Gleitringdichtungen für Schraubenmaschinen – Stand der Technik

Ing. **K.-H. Victor,** Dortmund

Zusammenfassung

Gleitringdichtungen haben sich zur Abdichtung von Schraubenschinen bewährt. Durch Umsetzung gesammelter Betriebserfahrungen, ständige Forschung und Entwicklung und durch den Einsatz moderner Werkstoffe sind Abdichtelemente entstanden, die Abdichtaufgaben bei Gleitgeschwindigkeiten bis 100 m/s und Drückenvon Vakuum bis 100 bar Überdruck übernehmen können.

1 Bewertung ausgeführter Konstruktionen

Erst mit dem Einsatz von GLRD in z.B. Schraubenpumpen, seit ca 1958, wurden die Vorteile dieses Schraubenmaschinentyps voll nutzbar, wenn die Aufgabe darin bestand, die vielfältigsten Flüssigkeiten im Ladebetrieb von Tankschiffen zu verpumpen. Neben den Anforderungen aus korrosionschemischer, klebender polymerisierender oder auskristallisierender Wirkung auf die GLRD durch die abzudichtenden Flüssigkeiten, entstanden gleichzeitig Teiltrockenlaufbedingungen, unter denen die GLRD noch ausreichend zu funktionieren hatte, wenn die Pumpen über lange Rohrleitungen anzusaugen oder zu „resten" hatten.

In Schraubenpumpen für Raffinerie-Einsatz zur Förderung von Bitumen bei hohen Temperaturen $> 200^{o}C$ und in der petrochemischen Industrie zur Polymere-Förderung haben sich gleichfalls GLRD seit mehr als 20 Jahren bewährt.

Das Bild 1 zeigt die Abdichtung an den 4 Wellendurchtritten einer Schraubenspindelpumpe zur Förderung von Polymere-Lösungen. Es sind 16 bar Überdruck bei $180^{o}C$ Betriebstemperatur abzudichten. Die Doppel - GLRD in Tandem-Bauweise wird mit Wärmeträgeröl im Überdruck gesperrt, welches in einem separaten Sperrdruckbehälter, ca 6 Ltr. Inhalt, mengenmäßig im Hinblick auf Leckage überwacht und gekühlt wird. Die Umwälzung des Wärmeträgeröles wird durch die GLRD selbst bewirkt, weil ein

Staublech im GLRD - Deckel einen Differenzdruck zwischen Rücklauf- und Zulaufbohrung, als Folge der abgebremsten Schleppströmung, erzeugt.

