

Karl-Friedrich Berger,
Sandra Kiefer (Hrsg.)

JAHRBUCH 2022

Dichten. Kleben. Polymer.



Zum Lösungspartner



Weitere Infos

Dichten. Dynamische Dichtsysteme

Modernste Prüfstände zur Funktionsprüfung von Stangendichtungen
bei Trelleborg Sealing Solutions (Bild: Trelleborg Sealing Solutions Germany GmbH)



Langzeitverschleißverhalten von Stangendichtungen

Simulationserkenntnisse für die Praxis validieren

BRANCHENÜBERGREIFEND – Ein Trend in der Industrie ist es, Lebensdauervorhersagen zu treffen, um z.B. Serviceintervalle festlegen zu können. In Bezug auf Hydraulikzylinder ist die Dichtung ein relevantes Bauteil, für das eine Lebensdauervorhersage aufgrund der Vielfalt der Einflussfaktoren nur sehr schwer abschätzbar ist. In dynamischen Simulationen können theoretisch Verschleiß- und Leckageverhalten durch Festlegung vieler Randparameter im Ansatz abgeschätzt werden. Allerdings sind die Ergebnisse noch nicht ausreichend genau, um zuverlässige Aussagen treffen zu können.

In einem hydraulischen Dichtungssystem bilden die Dichtung, das Hydraulikfluid und die Gegenlauffläche das tribologische System. Die Qualität von Druckmedium und Topographie der Gegenlauffläche beeinflusst das Leckageverhalten und den Verschleiß der Dichtungen maßgeblich.

Untersuchungen zum Langzeitverschleißverhalten bei Stangendichtungen

Um Aussagen aus Versuchsergebnissen zum Langzeitverhalten ableiten zu können, ist eine erheblich längere Versuchsdauer erforderlich, als üblicherweise angewandt wird. So müssen z.B. für die Bestimmung des Langzeiteinlaufverhaltens von Gegenlaufflächen über längere Zeit in definierten Intervallen die relativen Änderungen bewertet werden. Hierzu wurden umfangreiche Untersuchungen durchgeführt. Bei diesen Untersuchungen wurden sowohl das Einlaufverhalten der Gegenlauffläche als auch das Verschleiß- und Leckageverhalten der Dichtungen betrachtet, um hier auch die Einflüsse vom Setzverhalten des Vorspannelementes oder das Deformationsverhalten zu berücksichtigen. Speziell die dynamische Langzeitbelastung wird im Bereich der Dichtungstechnik üblicherweise nicht betrachtet und oftmals unterschätzt.

Bild 1 zeigt den verwendeten Prüfaufbau und das in den Untersuchungen ange-



Von Dr. Mandy Wilke, Senior Manager Global Technical Management, und
Holger Jordan, Director Global Technical Management
Trelleborg Sealing Solutions Germany GmbH
www.trelleborg.com/seals



