

1. ALLGEMEINES

Zum Einsatz bei extremen Betriebsbedingungen wurden Metall-O-Ringe als sichere Abdichtung von Gasen oder Flüssigkeiten entwickelt. Diese statischen, metallischen Dichtelemente sind einsetzbar in Bereichen von Ultra-Hochvakuum und bis zu einem Druck von 6800 bar. Sie sind verwend-

bar bei Dauertemperaturen von -269°C bis +980°C und beständig gegen radioaktive Strahlung, Chloride, Korrosion und andere aggressive Einflüsse. Sie altern weder im Gebrauch, noch während der Lagerung.

1.1 KONSTRUKTION – WERKSTOFFE – BESCHICHTUNGEN – ABMESSUNGEN

Metall-O-Ringe werden aus Metallrohren oder massivem Drahtmaterial hergestellt. Das Material wird zu Ringen oder anderen Figurationen geformt und zusammengeschweißt. Der O-Ring besteht aus rostfreiem Stahl oder anderen Legierungen. Er kann mit Silber, Kupfer, Indium, Nickel, Gold, Blei oder anderen Metallen galvanisiert oder mit PTFE beschichtet werden. Das Fließen des Beschichtungsmaterials verbessert die Abdichtung insbeson-

dere unter hohem Druck und / oder Vakuum. Da die Zugfestigkeit und die Einfederung zum Teil durch die thermische Nachbehandlung bestimmt werden, bietet Westring eine Auswahl von Wärmebehandlungen gemäß Materialspezifikation oder nach Kundenangabe. Hohl- oder Massivdrahttringe können in Größen von 6,4 mm bis zu 2500 mm Außendurchmesser hergestellt werden.

1.2 ANWENDUNG UND FUNKTION

Als typische Anwendung wird der Metall-O-Ring zwischen parallelen Flächen axial gepresst, die rechtwinklig zum Durchfluss oder zum Gefäß angeordnet sind. Die Dichtung ist gewöhnlich in einer offenen oder einer geschlossenen Nut platziert. Sie kann auch in einer Halterung angebracht werden. Dadurch kann die Bearbeitung einer Nut entfallen. Beim Zusammenpressen auf eine vorbestimmte, feste Höhe knickt das Rohrmaterial der Dichtung leicht ein. Dabei entstehen zwei Kontaktbereiche auf der

Dichtungsoberfläche und eine maximale Kontaktspannung zwischen Dichtung und Gegenfläche. Durch das Schließen zweier Flansche und die daraus resultierende Pressung des O-Ringes wird eine zurückfedernde Wirkung erzielt, die eine formschlüssige Kraft ausübt. Bei der selbstverstärkenden Ausführung von Metall-O-Ringen erhöht der Systemdruck die Dichtungskraft auf die Flanschfläche.

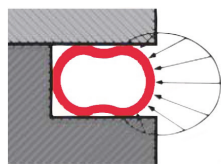
1.3 VORTEILE

Bei herkömmlichen Flanschverbindungen müssen für die Berechnung viele technische Daten vorhanden sein, von denen in der Konstruktionsphase die wenigsten genau bekannt sind. Ebenso müssen die Werte für die Steifigkeit des Flansches, der Schrauben usw. vorhanden sein. Umfangreiche Berechnungen mit ungenauen oder angenommenen Werten und den damit verbundenen Nachteilen sind die Folge. Mit den Metall-O-Ringen oder

Nutringen haben Sie immer eine definierte Vorspannung, kein Setzen und geringere Flansch- und Schraubenabmessungen. Sie müssen nicht mit umständlichen, schwierigen Berechnungen über viele unbekannte Größen den Nachweis erbringen, sondern einfach nur die Presskräfte zu den Betriebskräften addieren.

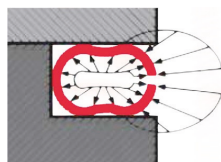
2. AUSFÜHRUNG UND TYPEN

Normalausführung



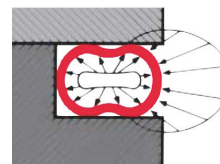
Diese Ausführung ist nicht selbstverstärkend oder druckgefüllt. Sie wird aus verschiedenen metallischen Rohrmaterialien oder Massivdraht gefertigt. Es ist der günstigste O-Ring-Typ für geringe bis mäßige Druck- oder Vakuumverhältnisse.

