



**Da ist noch  
Luft nach oben**

10



**Immer kleiner,  
aber beherrschbar**

16



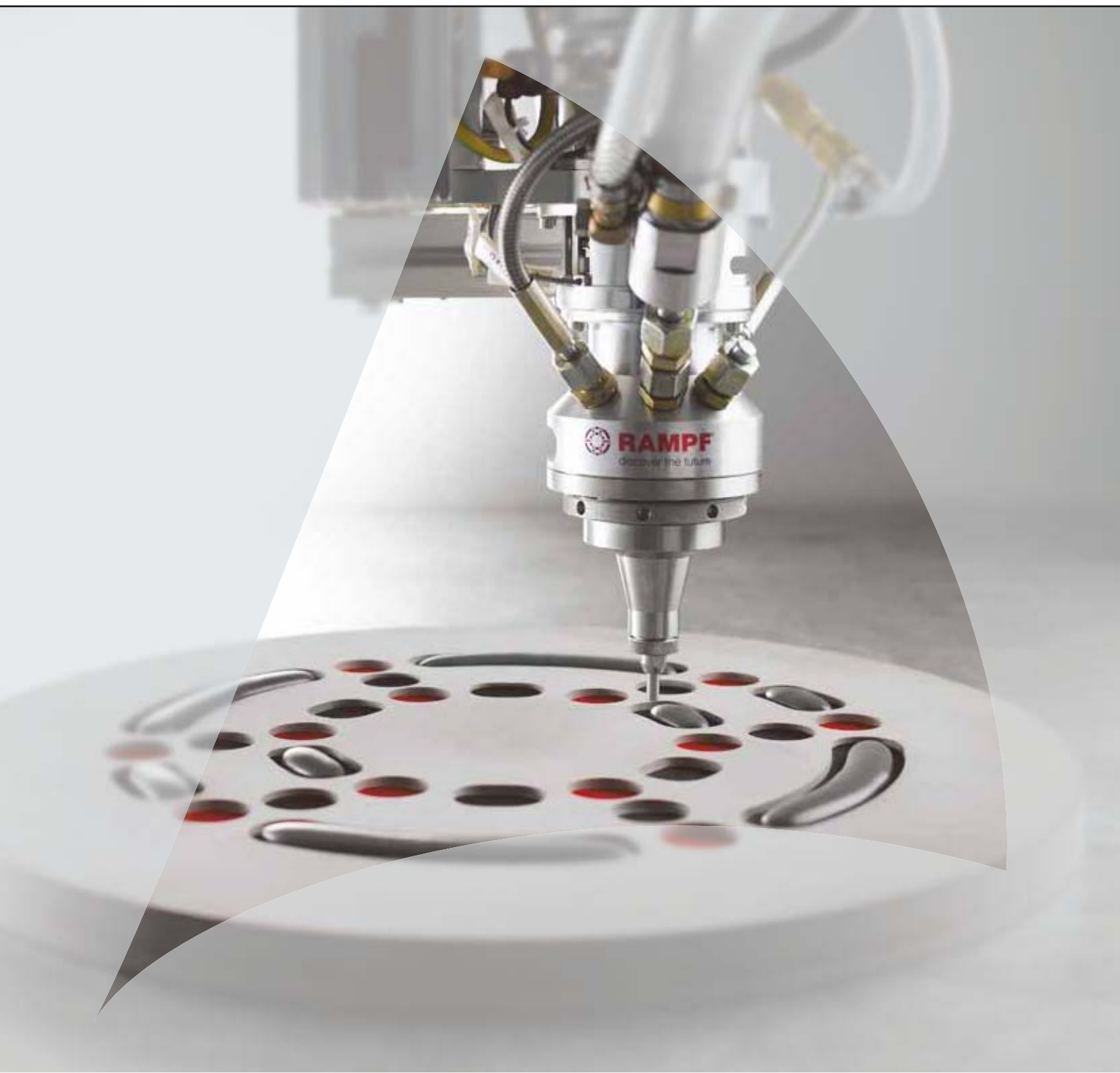
**Gummi, schwarz, 70 Shore –  
eine Blackbox**

24

# D I C H T !

**TRIALOG DER DICHTUNGS-, KLEBE- UND ELASTOMERTECHNIK**

04-2013 | € 8,50



# RDWR – optimiertes Förderverhalten...

## ...durch neue Elastormischungen

**DYNAMISCHE DICHTUNGEN/WERKSTOFFE – Die Anforderungen an moderne Radialwellendichtringe (RWDR) sind vielfältig und von der Anwenderseite her oft sehr anspruchsvoll. Zum Einsatz kommen sie in vielen Industrieanwendungen, bei denen das robuste Dichtverhalten und eine lange Lebensdauer wichtig sind. Damit sind sie auch für die Energietechnik interessant, denn auch hier geht nichts ohne die dauerhafte und effiziente Funktion von Standard-Aggregaten.**