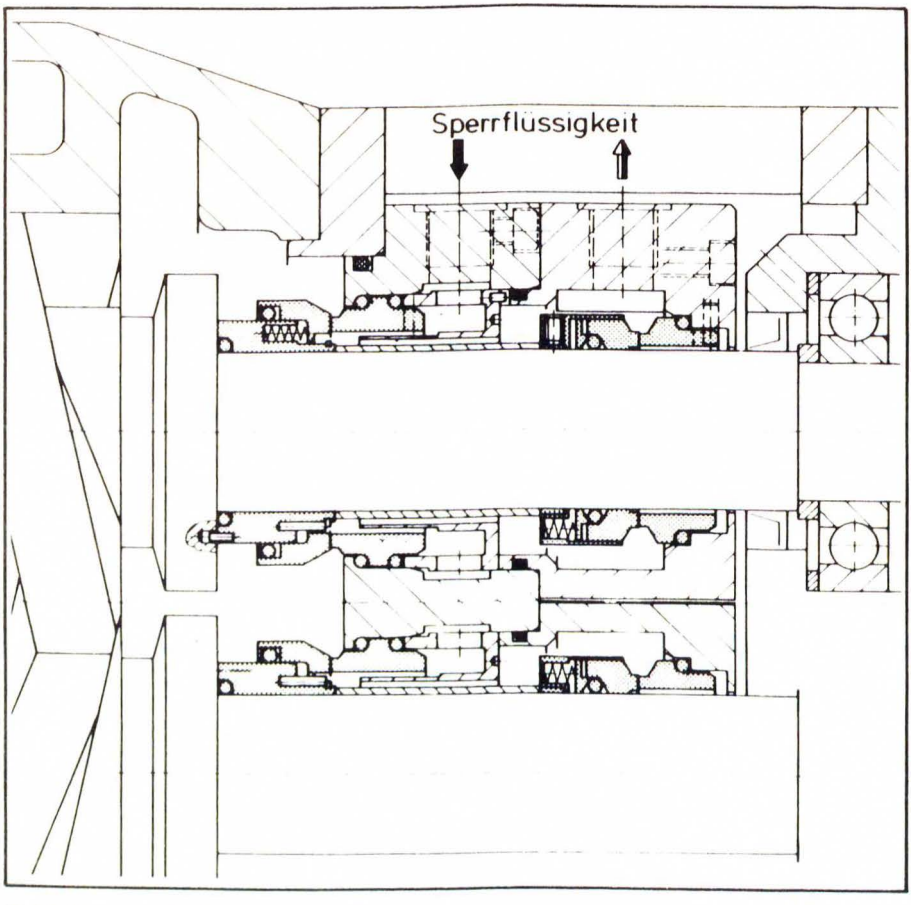


Bild 1. Abdichtung einer Schraubenspindelpumpe zur Förderung von Polymere-Lösungen

Mit der Bewährung tausendfach eingesetzter GLRD in Schraubenspindelpumpen war eine gewisse Referenz gegeben, die GLRD auch für Schraubenverdichter in betriebswichtigen Prozessen einzusetzen.

Einwandfreie Funktion der Abdichtung muß nun bei wesentlich höheren Gleitgeschwindigkeiten erreicht werden.

Mit Bild 2 wird eine typische Einbausituation für eine Einzel - GLRD dargestellt, die bei einer Gleitgeschwindigkeit von 60 m/s Mischgas abzudichten hat. Die Einspeisung von Sperrgas verhindert den Zutritt von Öldunst, als Folge von Öllässigkeit durch den Dichtspalt, in den Prozeßraum. Das Sperröl wird gleitflächennah der GLRD von außen zugeführt und fließt über eine Labyrinthstrecke, gebildet durch den rotierenden Gegenring der GLRD, lagerseitig ab. Das Sperröl wird dem Lagerölvorlaufstrang abgezweigt und druckmäßig auf höherem Niveau zum abzudichtenden Gasdruck in Differenz geregelt.

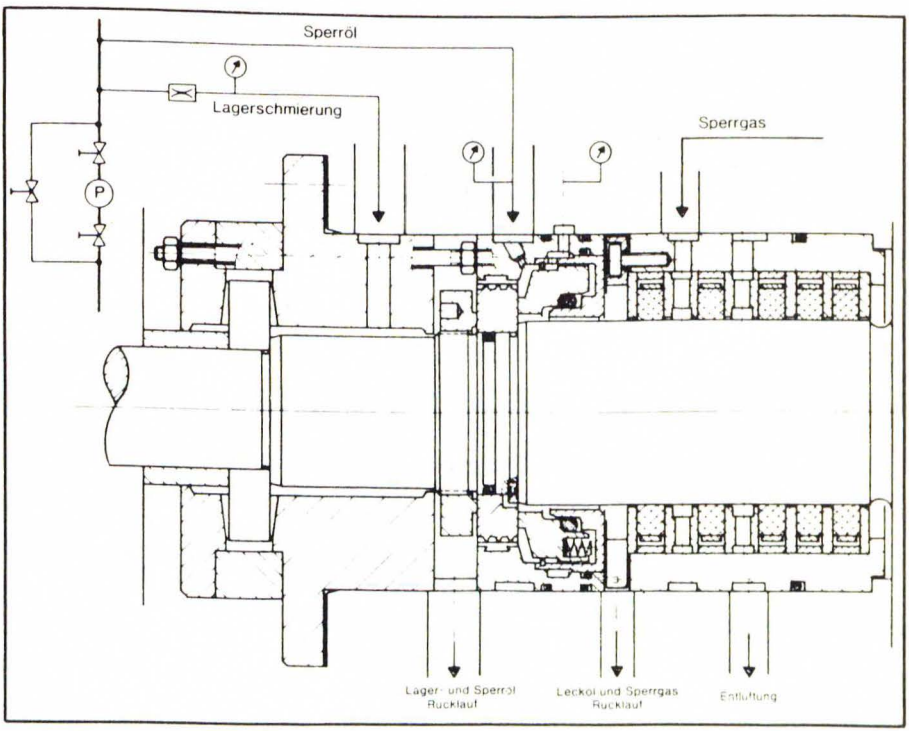


Bild 2. Einzel-GLRD zur Abdichtung eines trockenlaufenden Schraubenverdichters, Gleitgeschwindigkeit ca 60 m/s

Durch den Einsatz einer Doppel - GLRD gemäß Bild 3 wird die Sperrflüssigkeit unabhängig von der Sorte des Lageröles und kann produktharmonisierend, je nach zu verdichtender Gasart, frei gewählt werden.

