



Dichtmechanismus

Statische Dichtigkeit an der Außenfläche

Die Außenfläche des Radial-Wellendichtrings hat in erster Linie die Aufgabe, die statische Dichtigkeit in der Gehäusebohrung sicherzustellen, d.h. der Durchtritt des Mediums an der Sitzstelle des Radial-Wellendichtrings in der Gehäusebohrung muss bei allen möglichen Betriebsbedingungen verhindert werden.

Zusätzlich muss die Außenfläche des Radial-Wellendichtrings noch weitere Aufgaben erfüllen:

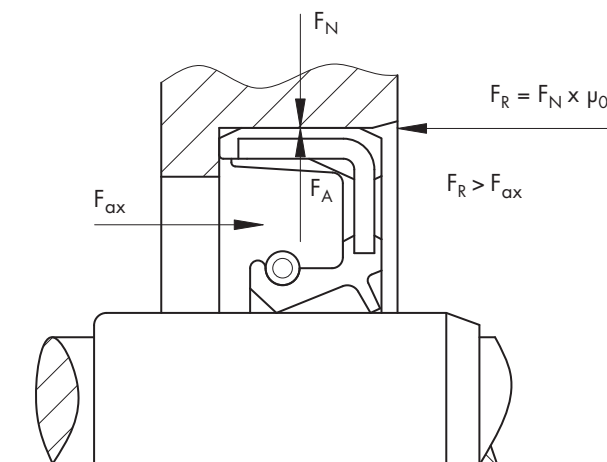
- Führung und fester Sitz des Radial-Wellendichtrings in der Bohrung. Ein sicherer Haftsitz ist dann gegeben, wenn die Reibkraft F_R größer ist als alle axialen Kräfte F_{ax} , die auf den Radial-Wellendichtring einwirken, z.B. die Kraft, die aus der Druckdifferenz resultiert. Die Reibkraft ist das Produkt aus dem Haftreibungskoeffizienten μ_0

und der radialen Normalkraft F_N . Die Normalkraft F_N ist gleich der Radialkraft an der Außenfläche F_A . Es sind unterschiedliche Pressspannungszugaben zum Nenn Durchmesser, abhängig von der Ausführung der Außenfläche, vorzusehen (siehe Tabelle Pressspannungszugaben Seite 14).

– eine einfache und leichte Montage ermöglichen, dafür müssen Fasen und Rundungen vorgesehen werden.

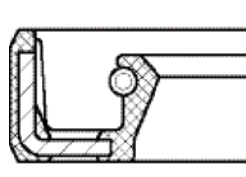
– Ausgleich der sich ergebenden Spalte durch unterschiedliche Wärmeausdehnungskoeffizienten

Die Auswahl der richtigen Radial-Wellendichtring-Außenfläche ist abhängig von der speziellen Anwendung und den vorherrschenden Betriebsbedingungen.



Ausführungen der Außenfläche

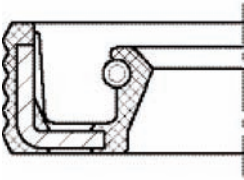
Radial-Wellendichtringe werden im Allgemeinen mit Elastomer-Außenmantel und metallischer Außenfläche angeboten. Auch Kombinationen aus beidem oder spezielle Sonderausführungen sind für Dichtomatik kein Problem. Im Folgenden werden die verschiedenen Außenflächenausführungen aufgeführt:



Gummiummantelte Außenfläche: Bauform WA, WAS

Radial-Wellendichtringe der Bauform WA haben einen glatten Außenmantel aus Elastomerwerkstoff, so dass eine gute statische Dichtigkeit in der Gehäusebohrung auch in schwierigen Fällen gewährleistet ist. Die Bauform wird auch mit Schutzlippe (WAS) angeboten.

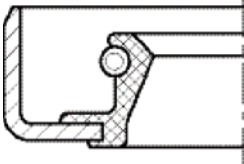
- sehr gute statische Abdichtung
- Einsatz bei geteilten Gehäusen, mit evtl. Kantenbruch und/oder Stoßversatz
- Einsatz bei Leichtmetallgehäusen mit hoher Wärmedehnung (bei allen Gehäusen, die einen größeren Ausdehnungskoeffizienten als Stahl haben)
- Einsatz bei dünnflüssigen oder gasförmigen Medien
- Einsatz bei Druckerwendungen (im Rahmen der Einsatzgrenzen)
- kann größere Oberflächenrauheiten abdichten
- es entsteht kein Passungsrost
- bei der Montage und Demontage wird die Gehäusebohrung nicht beschädigt



Rillierte, gummiummantelte Außenfläche: Bauform WAK

Der elastomere Außenmantel ist, zur Verringerung der Einpresskraft und zur Verbesserung der statischen Dichtigkeit, in Umfangsrichtung rilliert.
 – leichtere Montage, weil eine geringere Einpresskraft erforderlich ist

– sicherere statische Abdichtung, gerade bei Gehäusen mit erhöhter Wärmedehnung, da die rillierte, gummiummantelte Außenfläche mit einer höheren Presspassungszugabe ausgeführt wird
 – Vermeidung einer bleibenden Schrägstellung des Radial-Wellendichtrings



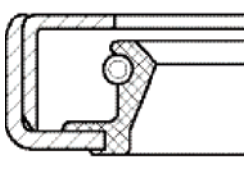
Metallische Außenfläche, Bauform WB, WBS

Bei den Radial-Wellendichtringen der Bauform WB ist die metallische, glatte Außenfläche des Versteifungsringes nicht ummantelt, sondern geschliffen, gezogen oder gedreht.
 – es ist ein besonders exakter (zentrischer) und fester Sitz in der Bohrung gewährleistet
 – kostengünstiger, da weniger Elastomeranteil
 – die Außenfläche wird mit einer engeren Presspassungszugabe ausgeführt
 – gute Oberflächenqualität der Gehäusebohrung erforderlich
 – nicht in geteilten Gehäusen einsetzbar (auch mit Dichtlackbeschichtung nur bedingt in geteilten Gehäusen einsetzbar)

Bei großen Wärmedehnungen des Gehäuses, rauen Bohrungsflächen, Druckanwendungen oder dünnflüssigen, kriechenden Medien sollte eine zusätzliche Dichtmasse auf die Außenfläche aufgetragen werden (siehe „zusätzliche Dichtmittel“ auf Seite 14).