Zum Lösungspartner



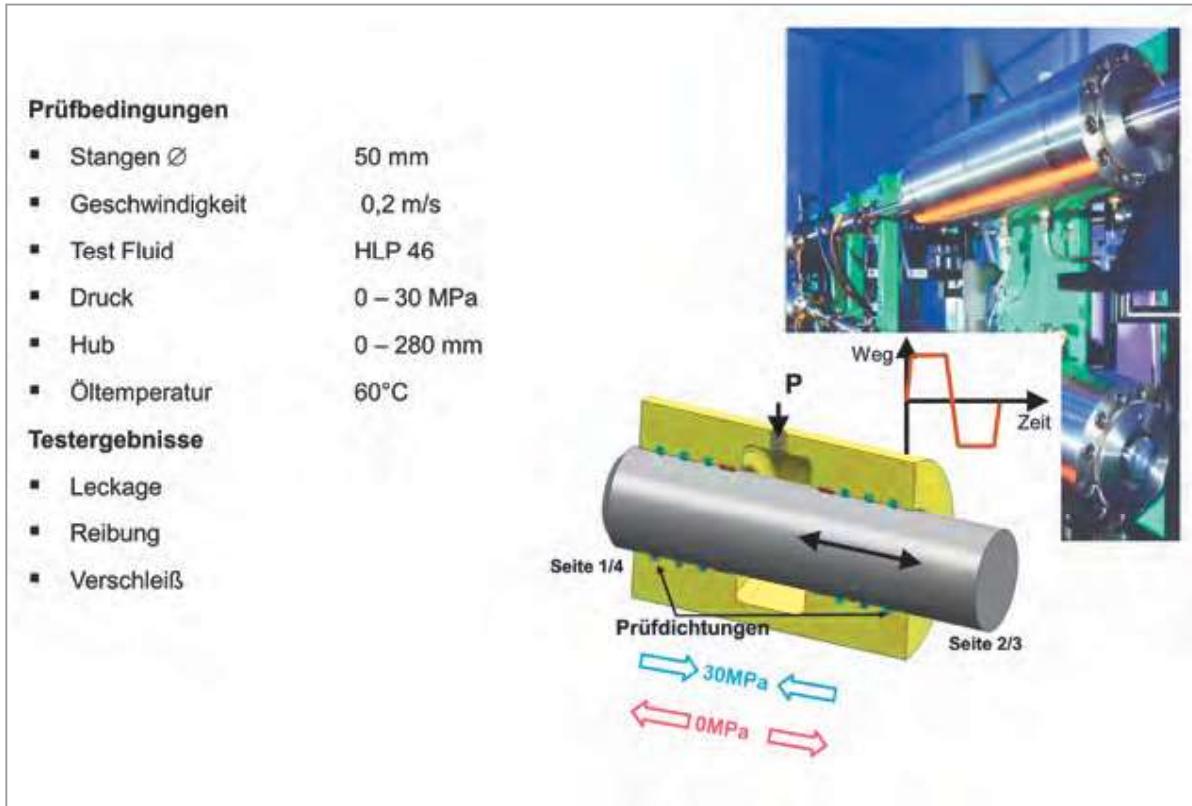


Bild 1: Prüfaufbau und Lastkollektiv (Bild: Trelleborg Sealing Solutions Germany GmbH)

wandte Lastkollektiv. Es kommen drei Achsen zum Einsatz, wobei jede Achse mit zwei Prüfkammern ausgestattet ist und pro Kammer mit je zwei Dichtungen bestückt wird. Untersucht werden zwei verschiedene PTFE-Compounds im gleichen Design und eine Designvariante, die auf besonders geringe Reibung ausgelegt ist (Sonderprofil). Der Prüflauf wird mit Druckwechsel durchgeführt, d.h. es gibt 30 MPa in eine Richtung und 0 MPa in der Umkehrrichtung.

So kann pro Kammer eine Stangendichtung für Differentialzylinderanwendungen und eine für Plungerzylinderanwendungen untersucht werden. Das bedeutet für die Stangendichtung 1 – Kolbenstange fährt unter druckbeaufschlagter Dichtung ein und drucklos aus (Differentialzylinder) – und gleichzeitig bei Stangendichtung 2 – Kolbenstange fährt drucklos ein und druckbelastet aus (Plungerzylinder). Es gibt also unterschiedliche Belastungen für das Ein- und Ausfahren, die das Verschleißverhalten und das Leckageverhalten beeinflussen. Die Temperatur wurde auf 60 °C eingestellt. Die Kolbenstangen sind verchromt und haben für alle drei Achsen eine sehr gut vergleichbare Qualität. Das Druckmedium ist für alle sechs Kammern gleich und entspricht der HLP-Spezifikation (HLP 46). Die Geschwindigkeit und das Bewegungsprofil sind ebenfalls für alle drei Achsen identisch bei 0,2 m/s.