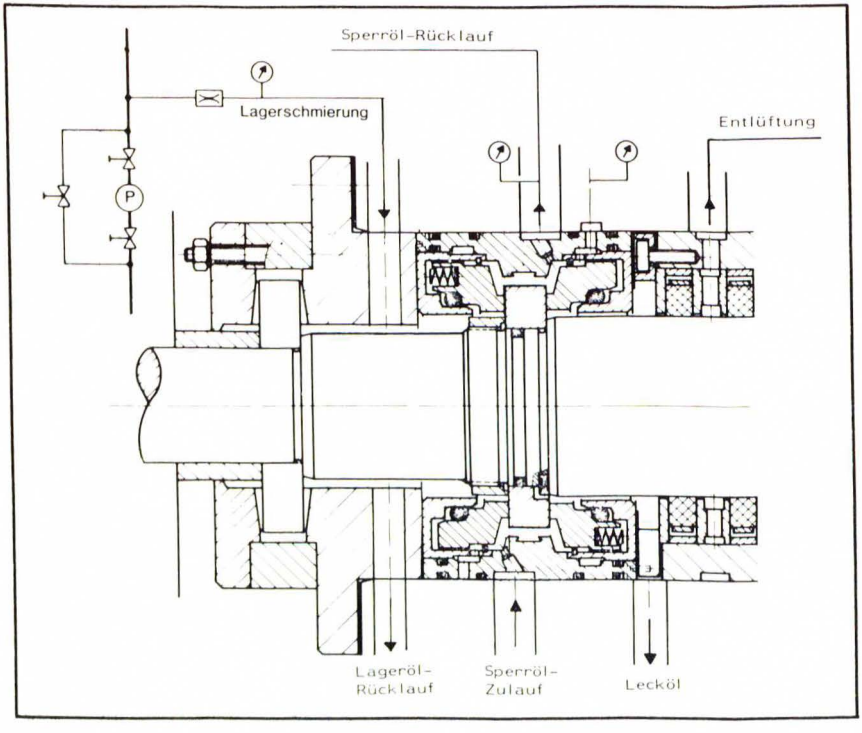


Bild 3. Doppel-GLRD mit separatem Sperrsystem

Um mit GLRD für den Einsatz in Schraubenverdichtern das gewünschte, betriebssichere Ergebnis zu erzielen sowie die ökonomisch passende Lösung zu finden, werden nachstehend noch einige Einbaumöglichkeiten und Bewertungskriterien erläutert:

1.1 Anordnung des Federsystems

Das mit der Welle umlaufend angeordnete Federsystem ist einfach montierbar. Der befederte Gleitring bleibt frei beweglich orientiert und wird durch Klemmspannungen während der Montage in seiner Fertigungsgüte nicht beeinflußt. Der Nachteil eines rotierenden Federteils ist die erzeugte Hubarbeit pro Wellenumdrehung in axialer Richtung unter dem wellenseitigen Abdichtelement für den Fall, wenn die rechtwinklige Orientierung als Folge von Fertigungs-, Montageungenauigkeiten nicht gegeben ist, oder wenn die Wellendurchbiegung im Lastbetrieb Abweichungen von der rechtwinkligen Lage zur stationären Gleitfläche erzeugt.