Selbstverstärkende Ausführung



Am Innen- oder Außendurchmesser weist der O-Ring Bohrungen und Schlitz auf. Damit entsteht im Inneren derselbe Druck wie im System. Der Systemdruck unterstützt das Dichtverhalten.

Druckgefüllte Ausführung



Druckgefüllte O-Ringe wurden speziell für Temperaturen von +425°C bis +980°C konstruiert. Sie sind weniger druckbeständig als der selbstverstärkende Typ. Sie enthalten eine Gasfüllung von ca. 40 bar Druck oder mehr, wobei der Gasdruck bei höheren Temperaturen zunimmt und damit den Vorspannungsverlust der Flanschverbindung ausgleicht und die Dichtungskraft erhöht.

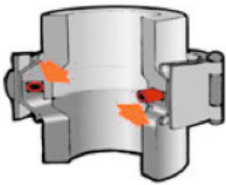
2.1 TYPISCHE ANWENDUNGEN

Diese Metall-O-Ringe werden mit Erfolg in Vakuum- oder Hochdrucksystemen sowie in kritischen Bereichen für Hydraulik und Schmieröl, Düsentriebwerke und Raketen-Treibstoffe, Dampf, flüssige Metalle und Verbrennungsgase verwendet. Sie ergeben formschlüssige, lecksichere Dichtungen in Rohrsystemen und bei Produktionsprozessen für die chemische und petrochemische

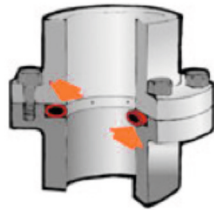
Industrie, für die Erdöl-, Erdgas- und Raffinerie-Industrie. Viele Hersteller von Kolbenmotoren, Wärmetauschern, Gasturbinen, Druckbehältern, Einspritzaggregaten, Hochdruckfiltern und anderen Elementen verlassen sich auf Metall-O-Ringe als permanente, hochbeanspruchbare Dichtung.

Einige weit verbreitete Anwendungen werden nachstehend illustriert:

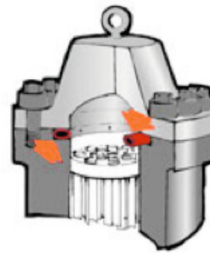
Schnellverbindung



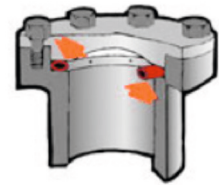
Verschraubter Flansch



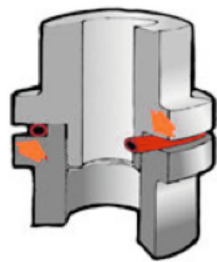
Verschraubter Flansch



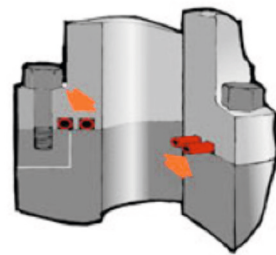
Verschraubter Deckel



Schraubverbindung mit Außendruck



Kernkraftwerk-Druckgefäß



3. AUSWAHLKRITERIEN DER METALL O-RINGE

Zur Auswahl des geeigneten Metall-O-Ringes für eine bestimmte Anwendung müssen Druck, Temperatur und die Art der abzudichtenden Medien im System bekannt sein.

3.1 O-RING-TYP

Die Wahl des richtigen O-Ring-Typs ist abhängig vom Systemdruck

Druck	O-Ring-Typ
Vakuum bis 6,7 bar	Normalausführung
6,8 bar bis ca. 40 bar	selbstverstärkend
Vakuum bis ca. 20 bar	druckgefüllt

3.2 O-RING-MATERIAL

Die Wahl des richtigen Werkstoffes ist abhängig von der Einsatztemperatur

Temperatur	O-Ring-Material
von Tiefsttemperaturen bis +260°C	1.4541
von +260°C bis +430°C	AISI 321 rostfrei
von +430°C bis +980°C	Inconel 600
über +980°C	Inconel X-750
	auf Anfrage