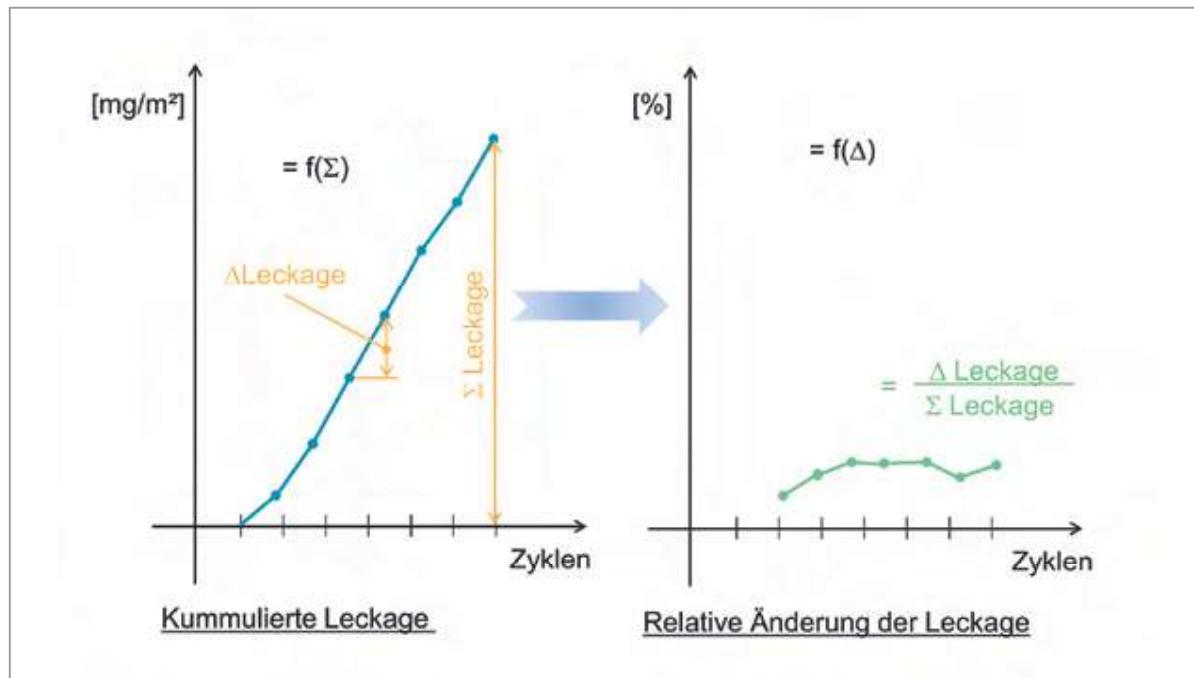


Bild 2: Ermittlung des Trendverhaltens (Bild: Trelleborg Sealing Solutions Germany GmbH)

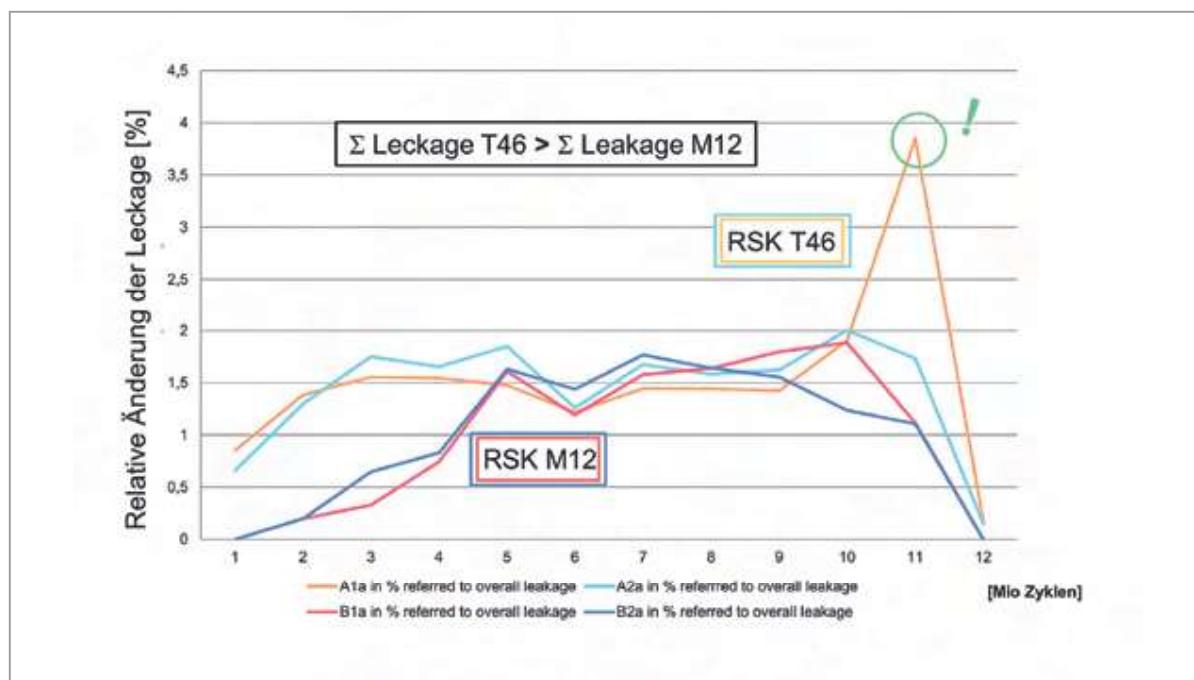


Bild 3: Leckagetrend über 12 Mio. Lastwechsel (Bild: Trelleborg Sealing Solutions Germany GmbH)