Für das wellenseitige Abdichtelement tritt in solchen Fällen Verschleiß, verbunden mit Undichtigkeit, ein. Durch den Materialabtrag an diesem Dichtelement kann außerdem die Zentrierung für den befederten Gleitring aufgehoben werden und die Gesamtfunktion des Abdichtsystems würde beeinflußt. Aus den geschilderten Gründen und auch wegen Minderung der Federkraft unter Fliehkraft, sollte der Einsatz umlaufender Federsysteme nur bis ca 25 m/s Gleitgeschwindigkeit vorgesehen werden.
Bild 4 zeigt den Einbau einer entlasteten Einzel - GLRD mit umlaufendem Federpaket für einen Kälteverdichter für Drücke im Vakuumbereich bis 25 bar Überdruck an der langsamlaufenden Antriebswelle des öleingespritzten Schraubenverdichters. Die Konstruktion dieser GLRD erlaubt den Einsatz geeigneter Werkstoffe für alle gängigen Kältemittel, was vor allem für die sekundären Abdichtelemente große Bedeutung haben kann. So wird das wellenseitige Dichtelement über eine Druckscheibe in seiner Dichtwirkung federunterstützt, was wesentliche Vorteile für den Einsatz verschiedenster Dichtelemente aus PTFE bietet, vergl. auch Bild 5