3.2 RING-DURCHMESSER UND ROHR-WANDSTÄRKE

Der Rohrquerschnitt wird bestimmt durch den Außendurchmesser der Ringe, die gewünschte Presskraft und den verfügbaren Raum. Die Wandstärke ist so zu wählen, dass sich bei der entsprechenden Verformung eine angemessene Presskraft ergibt. Die nachfolgenden Daten umfassen die gängigen Wandstärken, die für jeden Durchmesser verwendet werden können. Bei galvanisierten Oberflächen bewirken Dichtungen mit einer Rohrwandstärke

von 3,2 mm Durchmesser und einer Belastung von ca. 72 N/mm Umfangslänge eine plastische Verformung der Galvanisierung. Für Rohrmaterial mit einem Durchmesser 3,2 mm ist eine Pressung von 140 N/mm Umfangslänge erforderlich. PTFE-Beschichtungen auf Ringen werden bei einer Belastung von 18 N/mm Umfangslänge plastisch verformt.

Rohr-Außendurchmesser (mm)	Ring-Außendurchmesser (mm)		Standard-Rohr-Wandstärken (mm)
	min.	max.	
0,9	6,4	101	0,15
1,6	15,9	254	0,15 / 0,25 / 0,30 / 0,36
2,4	25,4	508	0,15 / 0,25 / 0,30 / 0,46
3,2	50,8	1016	0,15 / 0,25 / 0,30 / 0,51 / 0,64
4,0	76,2	1270	0,25 / 0,51 / 0,64
4,8	101,0	1524	0,30 / 0,51 / 0,81
6,4	127,0	2500	0,30 / 0,64 / 0,81 / 1,24

3.3 NUTABMESSUNGEN

Die richtige Abmessung und Oberflächengüte der Nut sind für den Dichtungseinsatz ebenso wichtig wie der O-Ring selbst. Die nachfolgend empfohlenen Nutabmessungen für Innen- und Außendruckanwendungen sind als allgemeine Richtlinien zur Vorbereitung von Dichtflächen zu verstehen. Die Abmessungen in der Tabelle beziehen sich auf ungalvanisierte O-Ringe. Nuttiefe für O-Ringe mit einem Querschnitt von 0,9 mm wird um

das zweifache der Beschichtungsdicke erhöht. Nuttiefe für galvanisierte oder beschichtete O-Ringe mit einem Rohrdurchmesser von 1,6 mm oder mehr wird nicht erhöht.

Empfohlene Nutabmessungen: B (= max. Außendurchmesser) sowie A (= min. Innendurchmesser) sind Werte inkl. Beschichtung.

Rohr-Außen-φ (mm)	Nuttiefe (mm)		Nutbreite (mm)	Ringtoleranz (mm)	Rückfederung (mm)	Nut-Außen-φ (mm)	Nut-Innen-φ (mm)
	min.	max.	min.				
0,9	0,60 ... 0,68		1,4	0,08	ca. 0,05	B +0,10 / 0,20	A -0,10 / 0,20
1,6	1,15 ... 1,25		2,3	0,08	ca. 0,07	B +0,10 / 0,20	A -0,10 / 0,20
2,4	1,80 ... 1,95		3,0	0,13	ca. 0,07	B +0,15 / 0,25	A -0,15 / 0,25
3,2	2,40 ... 2,60		4,0	0,13	ca. 0,08	B +0,20 / 0,35	A -0,20 / 0,35
4,0	3,05 ... 3,25		5,0	0,15	ca. 0,10	B +0,25 / 0,40	A -0,25 / 0,40
4,8	3,70 ... 3,90		6,2	0,18	ca. 0,10	B +0,25 / 0,40	A -0,25 / 0,40
6,4	5,00 ... 5,20		8,2	0,20	ca. 0,13	B +0,30 / 0,50	A -0,30 / 0,50