Wellenlagerungen oder andere sich relativ zueinander bewegende Maschinenteile werden i.d.R. mit Öl oder Fett geschmiert. Deshalb spielt die Abdichtung von rotierenden Wellen eine wichtige Rolle, um Schmierstoffverlust zu vermeiden. Das hat sowohl Funktions-, als auch Kosten- und Umweltaspekte. Zum Einsatz kommen RWDR entlang der gesamten Wertschöpfungskette in der Energietechnik und Industrie, typischerweise in Getrieben, Pumpen, Elektro- und Verbrennungsmotoren.

Die einbaufertigen Dichtelemente bestehen aus dem Versteifungsring, dem gummierten Außensitz, einer elastischen Membran und der darin angebundenen Dichtkante sowie einer ringförmigen Schraubenzugfeder. Die Dichtlippe hat eine geradlinig umlaufende Dichtkante mit asymmetrischen Kontaktwinkeln zwischen Schmierstoff- und Luftseite. Sie muss Rundlaufabweichungen tolerieren und dafür sorgen, dass die Dichtwirkung dabei stets erhalten bleibt. Darum sind die Dichtlippe – in Form einer Membrane – und die Zugfeder so aufeinander abgestimmt, dass die Dichtung auch relativ hohe Rundlauf- und Koaxialitätsabweichungen kompensieren kann. Die Zugfeder gewährt dabei gleichzeitig die Anpresskraft der Dichtkante. Die RWDR der Reihen HMS5 und HMSA10 von SKF entsprechen den in DIN 3760:1996 oder ISO 6194-1:1982 genormten Dichtungen. Im Gegensatz zur Ausführung HMS5 ist die HMSA10 mit einer Schutzlippe ergänzt, die die eigentliche Dichtkante zusätzlich vor Verschmutzung von außen schützt. Sie bildet

einen engen Dichtspalt mit der Lauffläche und ist somit praktisch berührungsfrei. Dadurch erzeugt die Schutzlippe keine Reibung oder Wärmeentwicklung und verursacht keinen zusätzlichen Energieverlust »1. Die Dichtringe sind für metrische Wellen von 6 bis 250 mm verfügbar. Ausgeführt sind sie mit abgestochener Dichtkante und mit einem vollgummierten und rillierten Außensitz für eine verbesserte statische Dichtigkeit und geringerer Toleranzempfindlichkeit gegenüber der Aufnahmebohrung.

### Statisch oder dynamisch abgedichtet

Auf den Dichtkontakt wird durch die Vorspannung des Elastomers und der Schraubenzugfeder eine Radialkraft zur Welle ausgeübt. Die Vorspannung entsteht bei der Montage: Der Dichtring wird auf die Welle aufgezogen und somit aufgeweitet. Aus der Elastomer- und Federspannung resultiert dabei eine Radialkraft, die auf den Dichtkontakt wirkt. Dadurch wird die scharfe Dichtkante abgeflacht und es entsteht eine Berührfläche, die nur einige 100 µm breit ist. Während die Feder und damit ihre Vorspannung sich über die Zeit nicht ändern, fällt die Elastomervorspannung während des Betriebs auf einen geringeren Betrag ab. Abhängig ist das von den Einsatzparametern, der Materialbeständigkeit und dem Verschleißverhalten des Elastomers.

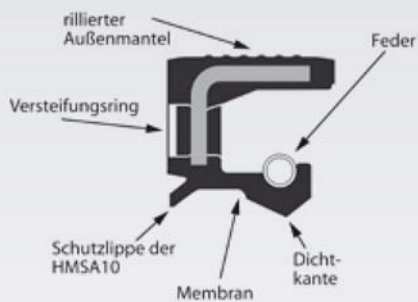
Während des Stillstands der Welle zur Dichtung legt sich die Dichtlippe an die Welle an. Wegen des elastischen Materialverhaltens und der Verformung der elastomeren Dichtkante werden auch kleinste Formabweichungen ausgeglichen. Damit ist der Ölraum spaltfrei nach außen hin abgedichtet.