Vor Versuchsbeginn wurden Dichtungen und Kolbenstangenrauheiten vermessen und während des Versuchs konnten kontinuierlich Reibkräfte gemessen werden. Leckagen wurden ebenfalls kontinuierlich erfasst. Nach jeder Million Doppelhübe (600 km)



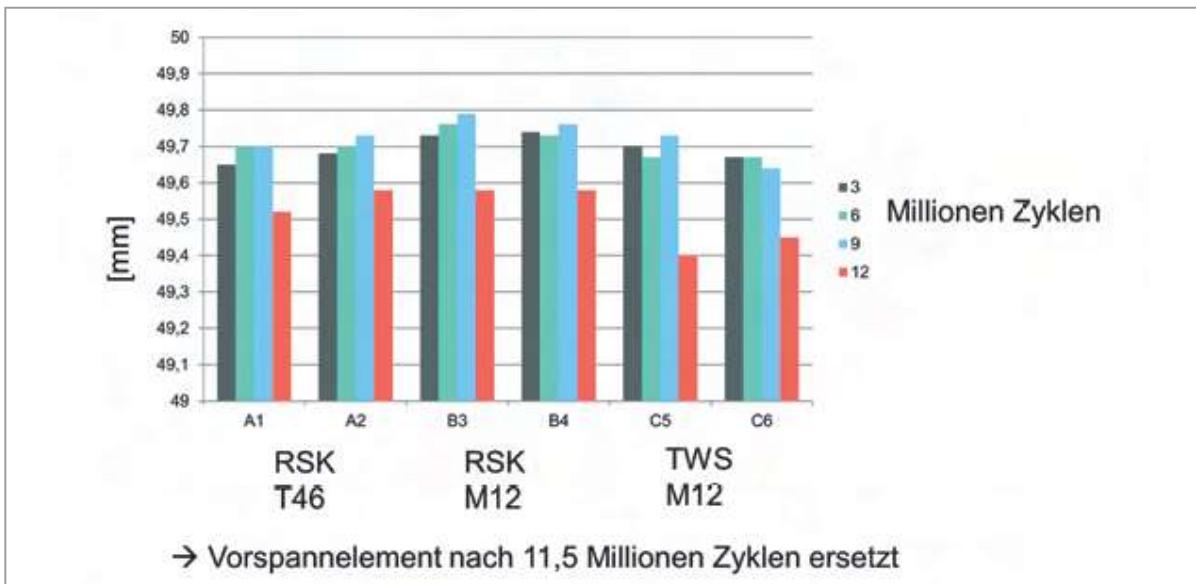


Bild 4: Innendurchmesser der montierten Dichtungen über 12 Mio. Lastwechsel (Bild: Trelleborg Sealing Solutions Germany GmbH)