4. BESCHICHTUNG DER RINGOBERFLÄCHEN

4.1 BESCHICHTUNG ODER GALVANISIERUNG

Durch Beschichten oder Galvanisieren des Metall-O-Ringes erreicht man eine höhere Adhäsion und eine duktilere (weichere) Oberfläche, so dass eine Anpassung an mikroskopische Unregelmäßigkeiten in der Nut oder im Flansch ermöglicht werden kann. Für ungalvanisierte Dichtungen kann die Leckage von Flüssigkeiten, gestützt auf die folgende Formel, näherungsweise ermittelt werden:

$$Q = \frac{5,0 \times 10^{-6} p}{\mu}$$

Q = Leckage cm³/s

p = Druckdifferenz psi

μ = Flüssigkeitsviskosität bei Betriebsbedingungen in Centipoise

4.2 RING-DURCHMESSER UND ROHR-WANDSTÄRKE

Wenn die berechnete Leckage $>10^{-3}$ bis $<10^{-4}$ cm³/s beträgt, kann die effektive Leckage unter Umständen infolge der Oberflächenspannung gleich Null sein. Wenn Leckage eintritt, sollte sie proportional zum Dichtungsdurchmesser sein und dem Wert der vorstehenden Gleichung multipliziert mit D/2 entsprechen (D=Dichtungsdurchmesser). Die effektive Leckage wird wahrscheinlich unter dem berechneten Wert liegen.

Material	Bestell-Code
Silber	S
PTFE	T
Kupfer	C
Blei	P
Indium	I
Nickel	N
Gold	G

Bei zweckmäßig gewählten O-Ringen, Beschichtungen oder Galvanisierungen können selbst heliumdichte Verbindungen hergestellt werden. Die Prüfungsergebnisse bewegen sich bei einem Druckgefälle von 1 bar und einer Leckage zwischen 10^{-6} bis 10^{-12} mbar · l/s. Zusätzlich zu den nachfolgend aufgeführten Beschichtungsmaterialien sind auch unbeschichtete Ringe und kundenspezifische Ausführungen lieferbar:

Schichtstärke (mm)	Bestell-Code
0,03 - 0,05	1
0,05 - 0,08	2
0,06 - 0,12	3
Nach Spezifikation	X

Temperaturen für Beschichtungen

Beschichtung	Bestell-Code	Temperaturgrenze
Blei	P	150°C
PTFE	T	250°C
Kupfer	C	500°C
Silber	S	800°C
Gold	G	850°C
Nickel	N	980°C

4.3 OBERFLÄCHENGÜTE

Empfohlene Oberflächengüten der Nut im Flansch:

- 0,4 µm Ra (N5) – für blanke Ringe
- 0,8 bis 2,54 µm Ra (N6-N8) – für galvanisierte oder beschichtete Ringe
- 0,4 µm Ra (N5) – für Gase, Vakuum oder niedrigviskose Flüssigkeiten (Wasser)
- 0,8 µm Ra (N6) – für mittelviskose (z.B. Hydrauliköle) und hochviskose Flüssigkeiten (Teer, Polymere)

Bearbeitungsspuren auf der Nut- oder Flanschoberfläche müssen frei von Schmutz, Schleifstaub oder anderen Fremdkörpern sein.

In der Praxis haben sich folgende Rauhtiefen bewährt:

Oberflächengüte (Medium)	Rauhtiefen (µm)	
	Beschichteter O-Ring	Unbeschichteter O-Ring
dickflüssige Medien	Ra=1,6 (Ra max.=6,0)	Ra=0,8 (Ra max.=3,0)
dünnflüssige Medien	Ra=0,5 (Ra max.=2,0)	–
Vakuum	Ra=0,3 (Ra max.=1,0)	–