Um Korrosion vorzubeugen, wird die metallische Außenfläche nach der Endbearbeitung mit Korrosionsschutzöl oder einer dünnen Wachsschicht beschichtet.

Die Bauform wird auch mit Schutzlippe (WBS) angeboten.

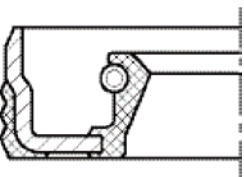


Metallische Außenfläche mit Versteifungsring: Bauform WC, WCS

Radial-Wellendichtringe der Bauform WC haben eine glatte metallische Außenfläche wie Bauform WB und zusätzlich einen metallischen Versteifungsring. Sie wird bei besonders erschwerten Montageverhältnissen, rauhen Betriebsbedingungen und größeren Abmessungen erfolgreich eingesetzt.

Radial-Wellendichtringe der Bauform WC haben eine höhere Steifigkeit als Radial-Wellendichtringe der Bauform WB.

Die Bauform WC ist, aufgrund des zusätzlichen Versteifungsringes, sehr unempfindlich gegen Montagefehler. Die Bauform wird auch mit Schutzlippe (WCS) angeboten.



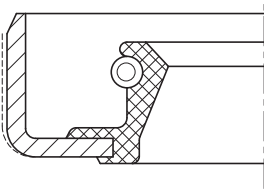
Teilgummiummantelte Außenfläche: Bauform WA/B

Die sogenannte „Halbschulter-Bauform“ ist eine Sonderausführung der Außenfläche des Radial-Wellendichtrings, die bei Dichtomatik nicht standardmäßig bevorratet wird.

sicherheit und der exakte Sitz in der Bohrung vereinigt. Durch den Einfluss der metallischen Außenfläche ist eine gute Zentrierung während der Montage gewährleistet.

Es werden die Vorteile der Bauformen WA gummiummantelte Außenfläche und WB metallische Außenfläche, die sichere statische Dichtigkeit und Haftsitz-

Der gummiummantelte Teil der Außenfläche ist rilliert ausgeführt, so dass diese Bauform auch bei Gehäusen mit erhöhter Wärmedehnung und geteilten Gehäusen erfolgreich eingesetzt werden kann.



Zusätzliche Dichtmittel

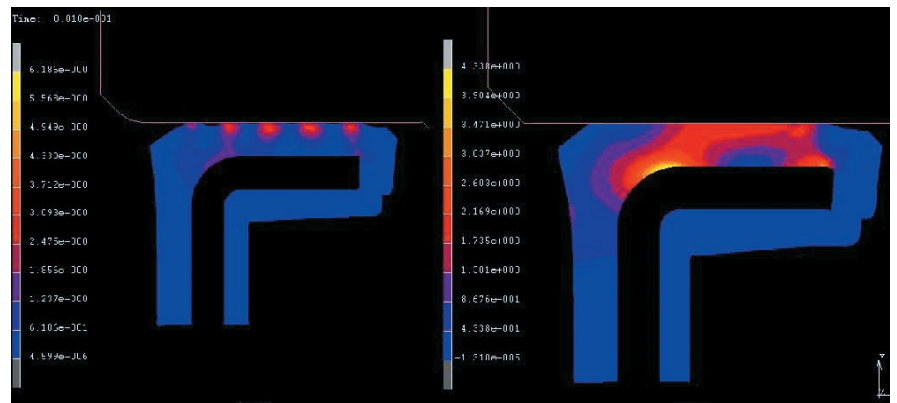
Um eine hohe statische Dichtigkeit in der Gehäusebohrung zu erzielen, werden Radial-Wellendichtringe mit metallischer Außenfläche oft mit Dichtlack oder Dichtmassen beschichtet. Auch zum Schutz vor Korrosion werden Wachse oder Dichtlacke aufgetragen.

Der Dichtlack soll die Bearbeitungsspuren auf der Außenfläche des Radial-Wellendichtrings, die Rauheiten in der Gehäusebohrung und größere Wärme-dehnungen ausgleichen. Er schützt auch vor Beschädigungen der Gehäusebohrung während der Montage oder Demontage.

Die Stärke der Dichtlackbeschichtung beträgt in der Regel ungefähr 30 µm. Bei der Beaufschlagung mit einem Medium tritt beim Dichtlack häufig eine Volumenquellung ein, die eine zusätzliche statische Dichtwirkung erzeugt.

Bei der Verwendung von Dichtlacken auf der Außenfläche sind etwas höhere Einpresskräfte erforderlich, da die Dichtlacke eine gewisse Klebwirkung aufweisen.

Die Dichtlacke werden in verschiedenen Farben angeboten. Mögliche Farben sind blau, dunkelrot, orange, dunkelgrün und hellgrün.



Simulation der statischen Dichtigkeit in der Gehäusebohrung mit Hilfe der Finiten-Elemente-Methode

Presspassungszugabe

Die Radial-Wellendichtringe werden mit Presspassungszugaben am Außendurchmesser in Abhängigkeit von der Bauform hergestellt. Die Presspassungszugaben sind auf die ISO-Toleranz H8 der Gehäusebohrung abgestimmt. Dadurch ist ein fester Sitz, moderate Ein- und Auspresskräfte und eine hohe statische Dichtigkeit in der Gehäusebohrung ohne weitere Maßnahmen gewährleistet.