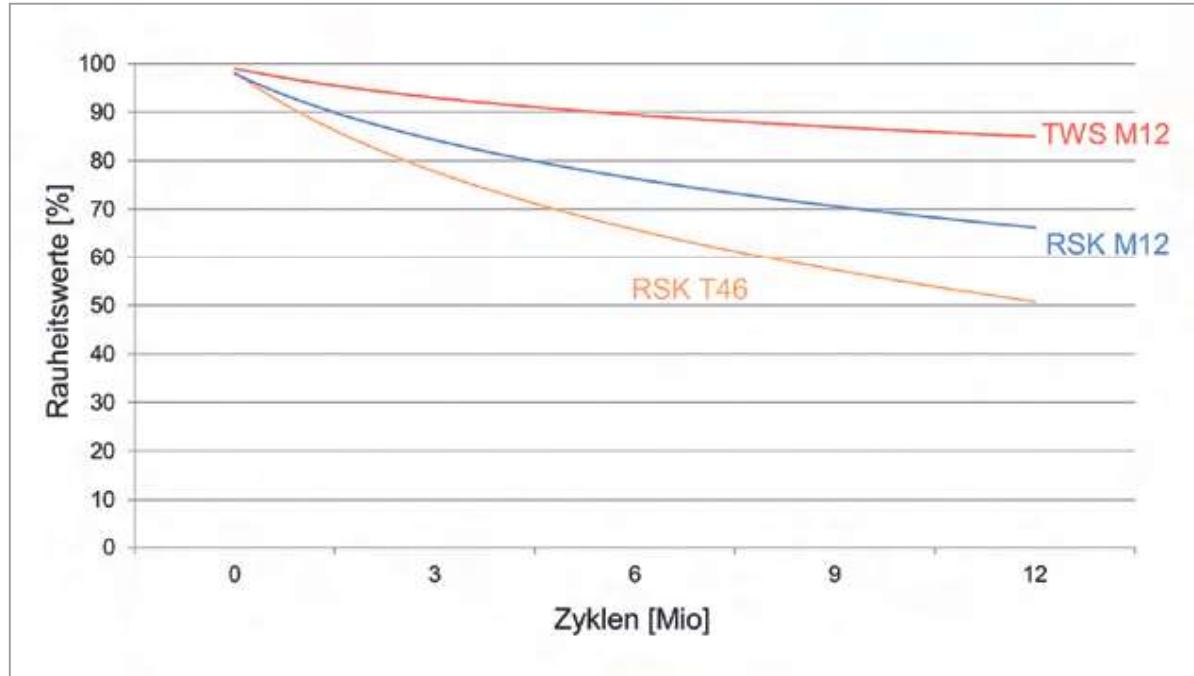
wurde die Kolbenstange demontiert und im Dichtungskontaktbereich in ihrer Rauheit vermessen. Im selben Intervall wurden die Innendurchmesser der montierten Dichtung vermessen. Durch diese systematische Untersuchung der für Verschleiß und Leckage relevanten Werte konnte über die Zeit ein entsprechendes Trendverhalten abgeleitet werden. Um den Trend der Leckage zu dokumentieren, wurde eine relative Änderung derselben herangezogen, so konnte eine Veränderung im Trendverhalten des Tribosystems über den Verschleißzustand der Dichtungen Aufschluss geben (**Bild 2**).

Versuchsergebnisse

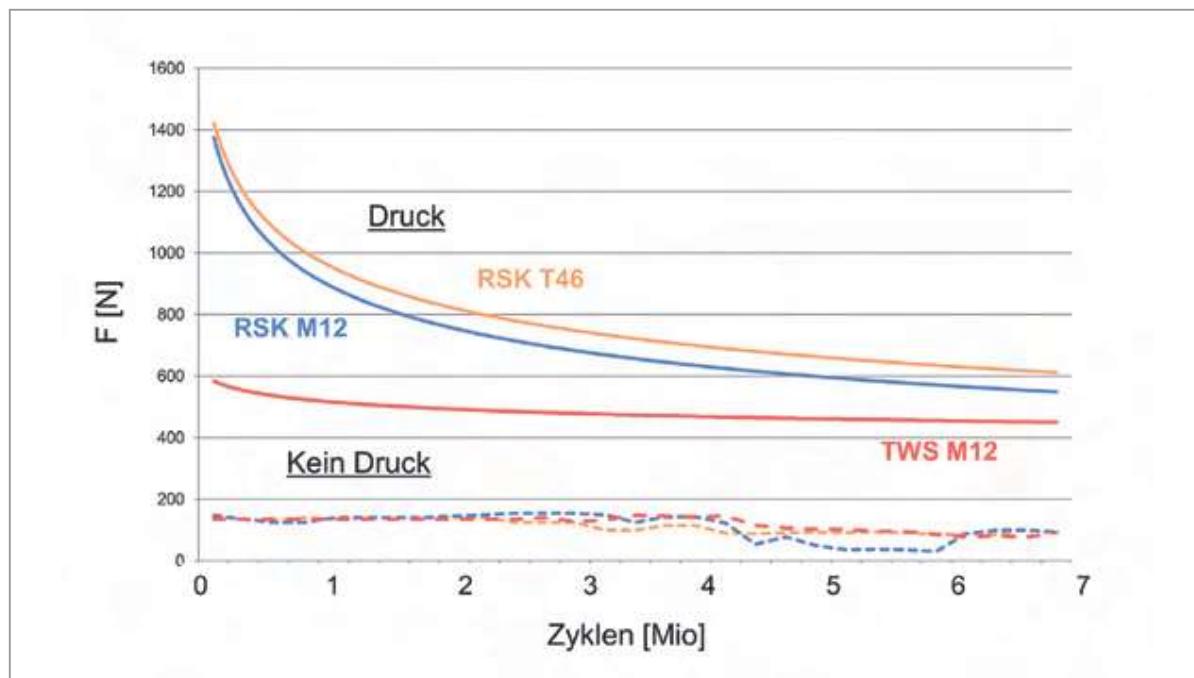
Bei der Trendanalyse – hier im direkten Vergleich zweier gleicher Profile (RSK) – war eine deutliche Veränderung im Trendverhalten sichtbar. Zwischen 10 und 11 Mio. Zyklen (6.000 bis 6.600 km) nahm die Leckage fast sprunghaft zu (**Bild 3**). Bei der Demontage wurde festgestellt, dass die vorspannenden O-Ringe aus NBR einen erhöhten Vorspannungsverlust aufwiesen (Crompression Set, CS). Speziell bei der durchgeföhrten Versuchsart mit Druckwechselbelastung mit 30 MPa bis 0 MPa wurde im drucklosen Betrieb die Qualität der Vorspannringe auf deren Radialkraftentwicklung untersucht, da bei Druckaktivierung die Radialkraft vom anliegenden Druck unterstützt wird.

