

## **Wellen – prima abgedichtet**

Gute Schmierung ist in der Technik ein uraltes Problem. Beispiel Pferdewagen: jedes Rad dreht sich da um eine feststehende Achse. Dabei kommt es natürlich zu starker Reibung zwischen Achse und Radnabe und das erschwerte den Radlauf. Deshalb hat man seit eh und je die Lager geschmiert, mit der berühmten Wagenschmiere. Das verminderte zwar die Reibung in den Lagern, aber Teile des Schmierfetts wurden ständig aus den Lagern hinausgequetscht und man musste immer wieder nachschmieren. Ähnlich, wenn auch nicht ganz so grob, ging es später bei anderen Wellenlagern zu: in den Automobilen der Anfangszeit, in Werkzeugmaschinen, in Pumpen und Wasserturbinen, an den Schiffsschrauben – überall, wo sich Wellen in feststehenden Lagern drehten oder umgekehrt Räder um feststehende Achsen. Immer kam es zu Schmierfettverlusten und nicht selten schließlich zum Trockenlauf.

### **Herr Sinner macht eine Erfindung**

Bedeutsame Erfindungen sind nicht selten dem Zufall zu verdanken. Eigentlich suchte der Ingenieur Walter Sinner, tätig in einer großen Ledergerberei, in den 30er-Jahren des 20. Jahrhunderts nach Verwendungsmöglichkeiten für die dort anfallenden Lederreste. Und er machte eine Erfindung von enormer Tragweite: das erste Wellenabdicht-Element, bestehend aus einem Metallring mit einem Lederstreifen darin.

Der Metallring wurde in das Lager hinein gepresst und dann die Welle durch das Ring-Innere geschoben. So lief nun die Welle in dem Ring, wobei der innen liegende Lederstreifen als Abdichtelement wirkte und dafür sorgte, dass das dahinter eingepresste Schmierfett oder das eingefüllte Schmieröl nicht mehr nach außen treten konnte.

Zugleich verhinderte der Dichtstreifen das Eindringen von Staub in das Lager. Der Kniff dabei: damit der Lederstreifen immer auf der Welle gut dichtend auflag, hatte Sinner um den Streifen eine Drahtspirale als eine Art Spannfeder gelegt. Sie sorgte für eine gleichmäßige Anpressung des Dichtstreifens gegen die Welle. Das Ganze nannte sich „Simmerring“, ein Begriff, den noch heute jeder Automechaniker kennt.

### **Vom Simmerring zum Radial-Wellendichtring**

Aus der zunächst recht einfachen Konstruktion hat sich der Simmerring zu einem Maschinenelement von höchster Raffinesse entwickelt. Dementsprechend lautet die korrekte Bezeichnung heute „Radial-Wellendichtring“, kurz RWDR.

Aus dem Leder ist längst Gummi geworden, war doch Leder schon sehr bald nicht mehr in der Lage, den ständig zunehmenden Drehzahlen in den Maschinen und Motoren, den wachsenden Temperaturen in den Lagern und den chemischen Angriffen der abdichtenden Medien zu widerstehen. Es ging ja nicht mehr nur um das Verhindern von Öl- und Schmierfettaustritt aus den Wellenlagern, es ging auch um das Abdichten von Wellen z. B. in Waschmaschinen mit ihren aggressiven Waschlaugen oder in Pumpen zum Fördern von Säuren und anderen chemisch hochwirksamen

Stoffen. Da kommt als Dichtelement nur noch Gummi in seinen vielfältig variablen Spielarten infrage.

### **Gleiches Prinzip – Vielfalt in der Ausführung**

Prinzipiell besteht der moderne Radial-Wellendichtring nach wie vor aus dem ringförmigen Gehäuse, dem Dichtelement (jetzt aus Gummi) und der Spiralfeder, die das Dichtelement gegen die Welle drückt. Das hört sich einfach an. Doch ist für jeden einzelnen Fall von Wellenabdichtung ein eigener Dichtringtyp notwendig.

So findet sich in den Angebotslisten der Hersteller eine Vielzahl verschiedener Ausführungen. Trotzdem muss häufig genug ein neuer, spezieller Ring konstruiert werden.