Außendurchmesser d2 [mm]

≤ 50
> 50 - 80
> 80 - 120
> 120 - 180
> 180 - 300
> 300 - 500

Bauform WA

+ 0,3
+ 0,15
+ 0,35
+ 0,20
+ 0,35
+ 0,2
+ 0,45
+ 0,25
+ 0,45
+ 0,25
+ 0,55
+ 0,33

Bauform WAK

+ 0,4
+ 0,2
+ 0,45
+ 0,25
+ 0,5
+ 0,3
+ 0,65
+ 0,4
+ 0,65
+ 0,4
+ 0,75
+ 0,45

Bauform WB, WC

+ 0,2
+ 0,1
+ 0,23
+ 0,13
+ 0,25
+ 0,15
+ 0,28
+ 0,18
+ 0,3
+ 0,2
+ 0,35
+ 0,23

Unrundheit

Die zulässige Unrundheit ($d_{2max} - d_{2min}$) ergibt sich aus drei oder mehr Messungen, gleichmäßig am Umfang verteilt. Die angegebenen Werte dürfen nicht überschritten werden. Innerhalb der Toleranzen ist die Rundheit von untergeordneter Bedeutung, weil sich der Radial-Wellendichtring beim Einbau der Aufnahmebohrung anpasst.

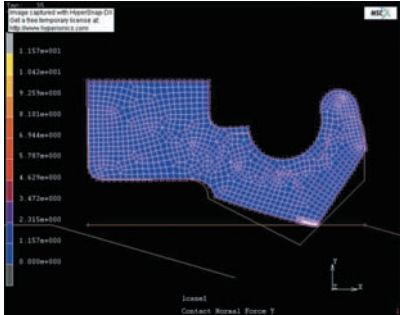
Außendurchmesser d2 [mm]

≤ 50
> 50 - 80
> 80 - 120
> 120 - 180
> 180 - 300
> 300 - 500

zulässige Unrundheit [mm]

0,25
0,35
0,5
0,65
0,8
1

Dynamischer Dichtmechanismus



Das Funktionsprinzip des Radial-Wellendichtrings beruht darauf, dass die elastomere Dichtkante auf der rotierenden Wellenoberfläche gleitet. Die Dichtkante wird in radialer Richtung an die Wellenoberfläche angepresst, da der Innendurchmesser der Dichtlippe im ungespannten Zustand kleiner ist als der Wellendurchmesser. Diese Durchmesser-differenz wird Überdeckung (Vorspannung) genannt.

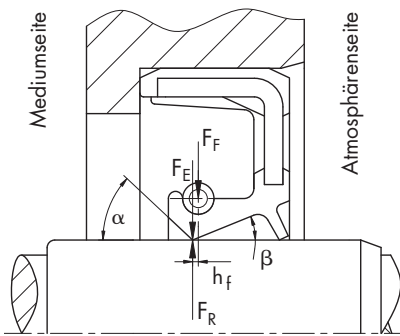
Die entstehende Radialkraft auf die linienförmige Kontaktzone wird zusätzlich durch eine metallische Schraubenzugfeder unterstützt, um dem allmählichen Nachlassen der Radialkraft infolge Alterung des Elastomerwerkstoffs (Spannungsrelaxation) entgegen zu wirken.

Die Dichtwirkung an der elastomeren Dichtkante wird für zwei Funktionszustände erzielt:

- für den Wellenstillstand
- für die rotierende Welle

Sie ist von folgenden Parametern abhängig:

- Geometrie der Dichtlippe
- den Eigenschaften des Elastomerwerkstoffs
- Auslegung der Schraubenzugfeder
- Ausführung der Wellenoberfläche
- Schmierzustand



Dichtwirkung bei Wellenstillstand

Bei Wellenstillstand beruht die Dichtwirkung auf der radialen Anpressung der Dichtlippe an die drallfrei geschliffene Wellenoberfläche, so dass die Verformung der elastomeren Dichtkante die geringen Oberflächenrauheiten der Welle ausgleicht und den Spalt verschließt. Es wird eine Radialkraft auf die Welle ausgeübt. Die Anpressung der Dichtlippe wird durch die Vorspannung erreicht und durch die Schraubenzugfeder unterstützt. Das Nachlassen der Elastomervorspannung während des Betriebs ist abhängig von den Einsatzparametern.

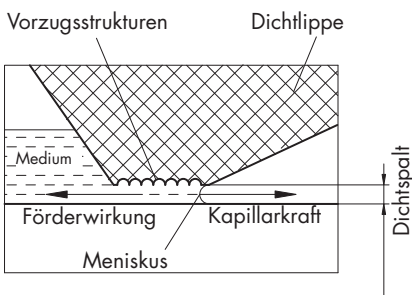
Die Radialkraft F_R setzt sich somit zusammen, aus dem Elastomeranteil F_E und dem Federanteil F_F .

und Welle verzerrt. Die Ausrichtung dieser verzerrten Vorzugsstrukturen hängt von der Anpressdruckverteilung in der Kontaktzone und von der Drehrichtung der Welle ab.

Sie erzeugen eine Förderwirkung (Schleppströmung) von der Atmosphärenseite zur Mediumseite der Kontaktzone, die einer Mikrogewindewellenpumpe gleicht. Die erforderliche „Förderwirkung“ des Radial-Wellendichtrings, wird nur dann erzielt, wenn die Anpressdruckverteilung der axialen Laufspurbreite asymmetrisch ist, nur dann fördert die „Mikrogewindewellenpumpe“ in die richtige Richtung.

Die Asymmetrie der Anpressdruckverteilung wird zum einen durch die unterschiedlichen Kontaktflächenwinkel ($\alpha > \beta$) der Dichtlippe zur Wellenoberfläche erreicht, zum anderen durch die Verschiebung der Schraubenzugfeder zur Atmosphärenseite (Federwirkabstand).