Bei den PTFE-Profilen selbst waren noch keine funktionsrelevanten Verschleißmerkmale sichtbar, sodass die gleichen Dichtungen mit neuen FKM-O-Ringen erneut montiert und in gleicher Weise wieder weitergeföhrt wurden. In der Folge war im Leckagetrend sofort wieder eine Sprungantwort sichtbar. Die Leckage-Werte reduzierten



**Bild 5: Trendverhalten der Änderung des Rz in Prozent über 12 Mio. Lastwechsel**

(Bild: Trelleborg Sealing Solutions Germany GmbH)

**Bild 6: Trendverhalten der Reibkraft über 7 Mio. Lastwechsel**

(Bild: Trelleborg Sealing Solutions Germany GmbH)



sich sehr stark. In der logischen Konsequenz lässt sich diese Veränderung auch am Innendurchmesser der montierten Dichtungen zeigen (**Bild 4**).

Bild 5 zeigt das Trendverhalten der Stangenoberflächen anhand der prozentualen Verringerung von Rz. Deutlich kann anhand der Kurven dargestellt werden, wie Werkstoff und/oder Geometrie Unterschiede in der Glättung bewirken. Entscheidend hierfür sind Füllstoffe im Compound. Bei dem Sonderprofil für geringere Reibung bewirkt dies die hydrostatische Druckentlastung des Profils. Beides reduziert die Belastung auf die Gegenlauffläche und führt zu einer geringeren Glättung der Gegenlauffläche. So bewirkte der RSK T46 die stärkste Glättung in diesem Vergleich, gefolgt vom designgleichen RSK M12 und der reibungsreduzierten Sonderdichtung TWS M12 aus dem selben Werkstoff.

Bei der gemessenen Reibkraft zeigte sich analog ein ähnliches Bild (**Bild 6**). Wieder sind Unterschiede der einzelnen Prüflinge sichtbar, allerdings ist die Veränderung im Design deutlicher. Der Kurvenverlauf deutet auch hier auf eine Stabilisierung des Tribosystems hin.

Fazit nach 7.200 km Laufstrecke

Unter den beschriebenen Parametern kann mit einer berührenden Stangendichtung eine Stabilität im Tribosystem Dichtung-Gegenlauffläche erreicht werden, die eine beeindruckende Laufzeit ermöglicht. Wichtig sind die richtigen Paarungen unter den Aspekten Geometrie und Werkstoff, um nach dem „Einlaufen“ des Tribosystems möglichst schnell einen stabilen Bereich im Dichtspalt zwischen Dichtung und Gegenlauffläche zu erreichen.

