

1 Einleitung

Der Radialwellendichtring (RWDR), ein Dichtelement, das in seiner Form seit über 100 Jahren existiert, ist selbst beim heutigen Stand der Technik in seiner Funktion nicht ausreichend beherrscht. Konzipiert für die berührende Abdichtung von Wellendurchtritten in Gehäusen, soll ein Austritt des Schmiermediums in die Umwelt und das Eindringen von Schmutz aus der Umwelt in das Gehäuse verhindert werden. Ein typisches Einsatzgebiet der RWDR liegt in der Abdichtung von Kfz-Motoren und -Getrieben. In Bild 1 sind typische Einbausituationen von RWDR in einem Pkw-Automatikgetriebe und Differenzial dargestellt. Die Abdichtung erfolgt am Getriebeeingang, dem hydrodynamischen Wandler, (3) und auf der Abtriebsseite (1, 2), den beiden Antriebswellen (nicht montiert), am Differenzial.

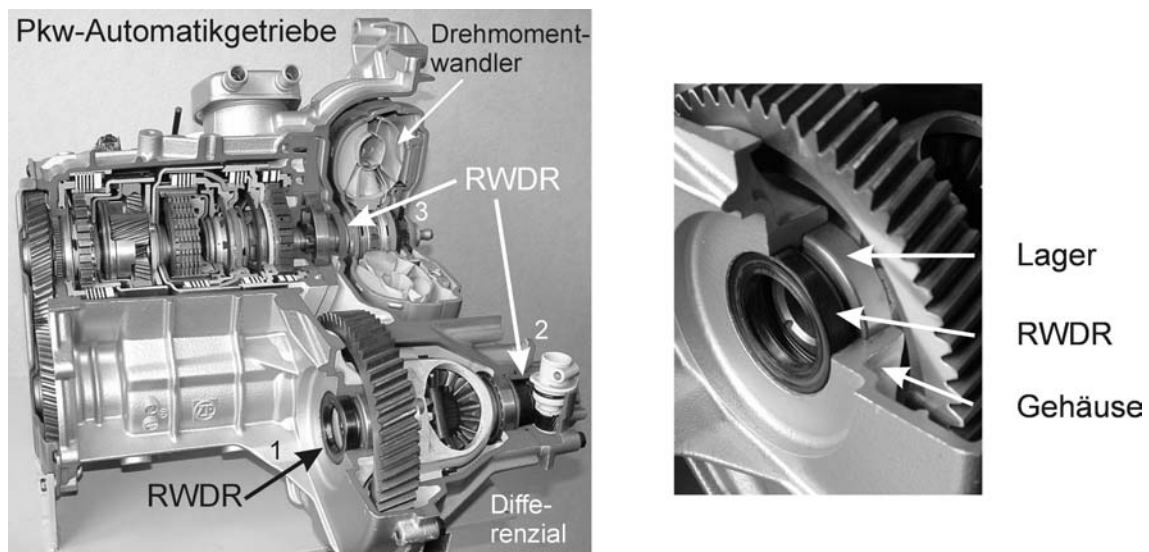


Bild 1: Typische RWDR-Einbausituation in einem Pkw-Getriebe

Die Häufigkeit auftretender Ölverluste kann anhand der Statistik vom Technischen Überwachungsverein (TÜV) nachvollzogen werden [TÜV98]. Von über 700.000 Kfz, die vom 1.1.1998 bis zum 29.9.1998 vom TÜV Nord geprüft wurden, weisen insgesamt 10,5% aller Fahrzeuge Ölverlust auf, wobei die Ölverlustwahrscheinlichkeit mit dem Alter der Fahrzeuge steigt. Bei Kfz, die über elf Jahre alt sind, wird jedes sechste Fahrzeug beanstandet (17,1%). Der Ölverlust wird den statischen (Ventildeckel, Ölwanne, Ölablassschraube) und dynamischen Dichtelementen (RWDR) zugeordnet, wobei häufiger die hochbelasteten dynamischen Abdichtungen der Kurbelwelle und Getriebeein- und

-Ausgangswellen der Grund zur Beanstandung sind. Die angegebenen Werte der beanstandeten Fahrzeuge liefern eine untere Abschätzung. In der Statistik sind keine Fahrzeuge berücksichtigt, bei denen schon vor der TÜV-Untersuchung der Mangel behoben wurde.