Durch die Schrägstellung der Vorzugsstrukturen wird das Medium im Kontaktbereich nicht nur in Umfangsrichtung, sondern auch in axialer Richtung gefördert. Zusätzlich wirkt bei benetzten Medien, wie z.B. Schmierölen, der Einfluss der Oberflächenspannungen in Leckagerichtung. Diese Medien werden infolge der Kapillarkräfte in den Dichtspalt hineingezogen und bilden auf der Atmosphärenseite eine gekrümmte Grenzfläche, die als „Meniskus“ bezeichnet wird. Bei einem „dichten“ Radial-Wellendichtring besteht ein Gleichgewicht zwischen den Leckage verursachenden Kräften (Druckdifferenz und Kapillarkraft) auf der einen Seite und dem Pumpeffekt der elastomeren Vorzugsstrukturen auf der anderen Seite.

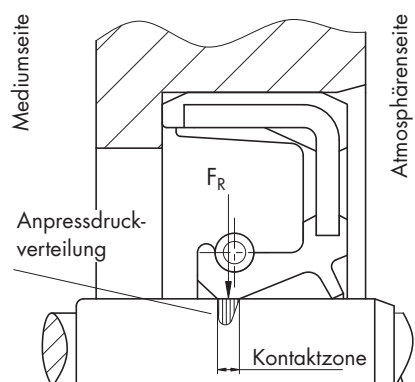


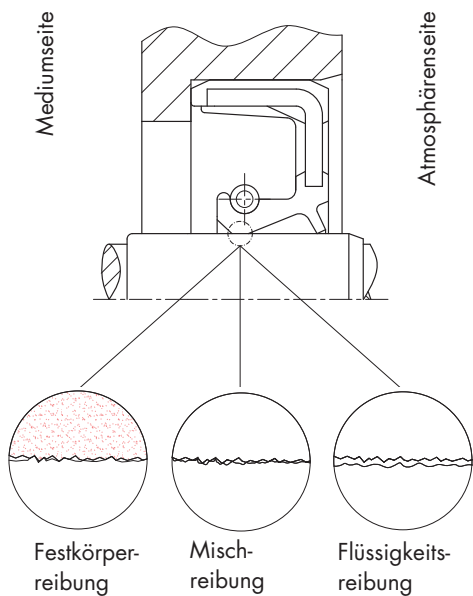
Dichtwirkung bei rotierender Welle

Bei der Rotationsbewegung der Welle tritt ein hydrodynamischer Effekt auf, der dazu führt, dass die Dichtlippe auf dem, durch das abdichtende Medium gebildeten Schmierfilm, aufschwimmt. Dies verhindert frühzeitigen Verschleiß und thermische Zerstörung der Dichtlippe.

Einerseits soll der den Verschleiß hemmende Schmierfilm innerhalb der Kontaktzone erhalten werden und andererseits soll verhindert werden, dass das abdichtende Medium auf der Atmosphärenseite austritt und zur Leckage führt.

Bereits kurze Zeit nach dem Anfahren eines neuen Radial-Wellendichtrings bilden sich in der elastomeren Kontaktzone Mikro-Vorzugsstrukturen in axialer Richtung aus. Diese werden infolge der Relativbewegung zwischen Dichtkante





Reibungszustände in der Kontaktzone

Reibungszustände und Schmierung

Das Zusammenarbeiten der Maschinenelemente Welle, Radial-Wellendichtring und Schmierstoff ist als tribologisches System anzusehen, d.h. es treffen drei Komponenten / Stoffe aufeinander. Der Schmierstoff ist in einer Reibstelle den festen Komponenten gleichberechtigt und er beeinflusst entscheidend die Funktionssicherheit und Lebensdauer des Systems.

Schon bei geringer Drehzahl dringt das Medium aufgrund von Kapillarkräften in die Kontaktzone ein. Die Fluidförderung, durch die Kapillarkräfte in Leckage-richtung, ist für die Schmierung der thermisch stark belasteten Kontaktzone unverzichtbar.

Der wohl häufigste Zustand ist die Mischreibung zwischen Welle und Dichtlippe, hierbei sind auch die Werkstoffe der beiden Kontaktflächen von großer Bedeutung.

Bei größer werdenden Drehzahlen der Welle geht der Reibungszustand von der Festkörperreibung über in den Zustand der Mischreibung bis hin zur hydrodynamischen Flüssigkeitsreibung. Die erhöhte Drehzahl und der hydrodynamische Effekt führen dazu, dass die Dichtlippe auf dem durch das abzudichtenden Medium gebildeten Schmierfilm aufschwimmt.

Durch diesen hydrodynamischen Schmierfilm wird die elastomere Dichtkante vor frühzeitigem Verschleiß und thermischer Zerstörung infolge des vorhandenen Reibungszustands bewahrt. Für eine lange Lebensdauer, ist es wichtig, dass die Dichtkante ausreichend und durchgehend mit Schmiermedium versorgt wird. Reibung und Reibungsverlust werden entscheidend durch die Radialkraft, den Radial-Wellendichtring-Werkstoff, den Schmierzustand, die Umfangsgeschwindigkeit, die Temperatur, die Druckbeaufschlagung und die Oberflächenbeschaffenheit der Welle beeinflusst.

Reibleistung:

$$P_{\text{REIB}} = F_R \cdot \mu \cdot d/2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot n$$

P_{REIB} = Reibleistung [Watt]

F_R = Radialkraft [N]

μ = Reibungskoeffizient

d = Wellendurchmesser [mm]

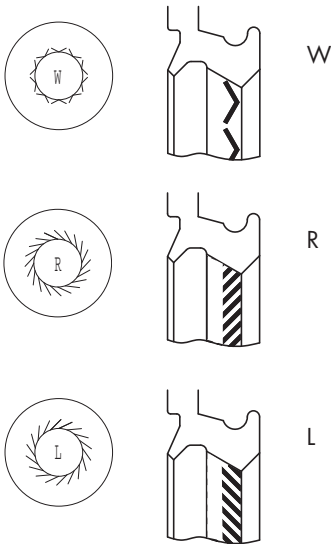
n = Drehzahl [1/min]

Diese Berechnung kann nur als Abschätzung dienen, da der Reibungskoeffizient für die jeweiligen Betriebsbedingungen nicht ausreichend bestimmt werden kann.