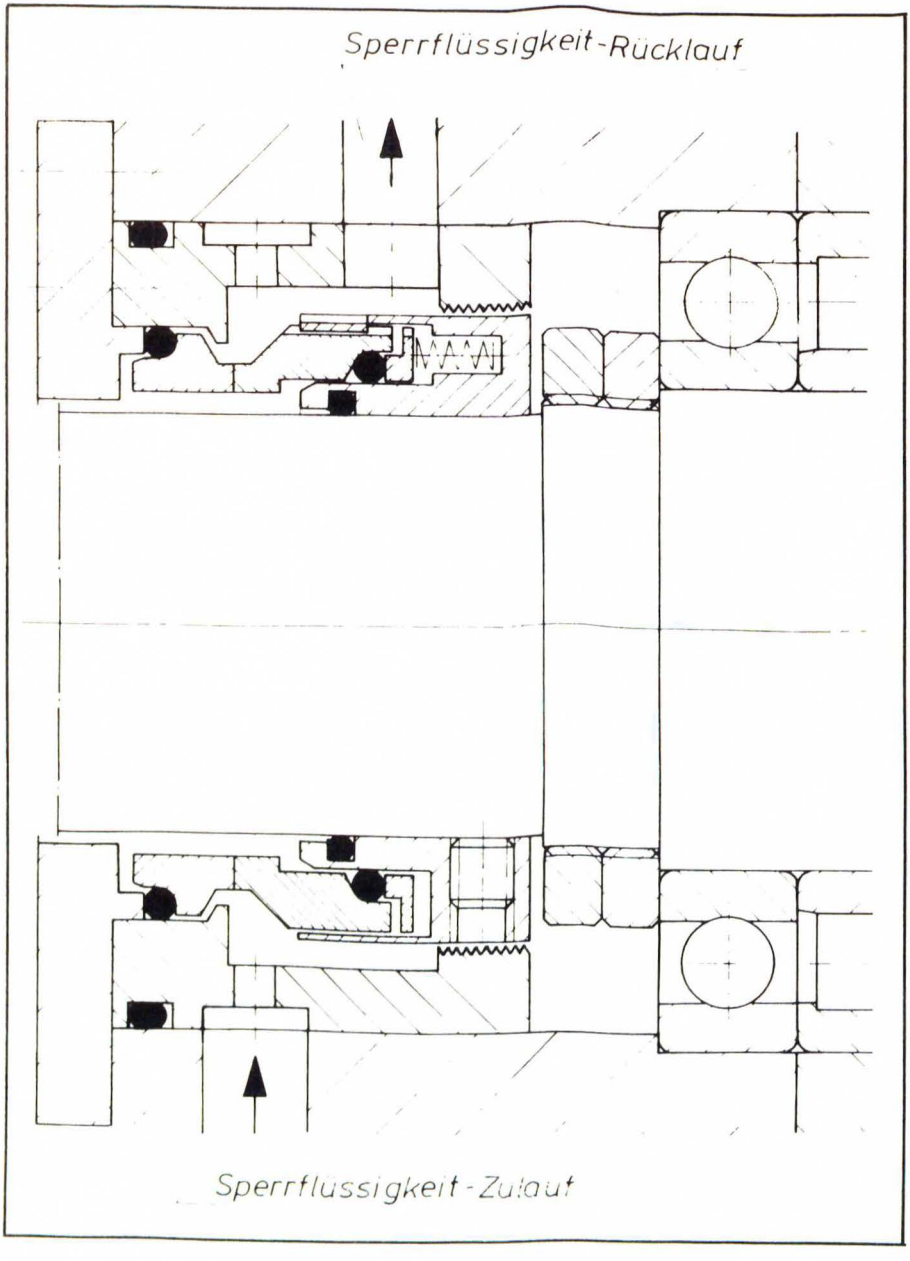


Bild 4. Abdichtung eines Kälteverdichters, GLRD mit umlaufendem Federteil

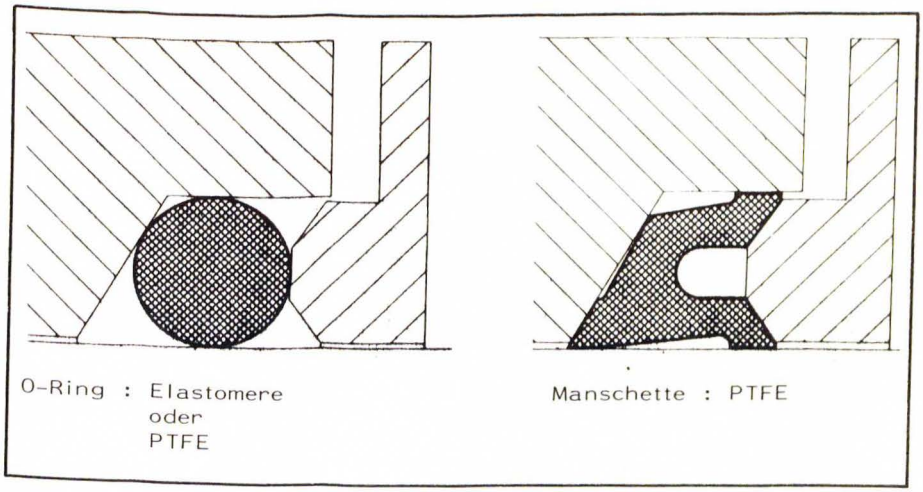


Bild 5. Federunterstützung des Sekundär-Dichtelementes; Austausch der Bauteile bei Maßgleichheit

Bei Einsatz von GLRD in Kälteverdichtern ist zusätzlich darauf zu achten, daß innerhalb der Dichtungskammer das Ausschäumen des im Öl gelösten Kältemittels vermieden wird, weil sonst Schäden an den Dichtflächen durch Überhitzung, als Folge des gestörten Wärmeübergangs von den Dichtflächen an das Öl, auftreten.
Durch Einstellung entsprechend ausreichend hoher Drücke in der Dichtungskammer, bei Berücksichtigung der im Dichtflächenbereich herrschenden Temperaturen, kann das Aufschäumen verhindert werden.

Bei den trocken betriebenen Verdichtern befinden sich die GLRD an den jeweiligen Enden des schnellaufenden Haupt- und Nebenläufers. Bedingt durch die hohen Gleitgeschwindigkeiten sind die Federteile der GLRD stationär angeordnet, Bild 6.
Besonders wichtig ist für diese Anordnung die wellenseitige Verspannung des rotierenden Gegenringes, wozu folgende Hinweise gegeben werden:

- Bei Einsatz keramischer Gegenringwerkstoffe muß ausreichend Wellenspiel vorgesehen werden, um die unterschiedliche Dehnung bei Erwärmung auszugleichen.

- Die Wellenschulter muß rechtwinklig zur Rotationsachse und planeben feinbearbeitet ausgeführt werden.
- Die Anpreßhülse muß durch spannungsfreie Bearbeitung hergestellt und an den Endflächen planeben und rechtwinklig zur Rotationsachse feinbearbeitet sein.
- Der Gegenring muß für jede Betriebssituation seinen Kontakt mit der Wellenschulter in der Weise behalten, daß ausreichend Reibschluß vorhanden ist, um das Mitdrehen zu verhindern.
  Die durch die Gewindemutter aufzubringende Axialkraft bzw. elastisch bewirkte Verformung muß axiale Dehnunterschiede, als Folge verschiedener Temperatur der Bauteile, ausgleichen können.
  Bei besonders hohen Umfangsgeschwindigkeiten und gleichzeitig hohen Abdichtdrücken ist auch die Aufweitung der Gewindemutter unter Zentrifugalkraft zu berücksichtigen, weil diese axial „nachsetzen" kann. Elastisch wirkende Federelemente mit hoher Kraftspeicherung sind in solchen Fällen zwischen Hülse und Gewindemutter einzubauen.