Im dynamischen Betrieb bewegt sich die Welle relativ zur Dichtkante und der Schmierstoff bildet im Kontaktbereich einen Ölfilm aus. Die Oberflächenspannung des Öls bildet auf der Luftseite einen Meniskus und hält das Öl in der Kontaktzone. Dieser Meniskus alleine ist jedoch nicht in der Lage, das Öl sicher zurückzuhalten. Die abgestimmte Auslegung der Dichtkante – unterstützt durch die Position der Schraubenzugfeder – ergibt eine asymmetrische Pressungsverteilung im Kontaktbereich. Der Schwerpunkt der Pressungsverteilung ist zur Ölseite hin verlagert. Innerhalb einer kurzen Einlaufphase bildet die Dichtlippe eine angeraute Kontaktfläche an der Dichtkante mit einer Mikrostruktur auf dem Elastomer aus. Diese führt im Betrieb über die asymmetrische Pressungsverteilung und die Relativbewegung zu einer Verzerrung im tribologischen Kontakt. Diese Verzerrung erzeugt eine Förderwirkung im Ölfilm von der Atmosphärenseite zur Mediumseite der Kontaktzone hin.

Diese Mechanismen, auch als Förderverhalten bezeichnet, sorgen dafür, dass das Medium in der Kontaktzone nicht austritt und in den Ölraum zurückgeführt werden kann. Eine Leckage wird verhindert. Gleichzeitig ist bei der rotierenden Welle eine ausreichende Menge an Schmierstoff im Dichtspalt vorhanden. Dadurch wird das Trockenlaufen der Dichtkante vermieden. Das hat auf das Verschleißverhalten der Dichtlippe und Welle, und damit auf die Lebensdauer des Dichtsystems, wesentlichen Einfluss »2. Ein Indikator für das Förderverhalten ist die Zeit, die die Dichtlippe auf einem Prüfstand benötigt, um eine definierte Menge Öl von der Luftseite zur Stirnseite

### Berechnung des Förderwertes

Bei der Bewertung des Förderverhaltens geht man folgendermaßen vor: Bei rotierender Welle wird dem Dichtring im luftseitigen Dichtspalt mit einer Spritze eine definierte Menge Flüssigkeit angeboten. Sobald das Öl in den Dichtkontakt eingetragen wird, erfolgt ein Reibmomentsprung und ein Ölfilm wird kontinuierlich durch den Dichtkontakt auf die Ölseite gefördert. Durch den erhöhten Ölfilm fällt das Reibmoment im tribologischen Kontakt auf einen deutlich niedrigeren Wert ab. Sobald das Ölangebot auf der Luftseite vollständig aufgebraucht ist, erreicht das Reibmoment an der Dichtkante wieder sein Ausgangsniveau und kündigt so das zeitliche Ende der Förderung an. Aus der Zeit, die der Dichtring für die Förderung braucht, sowie der zugeführten Menge an Schmierstoff und der Drehzahl lässt sich die Fördermenge pro Wellenumdrehung berechnen.



»1 Im Gegensatz zur Ausführung HMS5 ist die HMSA10 mit einer Schutzlippe ergänzt. Sie bildet einen engen Dichtspalt mit der Lauffläche und ist somit praktisch berührungsfrei

»2 Bei der rotierenden Welle ist der Rückförderanteil auf der Luftseite größer als der Förderanteil auf der Ölseite und ergibt eine Nettoförderung in Richtung des Ölraumes, das Medium in der Kontaktzone tritt nicht aus. Eine Leckage wird verhindert. Gleichzeitig ist eine ausreichende Menge an Schmierstoff im Dichtspalt vorhanden. Das Trockenlaufen der Dichtkante wird vermieden



(Ölseite) zu fördern. Je kürzer diese Zeit, desto robuster ist die Dichtung in ihrer Anwendung gegen Ölverluste.