Um den Reibungsverlust gering zu halten, wird eine möglichst niedrige Radialkraft eingestellt. Jedoch muss die Radialkraft ausreichend für die Dichtfunktion sein.

Wird der erforderliche Schmierfilm unter der Dichtkante gestört, z.B. durch Verunreinigungen im Medium, Beschädigungen auf der Lauffläche der Welle oder durch zu große Oberflächenrauheiten auf der Welle, entsteht Leckage.

Manche Maschinenelemente, wie z.B. Kegelrollenlager, Schrägkugellager und einige Zahnradtypen, üben während des Betriebs eine Förderwirkung aus, die die Versorgung der Dichtstelle mit Schmierstoff beeinträchtigen kann. Deshalb sollten bereits im Stadium der Konstruktion entsprechende Vorkehrungen zur Förderung des Schmierstoffes, wie z.B. Schmierkanäle und Schleuderscheiben, vorgesehen werden.



Verschiedene Ausführungen von hydrodynamischen Dichthilfen „Drall“

Trockenlauf

Die Welle darf auf keinen Fall ungeschmiert am Radial-Wellendichtring rotieren, da sonst ein frühzeitiger Verschleiß an der Dichtkante auftritt und eine zu hohe Temperatur an der Dichtkante entsteht infolge nicht funktionierender Wärmeabfuhr.

Deswegen sollte die Dichtkante des Radial-Wellendichtrings bei der Montage leicht eingefettet werden. Denn das abzudichtende Medium hat neben der Aufgabe der Schmierung die Funktion, eine kontinuierliche Wärmeabfuhr der auftretenden Reibungswärme zu gewährleisten.

Für den Einsatz bei Trockenlauf sind spezielle Bauformen und Werkstoffe auszuwählen, z.B. Radial-Wellendichtringe mit PTFE-Dichtlippe.

Fettschmierung

Bei reiner Fettschmierung ist die Wärmeabfuhr der Reibungswärme wesentlich geringer als bei Ölschmierung. Sie sollte nur bei langsam rotierenden Wellen angewendet werden mit einer Umfangsgeschwindigkeit von maximal der Hälfte der zulässigen Werte für Ölschmierung. (siehe Drehzahltablette Seite 20)

Bei der Abdichtung langsam rotierender Wellen empfehlen wir den Raum zwischen Radial-Wellendichtring und Lager nahezu vollständig mit Fett zu füllen. Lässt sich kein geeignetes Schmierfett einsetzen, so besteht die Möglichkeit einen Radial-Wellendichtring mit PTFE-Dichtlippe zu verwenden.

Abdichtung gegen schlecht schmierende Medien

Bei der Abdichtung gegen schlecht schmierende Medien, wie z.B. Wasser oder Waschlauge muss zur ausreichenden Schmierung der Dichtkante eine Fettfüllung zwischen Dicht- und Schutzlippe, max. 2/3 des Raumes, vorgesehen werden. Noch wirksamer sind zwei hintereinander angeordnete Radial-Wellendichtringe (Tandemanordnung) mit einer dazwischen liegenden Fettfüllung, max. 2/3, mit Nachschmiermöglichkeit.

Hydrodynamische Dichthilfen „Drall“

Ist die normale Förderwirkung des Radial-Wellendichtrings nicht ausreichend, können sogenannte Drallstege als zusätzliche, hydrodynamische Dichthilfen verwendet werden, um die Funktionssicherheit des Radial-Wellendichtrings zu erhöhen. Drallstege sind erhabene Rückförderstege, die von der Atmosphärenseite her im schrägen Winkel zur Dichtkante verlaufen.

In Abhängigkeit von der Drehrichtung der Welle werden Radial-Wellendichtringe mit Rechts- oder Linksdrall oder auch Wechseldrall eingesetzt. Die Drallstege haben die Aufgabe, bei einer Störung der normalen Förderwirkung das in Richtung Atmosphärenseite gelaufene Medium nicht als Leckage abfließen zu lassen, sondern in die Kontaktzone der Dichtkante zurückzuführen. Dadurch haben Radial-Wellendichtringe mit hydrodynamischen Dichthilfen eine doppelte Sicherheit gegen Leckage.

Die Wirkungsweise der Drallstege entspricht der einer einfachen Gewindegewindendichtung. Der Förderwert eines Radial-Wellendichtrings mit Einfachdrall ist wesentlich größer als der einer Standard-Bauform.

Radial-Wellendichtringe mit hydrodynamischen Dichthilfen haben eine verbesserte Funktionssicherheit, besonders bei schwierigen Betriebsbedingungen z.B. Rundlaufabweichungen, Mittigkeitsabweichung zwischen Welle und Bohrung und kleinen Beschädigungen auf der Wellenoberfläche.

Betriebsparameter

Druck

Druckloser Betrieb

Radial-Wellendichtringe sind generell für den drucklosen Betrieb ausgelegt, d.h. es herrscht keine Druckdifferenz zwischen den abzudichtenden Räumen.

Die Drehzahltafel Seite 20 zeigt die höchstzulässigen Drehzahlen bei drucklosem Betrieb bezogen auf den Elastomerwerkstoff.

Betrieb mit Druckbeaufschlagung

Die Belastungskombination aus Druck p und Umfangsgeschwindigkeit V ist maßgebend für die Auswahl des richtigen Radial-Wellendichtrings.

Bei druckbeaufschlagten Radial-Wellendichtringen wird die Dichtlippe stark an die Welle angepresst, dadurch erhöht sich die Radialkraft in Abhängigkeit vom Druck und der wirksamen Fläche (Selbstverstärkungseffekt) und somit die Dichtwirkung. Das Dichtvermögen des Radial-Wellendichtrings passt sich innerhalb gewisser Grenzen an die herrschende Druckdifferenz an.