Durch die stationäre Federanordnung entsteht für die GLRD der Vorteil, daß Winkligkeitsabweichungen zwischen der Rotationsachse und der befederten Gleitfläche des Gleitringes sich je nach Lageveränderung nur jeweils einmal ausrichten; d.h., schleißend wirkende Hubarbeit mit der Frequenz der Drehzahl an dem Sekundär-Dichtelement des Gleitringes wird vermieden.

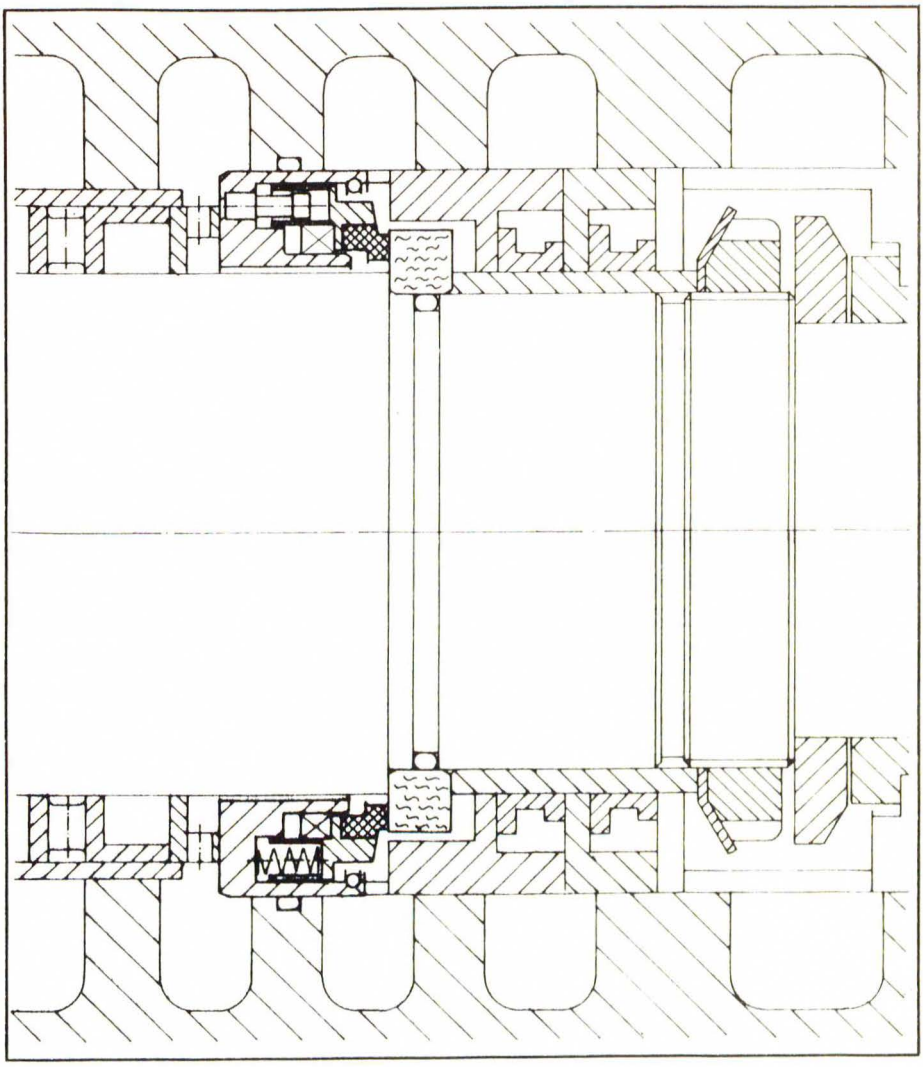


Bild 6. GLRD mit stationärem Federsystem für einen trockenlaufenden Schraubenverdichter

1.2 Metallbälge oder gummielastische Nebendichtungen im Hinblick auf Stillstand-Dichtigkeit

Für trockenlaufende Prozeßmaschinen wird immer häufiger die Frage der Dichtigkeit im Stillstand diskutiert; d.h., wenn der positiv differenzgeregelte Öldruck des Sperrölkreises auf Werte unterhalb des Gasdruckes bzw. auf Null abfällt.