Will beispielsweise ein Automobilhersteller bei einem neuen Wagentyp die Kurbelwellenlagerung im Kurbelgehäuse gegen Ölaustritt sichern und findet er in der Angebotsliste des Dichtring-Herstellers keinen passenden Typ, so muss er eine Neukonstruktion anfordern. Dazu muss er den auftretenden Öldruck angeben, die Temperaturen von Gehäuse und Schmieröl, den Seitendruck der Welle im Lager, die Vibrationen im Wellenlager in Richtung der Welle und quer dazu (also axial und tangential).

Auf all diese Kriterien müssen nämlich die Form des Ringes, der Durchmesser und die Spannung der Drahtspirale und nicht zuletzt Form und Materialart des Dichtgummis abgestimmt sein. Unter anderem kommt es darauf an, den Auflagedruck der Gummilippe auf der Welle und damit die Reibung so gering wie möglich zu halten.

Straffes Umspannen der Welle würde größere Reibungswärme erzeugen und dann könnte der Gummi allmählich verspröden und nicht mehr ordentlich abdichten. Die Dichtung muss so geformt und so bemessen sein, dass sie einen hauchfeinen Ölfilm unter sich durchlässt, der für die Schmierung der Welle im Dichtbereich sorgt. Die Dichtlippe des Gummiringes soll zumindest bei höheren Drehzahlen auf dem Ölfilm „aufschwimmen“.

### **Konstruieren mit FEM und die Kautschukwahl**

Um bei der Konstruktion der Dichtung und bei der Rohstoffwahl das Optimum zu finden, reicht es längst nicht mehr, ein bisschen herum zu probieren und mit dem Taschenrechner hin- und herzurechnen. Heute bedient man sich dafür leistungsfähiger Computer und der Finite-Elemente-Methode (FEM).

Damit zerlegt man die Gesamtkonstruktion in viele einzelne Abschnitte, in einzelne „Elemente“, bringt jedes Element zu seinem konstruktiven Optimum und fügt dann die Einzelergebnisse per Computer zusammen. Eine unter Umständen wochenlange Arbeit.

Eine der wichtigsten Entscheidungen bei der Konzeption eines neuen Wellendichtrings ist die Wahl des Kautschuks für das Dichtteil. Maßgebend sind hier die Art des Mediums, gegen das abgedichtet werden soll (Fett, Öl, Wasser, Säure, Lauge, auch

Staub usw.), dessen Temperatur bei Vollast-Betrieb sowie der Druck, mit dem maximal zu rechnen ist.

Es stehen verschiedene Synthekautschuke zur Auswahl, aber der eine ist mineralölbeständig, verträgt aber nur Temperaturen bis 100 °C, dem anderen machen auch 150 °C nichts aus, er ist aber nicht ausreichend immun gegen synthetische Schmierstoffe und der dritte ist ein Muster an Temperatur- und Ölbeständigkeit, bietet aber zu wenig mechanische Festigkeit. Die richtige Entscheidung verlangt profundes Wissen und reiche Erfahrung.

### **Steigende Anforderungen**

Probleme bereiten dem Dichtgummi die Additive in den modernen Motoren- und Getriebeölen, welche deren Qualität verbessern und von denen fortlaufend neue und immer wirksamere gefunden werden: die Oxidationsverhinderer, die Stockpunkterniedriger, die Schäumungsverhinderer, die Fließverbesserer usw. Viele von ihnen wirken auf den Gummi recht aggressiv. Hinzu kommt, dass durch Verkleinerung der Motoren- und Getriebegehäuse im Laufe der Zeit die Ölfüllmengen immer geringer und die Temperaturen immer höher geworden sind, was die chemischen Reaktionen noch fördert und beschleunigt. Deshalb muss die Kautschukindustrie ihre Kautschukmischungen und die daraus erzeugten Gummiteile diesen zunehmenden Anforderungen ständig anpassen.

### **Der Rückförderdrall, die Staublippe und der Doppeldichtring**

Auch im konstruktiven Bereich ist man zu ständigen Verbesserungen gezwungen. Beispiel: Rückförderdrall. Vor allem bei schnell laufenden und bei schwingenden Wellen passiert es, dass etwas von dem Öl oder dem sonstigen Medium, dessen Austritt verhindert werden soll, unter der Gummidichtlippe hindurchschlüpft und nach außen dringt.