Durch diesen Vorgang steigt aber auch die thermische Belastung und die Reibleistung an der Dichtkante, was zu frühzeitigem Verschleiß und Verhärtung führen kann. Bei zu hohen Drücken kann die Dichtlippe zur Atmosphärenseite umklappen.

Bei der Auswahl des Elastomerwerkstoffs ist die höhere thermische Belastung der Dichtkante unbedingt zu beachten (Übertemperatur). Für druckbeaufschlagte Radial-Wellendichtringe treffen deshalb die Richtwerte aus der Drehzahltafel Seite 20 für Umfangsgeschwindigkeit und Drehzahl nicht zu.

Bei druckbeaufschlagbaren Radial-Wellendichtringen (WASY) verringert sich auch die Fähigkeit der Dichtlippe, sowohl die Rundlauf toleranz der Welle, als auch die Mittigkeitsabweichung zwischen Welle und Aufnahmebohrung auszugleichen.

Druckbeaufschlagte Radial-Wellendichtringe müssen auf der druckabgewandten Seite, axial gegen das Herauspressen aus der Aufnahmebohrung, durch eine Gehäuseschulter, einen Distanzring oder einen Sicherungsring gesichert werden.

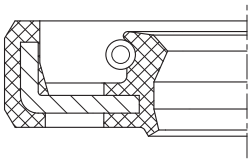
Druckbeaufschlagung bei Standardbauformen

Standard-Radial-Wellendichtringe sind für den Einsatz bei sehr geringen Drücken noch ausreichend ausgelegt. Sie dichten Räume mit geringen Druckdifferenzen gegen Flüssigkeiten, Fette und sogar Luft ab. Es können Druckdifferenzen von max. 0,5 bar in Abhängigkeit von der Drehzahl abgedichtet werden.

In der folgenden Tabelle sind die Grenzwerte für den Druck in Abhängigkeit von der Drehzahl und der Umfangsgeschwindigkeit dargestellt.

Höchstzulässige Drehzahlen der Welle bei Druckbeaufschlagung

max. Druckunterschied [bar]	Höchstzulässige Drehzahlen [1/min]	max. Umfangsgeschwindigkeit [m/s]
0,5	bis 1000	2,8
0,35	bis 2000	3,15
0,2	bis 3000	5,6



Druckbelastbare Bauform WAY/WASY

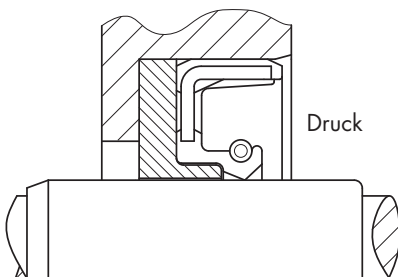
Bei Druckdifferenzen größer als 0,5 bar, pulsierenden Drücken und Vakuumeinsätzen ist die Bauform WASY zu empfehlen.

Diese Bauform ist mit einer kurzen, verstärkten Dichtlippe und mit einem heruntergezogenen Metallkäfig (stabilisierter Membrane) ausgeführt. Dadurch vermindert sich die Zunahme der Anpressung infolge des Drucks und somit auch die erhöhte Reibleistung und gegebenenfalls frühzeitiger Verschleiß.

Durch die verstärkte Ausführung der Dichtlippe wird auch das Umklappen der Dichtlippe Richtung Atmosphäreseite bei zu hohem Druck in gewissen Grenzen verhindert.

Die Bauform WASY ist in Abhängigkeit von der Drehzahl bis max. 10 bar druckbelastbar (siehe Tabelle).

Druckunterschied [bar]	Drehzahlen [1/min]	max. Umfangsgeschwindigkeit [m/s]
bis zu 10	< 500	0,6
4,5	1.000	2,7
2,4	2.000	5,9
1,3	3.000	8,4
0,6	4.000	11,3

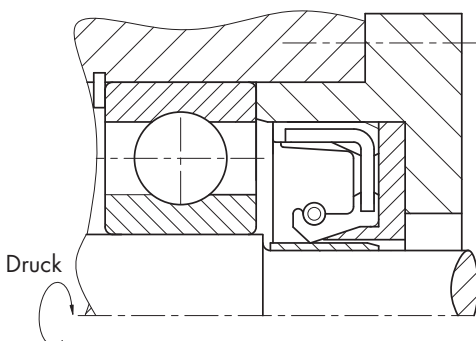


Stützringe

Druckdifferenzen von größer 0,5 bar können auch mit Standard-Radial-Wellendichtringen und einem zusätzlichen Stützring aus Stahl abgedichtet werden. Solche Kombinationen erlauben Drücke, in Abhängigkeit von der Drehzahl, bis zu ca. 10 bar.

Es können nur Bauformen ohne Schutzlippe verwendet werden, weil der Stützring die Dichtlippe unter der Membrane abstützt. Deswegen muss der Stützring dem jeweiligen Dichtlippenprofil genau angepasst werden. Bei Dichtomatik kann für jede Standardbauform (ohne Schutzlippe) die entsprechende Stützringzeichnung angefordert werden.

Ein solches Dichtsystem bietet sich dort an, wo druckbelastbare Bauformen (WASY) nicht zur Verfügung stehen.