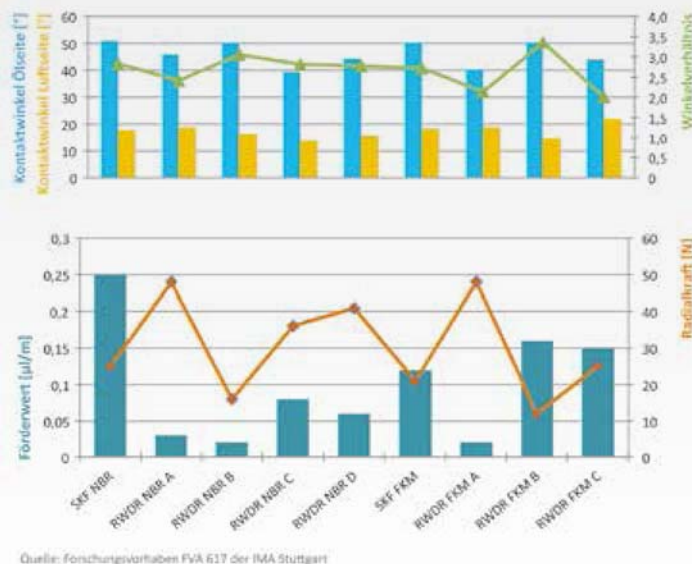
## Material ist entscheidend

Damit die Dichtkante den Wellenbewegungen folgen kann, muss ein elastisches Verhalten der Membran stets über die gesamte Lebensdauer gegeben sein. Nur so ist die notwendige Anpresskraft der Dichtkante zur Welle gewährleistet. Abhängig ist das elastische Verhalten von der Beständigkeit des Materials gegenüber den Umgebungs- und Betriebsbedingungen. Dazu gehören z.B. abdichtende Medien, Betriebstemperatur, Umfangsgeschwindigkeit und Oberfläche der Welle sowie der im System herrschende Druck. Je nach Bauform und Anwendung stehen verschiedene Elastomerwerkstoffe zur Verfügung. Als Ausgangsstoff für die Reihe HMS5 und HMSA10 dient immer Synthesekautschuk.

Um das Material auf die gestellten Anforderungen abzustimmen, werden verschiedene Zusatzstoffe beigemischt. Diese sind in Verarbeitungshilfsmittel und Füllstoffe unterteilt. Verarbeitungshilfsmittel sind dafür da, Fertigungsprozesse reibungsloser bei konstanter Qualität zu gestalten. Zu diesen Stoffen gehören z.B. Wachse oder Öle. Füllstoffe hingegen beeinflussen die physikalischen Eigenschaften des Elastomers in der Anwendung. Dazu zählen die Härte, die Alterungsbeständigkeit, die Reibung und das Förderverhalten der Dichtkante. Füllstoffe können Graphit, Ruß oder anorganische Stoffe sein. Durch das Mischen des Ausgangsstoffs mit den entsprechenden Füllstoffen und Verarbeitungshilfsmitteln lassen sich die benötigten Werkstoffeigenschaften einstellen. Die Werkstoffe erfüllen die Anforderungen eines breiten Einsatzspektrums von Industrieanwendungen.

Acrylnitril-Butadien-Kautschuk (NBR) ist der für RWDR in der Industrie am meisten verwendete Werkstoff. Seine Basiseigenschaften werden besonders durch den Acrylnitril-Gehalt (ACN) bestimmt. Ein ge-

»3 Bandbreite der Förderwerte im Vergleich zu Radialkraft und Kontaktwinkel untersuchter Dichtelemente aus NBR und FKM verschiedener Anbieter



ringer ACN-Gehalt führt zu einer guten Tieftemperaturflexibilität, schränkt aber normalerweise die Beständigkeit gegen Öle und Kraftstoffe ein. Steigt der ACN-Gehalt, nimmt die Kälteflexibilität ab und die Beständigkeit gegen Öl- und Kraftstoffe nimmt zu.

Je nach Temperatureinsatzbereich und benötigter chemischer Medienbeständigkeit wird ein dementsprechender Kautschukgrundtyp verwendet: Acrylnitril-Butadien-Kautschuk (NBR) oder Fluor-Kautschuk (FKM). Der neue NBR-Werkstoff ist das Ergebnis langjähriger Erfahrungen. Diese ist mit aktuellen Erkenntnissen auf dem Gebiet der Elastomer-Werkstofftechnik kombiniert. Hauptmerkmale dieses Werkstoffs sind eine gute Beständigkeit gegen Öl und synthetische Schmierstoffe, ein gutes Rückförderverhalten sowie eine hohe Verschleißfestigkeit. Tests haben gezeigt, dass sich dieser Werkstoff gegenüber Marktbegleitern absetzt »3.

Neben NBR wird auch FKM häufig eingesetzt. Dieser Kautschuk hat einen höheren Temperatureinsatzbereich als NBR. Dabei ist FKM auch beständiger gegen mineralische und synthetische Öle, Fette, Kohlenwasserstoffe, Kraftstoffe, schwer entflammbare Druckflüssigkeiten, organische Lösungs-

mittel und Chemikalien. Außerdem besitzt dieser Werkstoff eine geringe Gasdurchlässigkeit. Nicht beständig ist FKM allerdings gegen Heißwasser, Wasserdampf, polare Lösungsmittel oder auch Bremsflüssigkeiten auf Glykollbasis und niedermolekulare organische Säuren.

## FAKTEN FÜR KONSTRUKTEURE

- Der neue RWDR aus NBR erreicht aufgrund seiner Werkstoffzusammensetzung hohe Förderwerte. Damit bietet er eine erhöhte Dichtsicherheit, reduzierte Reibungsverluste und kann Störungen aus dem System besser kompensieren. So ist das gesamte tribologische System robuster gestaltet

## FAKTEN FÜR EINKÄUFER

- Tribologische Systeme auf Basis der neuen RWDR rechnen sich unter Kosten- und Umweltaspekten

SKF GmbH  
www.skf.com

Von Jürgen Kurth, Produktentwicklung