Abhilfe schaffen bei bestimmten Dichtringen kleine Einschnitte in die Innenseite der Gummidichtung, so gerichtet, dass das unter der Dichtlippe austretende Öl in den Schmierstoffraum zurückgefördert wird. Oder man fügt dem Wellendichtring noch eine „Staublippe“ zu. Das wird dann nötig, wenn mit dem Eindringen von Schmutz oder auch Feuchtigkeit von außen her zu rechnen ist, bspw. bei Radabdichtungen an Automobilen. Bei solchen Dichtringen muss vor dem Einbau der Raum zwischen Dichtlippe und Staublippe mit Fett gefüllt werden, das dann im Betrieb für zusätzliche Schmierung der Staublippe sorgt sowie für einen Schutz gegen Korrosion der Welle durch die Feuchtigkeit.

Solche Zwei-Lippen-Ringe empfehlen sich auch dann, wenn gelegentlicher Trockenlauf der Welle stattfinden kann oder wenn das abzudichtende Medium schlechte Schmiereigenschaften hat, wie es bei Wasser und bei der Waschlauge in Waschmaschinen der Fall ist.

Manchmal ist eine Abdichtung der Welle nach beiden Seiten hin nötig. Beispiel: die Welle einer Schiffsschraube. Da darf an der Dichtung kein Schmierfett nach außen entweichen und kein Seewasser nach innen eindringen. In solchen Fällen werden je

nach Konstruktion der Einbaustelle zwei Wellendichtringe mit entgegen gerichteten Gummidichtlippen eingebaut. Auch hier füllt man den Raum zwischen den Dichtlippen vor der Montage mit Fett, das die Welle dann schmiert und zusätzlich dichten hilft.

Ganz eigene RWDR-Konstruktionen gibt es für Maschinen mit pulsierendem Innendruck und entsprechend ständig wechselnden Druckkräften am Wellendichtring, wie es unter anderem bei Zweitaktmotoren und bei hydraulischen Lenkungen der Fall ist. Hier verwendet man unter anderem Dichtringe mit einem zusätzlichen Stützring, der den ständigen Lastwechsel abfängt.

### **So entsteht ein RWDR**

Zunächst fertigt man das Gehäuse, den eigentlichen Ring. Als Werkstoff dient Stahl, unter Umständen Edelstahl, in einigen Ausnahmefällen (etwa bei der Kurbelwellenabdichtung von Zweitaktmotoren) auch Kunststoffe. Hier sind es Duroplaste, also engmaschig vernetzte hochpolymere Werkstoffe, z. B. Epoxidharze.

Geformt wird das Gehäuse, es kann auch nur ein Versteifungsring sein, im Falle „Stahl“ durch Pressen oder Tiefziehen eines entsprechend bemessenen Stücks Blech, im Falle „Kunststoff“ durch Spritzgießen. Das Ringgehäuse legt man dann in ein Spritzgießwerkzeug und erhitzt das Ganze auf 180 °C bis 200 °C. Nun wird die vorgefertigte Kautschukmischung in zäh-plastischem Zustand in das Ringgehäuse eingespritzt. Einige Minuten wird die Form geschlossen gehalten. In dieser Zeit wird aus der plastischen Kautschuk-Mischung durch Vulkanisation elastischer Gummi. Nach Entnahme des Dichtrings aus dem Spritzgießwerkzeug legt man noch die Spiralfeder ein, die später dafür sorgen wird, dass die Dichtlippe der Gummidichtung mit dem richtigen Druck auf der Welle aufliegt.

Die Leistungsfähigkeit der modernen Radial-Wellendichtringe ist enorm. Ihre Dichtfähigkeit kann mehr als 10.000 Betriebsstunden durchhalten. Bei Verwendung spezieller Werkstoffe sind Betriebstemperaturen bis 150 °C oder auch Drehzahlen bis 7.000 U/min. möglich.

Ob sich die Welle im RWDR-bestückten Gehäuse dreht (man nennt das „innendrehend“) oder umgekehrt das Gehäuse samt Dichtring um eine stehende Welle („außendrehend“), ob gegen Fett oder Schmieröl, Staub, Salzwasser, Waschlauge oder aggressive Chemikalien oder sonst was abgedichtet werden muss, mitunter gar gegen zwei solche Medien zugleich – bei Wahl des richtigen Dichtrings wird die Abdichtung immer funktionieren.

Die Kautschukindustrie liefert hier einen ausgesprochenen Präzisionsartikel, ein High-Tech-Produkt, ohne das der Motoren- und Aggregate-Bau heute nicht mehr denkbar wäre.

## Qualitätsprüfung eines Dichtrings



## Simmerring-Fertigung



Fotos: Freudenberg