Zulässige Drehzahlen und Umfangsgeschwindigkeiten

Die Umfangsgeschwindigkeit V der Welle wird nach folgender Formel aus der Drehzahl n und dem Wellendurchmesser d gebildet :

Umfangsgeschwindigkeit

$$v = (2 \pi \cdot n) \cdot d/2$$

v = Umfangsgeschwindigkeit [m/s]

n = Drehzahl [1/min]

d = Wellendurchmesser [mm]

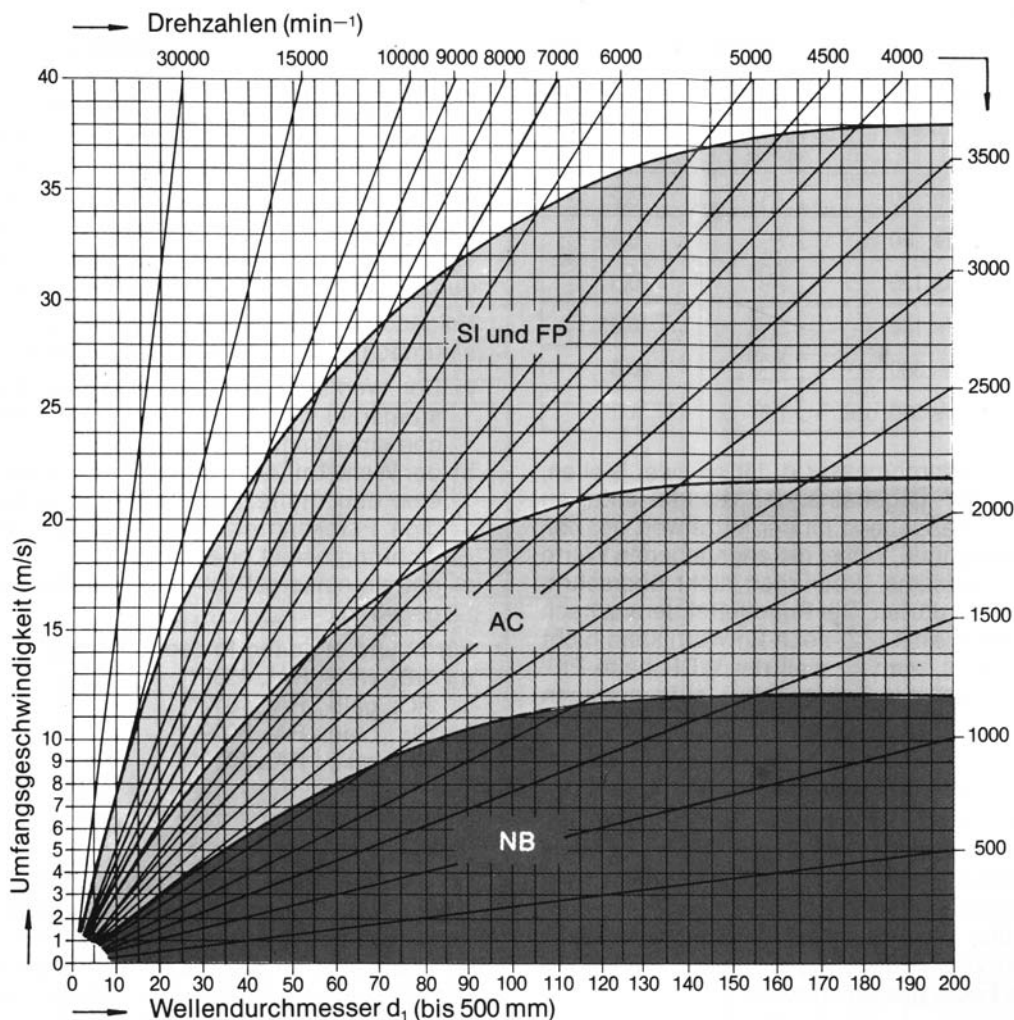
Um funktionsgefährdende Übertemperaturen an der Dichtkante zu verhindern, die zur Verhärtung des Elastomers oder zur Ölkohlebildung führen können, muss die Umfangsgeschwindigkeit begrenzt werden.

In der unten stehenden Tabelle sind Richtwerte für die Werkstoffauswahl in Abhängigkeit von der höchstzulässigen Umfangsgeschwindigkeit dargestellt. Die angegebenen Richtwerte sind Erfahrungswerte gemäß der DIN 3760.

Es sind keine herstellereigenen Eigenschaften der Radial-Wellendichtungen, wie z.B. Geometrie der Dichtlippe oder Radialkraft, berücksichtigt.

Diese Richtwerte gelten nur bei drucklosem Betrieb, ausreichenden Schmierverhältnissen mit Mineralöl und einer guten Wärmeabfuhr an der Dichtstelle. Bei Mangelschmierung oder reiner Fettschmierung sind die Grenzwerte zu halbieren. Auch bei Druckbeaufschlagung, schlechter Oberflächenqualität im Laufbereich und großer Rundlaufabweichung sind die Richtwerte zu reduzieren.

Bei Wellen mit größerem Durchmesser sind höhere Umfangsgeschwindigkeiten zulässig als bei Wellen mit kleinerem Durchmesser, da der Querschnitt der Welle mit dem Quadrat des Durchmessers wächst. Daraus resultieren wesentlich bessere Wärmeableitungsmöglichkeiten.



Temperatur

Durch die Rotation der Welle und der dadurch erzeugten Reibung an der Dichtkante ist die tatsächliche Temperatur an der Dichtkante höher als im Ölbad.

$$t_D = t_{\text{Öl}} + t_{\text{Ü}}$$

t_D = Temperatur an der Dichtkante [°C]

$t_{\text{Öl}}$ = Temperatur im Ölbad [°C]

$t_{\text{Ü}}$ = Übertemperatur [°C]

Diese Temperaturdifferenz zwischen Ölbad und Dichtkante wird Übertemperatur genannt.

Die Höhe der Übertemperatur hängt von folgenden Parametern ab:

- Umfangsgeschwindigkeit
- Schmierzustand / Ölpegel
- Wärmeabfuhr
- Druckbelastung
- Oberflächenbeschaffenheit der Welle
- Radial-Wellendichtring-Material

Bei steigenden Umfangsgeschwindigkeiten steigt auch die Übertemperatur an der Dichtkante. Die Übertemperatur kann in Abhängigkeit von der Umfangsgeschwindigkeit bis zu +40°C betragen.