Diese statistischen Daten weisen auf ein typisches Problem in der Dichtungstechnik hin: Die Lebensdauer speziell von dynamischen Dichtelementen erreicht häufig nicht die Lebensdauer der Gesamtmaschine. Um die Zuverlässigkeit der Abdichtung mit RWDR zu erhöhen, muss die Funktionsweise des Dichtelementes in allen Betriebszuständen verstanden werden. Ausgehend von *Jagger*, der 1957 nachweist, dass sich während des Betriebs Schmiermedium zwischen dem elastomeren Dichtring und der Welle in der Dichtzone von RWDR befindet [JGG57a, JGG57b], entstehen in den folgenden Jahrzehnten bis heute neue Modelle und werden Hypothesen formuliert, welche versuchen, die Dichtfunktion und die Existenz von Fluid in der Dichtzone zu beschreiben.

Heute wird verstärkt versucht, die Vorgänge in der Dichtzone von RWDR mit dem Werkzeug der numerischen Methoden zu beschreiben, allerdings ist dies aufgrund der Komplexität der Wechselwirkungen zwischen Dichtring, Schmierstoff und Welle schwierig. Bisher gelingt es durch die numerischen Ergebnisse nicht, das Verhalten der Dichtung in bezug auf Zuverlässigkeit und Lebensdauer, zufriedenstellend wiederzugeben. Die Wechselwirkungen zwischen RWDR, Welle und Fluid sind vielfältig (Schubbelastung, Verschleiß, chemische Wechselwirkung zwischen den Werkstoffen und Fluid etc.) und die Abmessungen der Dichtzone sind aus beobachtungs- und messtechnischer Sicht schwer zu erreichen und klein. Hieraus erklärt sich, dass die Entwicklungen im RWDR-Sektor hauptsächlich auf empirischem Wege erfolgen.

Ein gutes Beispiel hierfür ist die Anpassung von RWDR an die immer schneller laufenden Maschinen. An den Wellendurchtritten müssen Wellenoberflächen mit Umfangsgeschwindigkeiten von über 30 m/s abgedichtet werden. Der Wärmeeintrag in die Dichtzone durch Scherung des Fluids ist so groß, dass sich die Standzeiten von RWDR-Elastomer und auch Wellenmaterial stark verkürzen. Um diesen Folgen der Geschwindigkeitssteigerung entgegenzuwirken, werden verstärkt RWDR mit sogenannten Mikro-Dichtlippen entwickelt und eingesetzt, die eine geringere radiale Anpressung auf die Wellenoberfläche besitzen und daher einen kleineren Wärmeeintrag aufgrund der geringeren Schubbelastung einbringen. Um die Dichtfähigkeit nicht negativ zu beeinflussen, sind genauere Rundlauf-toleranzen vorzusehen. Diese Vorgehensweise der Modifikation des RWDR, um veränderten Anforderungen zu genügen, ist bezeichnend. Das abzudichtende Medium, häufig ein komplex additivierter Schmierstoff, wird mit nur wenigen Parametern (Viskosität, chemische Verträglichkeit) in die Auslegung einbezogen. Eine zusätzliche Möglichkeit ist der Einsatz thermisch und chemisch widerstandsfähiger Dichtungswerkstoffe, wie z. B. Fluor-, Silikonelastomer oder Polytetrafluorethylen.

Ausgehend von Versuchsergebnissen geht die vorliegende Arbeit auf tribologische Vorgänge in der Dichtzone unter Berücksichtigung der sehr spezifischen Parameter einer RWDR/Welle/Fluid-Paarung ein (Tabelle 1, S. 26). Die Betrachtung erstreckt sich nicht nur auf die Volumen- bzw. Grundkörpereigenschaften der Reibpartner, sondern es werden die besonderen Eigenschaften und Vorgänge an den Oberflächen einbezogen. Darüber hinaus wird das Fluid als nicht Newtonsches Medium betrachtet, wie es *Oliveira* in seiner Dicht- und Schmierungshypothese 1995 formuliert [OLA95]. Tiefergehend wird eine Betrachtung der makromolekularen Bestandteile von handelsüblichen Schmierfluiden und deren Verhalten unter Scherbelastung durchgeführt und der Einfluss auf Dicht- und Schmierungsfunktion in der RWDR-Dichtzone untersucht.