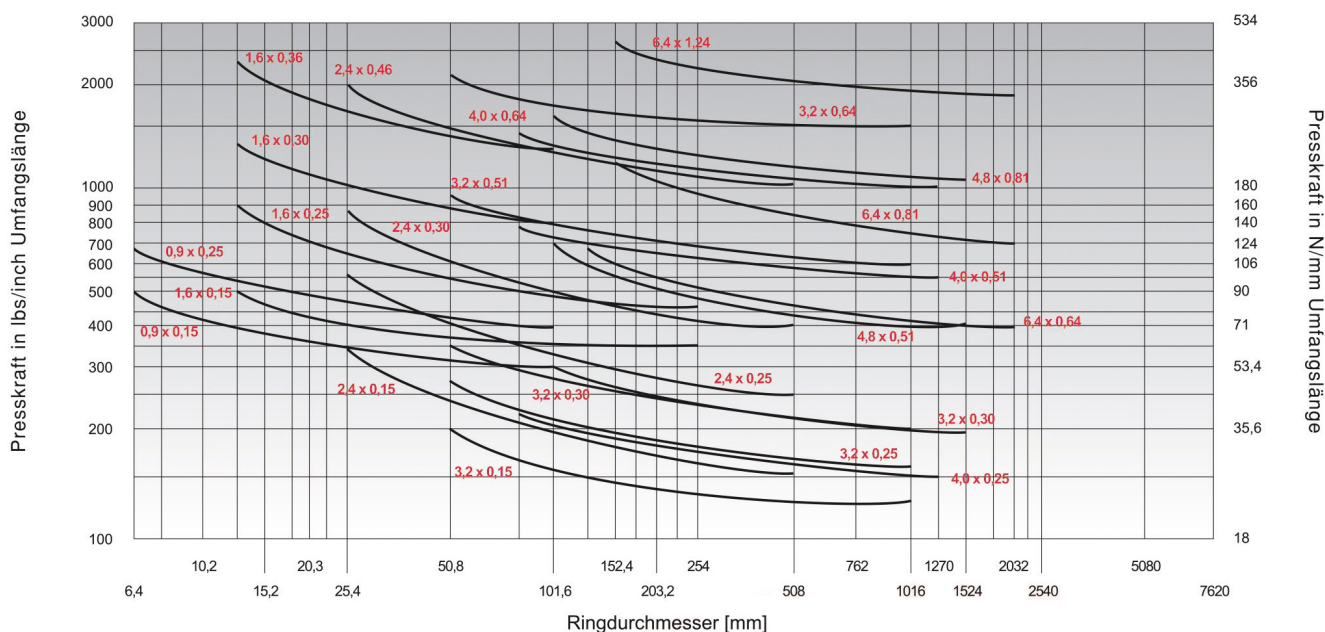
5. BESTELLCODE NACH DICHUNGSSPEZIFIKATION

5.1 DICHUNGSBELASTUNG BZW. ERFORDERLICHE PRESSKRAFT

Die nachfolgende Grafik zeigt die erforderliche Presskraft bezogen auf den Durchmesser des Dichtringes für verschiedene Rohr-Außendurchmesser und Wandstärken des Rohrmaterials aus rostfreiem Stahl. Für Rohrmaterial aus

Inconel 600 sind die angegebenen Werte mit Faktor 1,1 und für Inconel X-750 mit Faktor 1,4 zu multiplizieren.

Veränderung der Dichtungsbelastung / Ringdurchmesser



BESTELLCODE NACH DICHUNGSSPEZIFIKATION

ORM Metall-O-Ring	3 Material	3 Rohr-Außen-ø	2 Wandstärke	096,80 Ring-Außen-ø	P F Ausführung	S Beschichtung	1 Schichtdicke
	1=Inox 304	1=0,9	1=0,15		SI=selbstverstärkend	O=Ohne	1=0,03 - 0,05
	2=Inox 316	2=1,6	2=0,25		innen	S=Silber	2=0,05 - 0,08
	3=Inox 321	3=2,4	3=0,36		PF=druckgefüllt	T=PTFE	3=0,06 - 0,10
	4=Inconel 600	4=3,2	4=0,46		NP=Normalausführung	C=Kupfer	X=Spezifikation
	5=Inconel X-750	5=4,0	5=0,51		SO=selbstverstärkend	P=Blei	
		6=4,8	6=0,64		außen	I=Indium	
		7=6,4	7=0,81		SX=selbstverstärkend	N=Nickel	
					nach Spezifikation	G=Gold	
					MS=Massivdraht	X=Spezifikation	

Das hier dargestellte Bestellbeispiel „ORM-332-096,80-PFS1“ bezeichnet einen Metall-O-Ring aus Inox 321, mit Rohr-Außendurchmesser 2,4 mm, einer Wandstärke von 0,25 mm, einem O-Ring Außendurchmesser von 96,80 mm, druckgefüllt, silberbeschichtet mit einer Schichtdicke von 0,03 - 0,05 mm.

Falls Sie weitere Ratschläge oder Anleitungen benötigen sollten, sind nachfolgende Angaben zur genauen Auswahl des Metall-O-Rings nötig:

- Druck und Temperaturbereich
- Art der Anwendung

- abzudichtendes Medium
- Materialpartner zum O-Ring
- verfügbarer Einbauraum
- verfügbare Presskraft
- möglichst eine Skizze der Einbausituation.

Gern steht Ihnen unser Team beratend zur Seite.