Wenn die maximal zulässigen Einsatztemperaturen für die verschiedenen Elastomer-Werkstoffe überschritten werden, führt dies zu frühzeitiger Verhärtung des Elastomer-Werkstoffs und starkem Verschleiß.

Die zulässigen Einsatztemperaturen unserer Elastomer-Werkstoffe entnehmen Sie bitte den Tabellen im Kapitel Werkstoffe. Die in den Tabellen angegebenen Hochtemperaturen beziehen sich auf die Temperatur an der Dichtkante.

Abdichtende Medien

Die Auswahl des richtigen Radial-Wellendichtrings, insbesondere des richtigen Werkstoffs hängt neben der Umfangsgeschwindigkeit der Welle, der Druckbelastung und der reibungsbedingten Temperaturerhöhung, entscheidend vom abdichtenden Medium und dessen Temperatur ab. Speziell die chemische Beständigkeit des Radial-Wellendichtrings gegen das eingesetzte Medium beeinflusst die Lebensdauer der Dichtung maßgeblich.

Ein chemischer Angriff des Mediums kann zur

- Erweichung des Werkstoffes durch Quellung
- oder Verhärtung und frühzeitigen Alterungserscheinungen, begünstigt durch hohe Temperaturen, führen.

Das Verhalten der einzelnen Werkstoffgruppen gegen eine Vielzahl von Medien ist in der Dichtomatik Beständigkeitsliste aufgeführt. Beim Einsatz neuer Medien, bei Unklarheiten oder auch beim gleichzeitigen Auftreten maximaler Anwendungsparameter (z.B. Temperatur, Druck, Umfangsgeschwindigkeit) empfehlen wir vorab einen Test durchzuführen. Den besten Aufschluss über die Eignung einer Dichtung liefert ein Praxistest unter Serienbedingungen. Hilfestellung können auch ein Labortest und die Rückfrage beim Mediumhersteller leisten.

Für die Abdichtung aggressiver Medien eignen sich in vielen Anwendungsfällen die Bauformen VIA/VIAS im Werkstoff FPM besser als die Bauformen in NBR. Radial-Wellendichtringe aus FPM sind chemisch und thermisch höher belastbar.

Zusätzlich sind die Bauformen VIA/VIAS bereits im Standard mit Zugfedern aus dem rost- und säurebeständigen Stahl 1.4301 (AISI 304) ausgerüstet und der metallische Versteifungsring ist voll mit Elastomer ummantelt.

Für noch höhere Anforderungen in Bezug auf die Medienbeständigkeit stehen mit den Typen WCP21 und WEPO zwei Bauformen mit PTFE-Dichtlippe bzw. komplett aus PTFE zur Verfügung.

Häufig eingesetzte Medien: Öle und Fette auf Mineralölbasis

Hier besteht im Regelfall eine gute Beständigkeit mit NBR- und FPM-Standardwerkstoffen. Lediglich bei hochadditivierten Medien, für die keine Erfahrungswerte vorliegen, kann ein Test empfehlenswert sein.

Synthetische Öle und Fette

Der Aufbau synthetischer Schmierstoffe ist im Wesentlichen durch das Grundöl und eine Vielzahl von Additiven gekennzeichnet. Je nach Art des Grundöls und der Additive kann bei niedrig additivierten Schmierstoffen der NBR-Standardwerkstoff verwendet werden. Bei höher additivierten Ölen, insbesondere bei Temperaturen oberhalb +80°C, ist FPM als Dichtungsmaterial besser geeignet.

Begründet durch die Vielzahl und die Kombination von Additiven in synthetischen Schmierstoffen kann es aber zu Beständigkeitsproblemen kommen. Daher empfehlen wir, die Werkstoffeignung vorab durch einen Test zu verifizieren.

Einsatzbereiche für Radial-Wellendichtring-Werkstoffe

Werkstoff	NBR	FPM	HNBR	NBR High Nitrile	NBR Hoch- temp.	NBR Tief- temp.	VMQ	ACM	PTFE
Tieftemperatur [°C]	-40	-30	-40	-30	-30	-50	-50	-25	-80
Hochtemperatur [°C] (ohne Medieneinfluss)	100	200	150	100	120	90	200	150	200
Abriebfestigkeit	2	1-2	1-2	2	2	2	3	3	3

Abzudichtende Medien / zulässige Dauertemperaturen [°C]

Mineralöle

Motorenöle	100	150	100	100	120	90	130	130	150
Getriebeöle	80	150	80	80	100	70	130	120	150
Hypoid-Getriebeöle	80	140	80	80	100	70	-	120	150
ATF-Öle	100	150	100	100	110	80	■	130	150
Druckflüssigkeiten nach DIN 51524	90	130	90	90	100	80	■	120	150
Heizöle EL und L	90	150	80	90	90	■	■	■	150
Fette	90	150	90	90	100	80	■	120	150

Schwerentflammbare

Druckflüssigkeiten

VDMA 24317 / 24320

HFA Öl in Wasser-Emulsionen	60	■	60	60	60	■	■	-	■
HFB Wasser in Öl-Emulsionen	60	■	60	60	60	■	■	-	■
HFC wässrige Polymerlösungen	60	-	60	60	60	■	■	-	■
HFD wasserfreie synthetische Flüssigkeiten	-	150	-	-	-	-	■	-	150

Sonstige Medien

Wasser	80	80	90	80	80	■	■	-	■
Waschlaugen	80	80	90	80	80	■	■	-	

Die angegebenen Werte für die Hochtemperaturen beziehen sich auf die maximal unter der Dichtlippe entstehenden Temperaturen.

Diese können je nach Einsatz bis zu +40°C oberhalb der Medientemperatur liegen.

1 = sehr gut / 2 = gut / 3 = mäßig

- = beständig, wird aber normalerweise nicht verwendet
- = bedingt beständig
- = nicht beständig