Bei GLRD mit gummielastischen Nebendichtungen wird durch die besondere konstruktive Gestaltung der Einbauräume für die Nebendichtung die Eignung zur Abdichtung für beide Druckrichtungen erreicht; d.h., bei positivem Öldruck liegt das Dichtelement am Gleitring und bei positivem Gasdruck am Mitnehmergehäuse an, vergleiche hierzu die Darstellung gem. Bild 7. In beiden Fällen wirkt auf die Gleitfläche eine ventilartige Schließkraft. Hiermit ist gemeint, daß der Anpreßdruck auf die Dichtfläche mit steigendem Abdichtdruck zunimmt, die Spaltkräfte demnach in keinem der beiden Fälle die Dichtflächen zum Abheben bringen können.

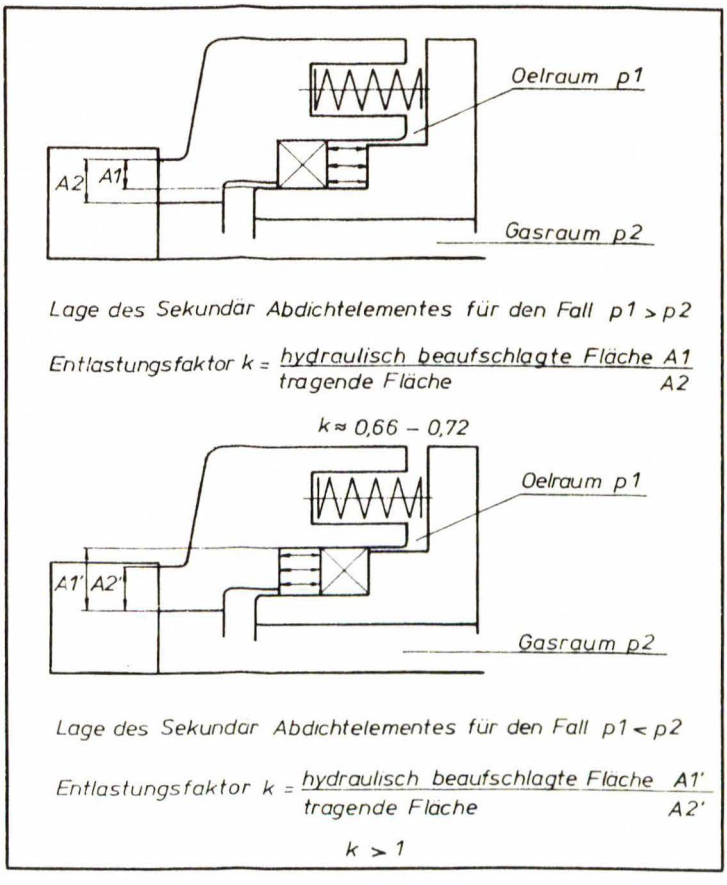


Bild 7. Stillstand-Dichtwirkung für GLRD mit gummielastischer Nebendichtung

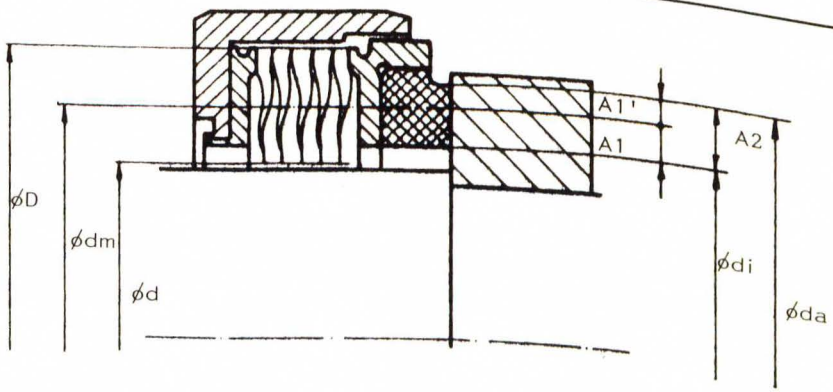
Dieser Zusammenhang ist bei Metallbälgen nicht erreichbar, da der hydraulisch wirksame Querschnitt bzw. der daraus resultierende Druchmesser „dm" eine konstant vergebene Größe ist, die von den gefertigten Abmessungen „D" und „d" des Metallbalges abhängt.

