über 20% aufgedehnt werden, um so diese Probleme zu verhindern. Zur Montageerleichterung können Kalrez® O-Ringe wie auch Teflex O-Ringe weicher gemacht werden, indem sie vor der Montage in einem Wasserbad erhitzt werden.

Bitte beachten Sie folgendes: wenn der O-Ring in Position gerollt wird, sollten Sie sicherstellen, dass der O-Ring nicht in einer permanent verdrehten Lage gelassen wird. Diese Lage kann zu einer Überlastung und einem mechanischen Versagen bei hohen Temperaturen führen.