Der Metallbalg ist demnach nur für eine Wirkrichtung des Druckes zu nutzen. Im Falle der Auslegung ist eine Festlegung notwendig, ob also mit der Wirkung des Gasdruckes oder mit der Wirkung des Sperrdruckes der Dichtflächenverschluß hergestellt werden soll. Entsprechend dieser Entscheidung sind dann dem neutralen

Durchmesser „dm" die Gleitflächendurchmesser „di" und „da" im abgestimmten Belastungsverhältnis „k" zuzuordnen.
Weitere Erläuterungen sind dem Bild 8 zu entnehmen. Würde beispielsweise eine GLRD in der Ausführung „Innenbelastung" mit deutlich höherem Außendruck (Sperröldruck) als der Gasdruck belastet, so kann die Anpresskraft an der Dichtfläche langsam oder auch schlagartig, durch die Wirkung der inneren Spaltkräfte, verloren gehen und die Dichtung öffnet. Dieser Vorgang wird während des Betreibens überlagert durch die hydrodynamischen Spaltkräfte und hängt außerdem von der Federkraft in der Einbausituation ab.

Dieser Nachteil in Richtung Betreibensunsicherheit für Metallbalg GLRD könnte zukünftig aufgehoben werden, wenn es gezielt gelingt, die Veränderung des an sich geometrisch vorgegebenen Wirkdurchmessers gleichermaßen durch Wirkung des Außen- oder Innendruckes mitzuverändern. Würden in solchen Fällen Anfangs-k-Werte = 0,5 für die Dichtflächen ausgeführt, dann wäre für jede Betriebssituation der Verschluß gewährleistet, sofern die Dichtspaltkräfte (Dichtspaltgeometrie) auch im Hochgeschwindigkeitsbereich über lange Betreibenszeiten in solchen Größenordnungen erhalten bleiben, wie diese der Anfangsberechnung zugrunde gelegt wurden.
Für besonders federweiche, spitzgeschweißte Membranbälge liegen erste positive Hinweise vor.

Durch das Fehlen von Gummiteilen an Metallbalg-GLRD ergibt sich der Vorteil universellerer Einsetzbarkeit in solchen Fällen, wo ansonsten für gummielastische Dichtelemente die Beständigkeit individuell in Abhängigkeit der Abdichtgase überprüft werden mußte.



Enlastungsfaktor bei Außenbelastung $k = \frac{\text{hydr. beaufschl. Fläche } A1'}{\text{tragende Fläche } A2}$

$k \sim 0{,}34 - 0{,}28$
= Öffnungsgefährdet mit steigendem Außendruck

Enlastungsfaktor bei Innenbelastung $k = \frac{\text{hydr. beaufschl. Fläche } A1}{\text{tragende Fläche } A2}$

$k \sim 0{,}66 - 0{,}72$

Bild 8. Bei Metallbalg-GLRD wird Stillstand-Dichtwirkung erreicht, wenn die Gleitflächenzuordnung für Innenbelastung ausgeführt wird.

2 Auswahl der Gleitwerkstoffe /1/

Die Anforderungen seitens der GLRD an die Gleitwerkstoffe zur Erzielung von Dichtigkeit und Standzeit lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Gutes Reibverhalten, Vorhandensein von Notlaufeigenschaften, Verschleißfestigkeit, Korrosionsbeständigkeit- und ausreichende mechanische Festigkeit. Es ist ferner allgemein von Vorteil, wenn die Werkstoffe der zwei gegeneinander gleitenden Gleitkörper ähnlich lineare Wärmeausdehnungszahlen "α" besitzen und wenn die Wärmeleitfähigkeitszahlen "λ" groß sind. Die Auslegung der Materialien im Hinblick auf das Korrosionsverhalten wird in der Praxis fast nie auf nur eine Anwendung hin bestimmt, sondern so vorgenommen, daß sich möglichst eine weit gefächerte Anwendungsmöglichkeit ergibt. Vor allem bei der Neueinführung von GLRD oder Auslegung für den Neuanlagenbau wird die wirtschaftliche Auswahl von Werkstoffen und GLRD-Typen an Bedeutung gewinnen. In der Vergangenheit häufig genutzte Materialien wie stellitierte Austenite oder verchromte Gleitkörper werden immer weniger eingesetzt, da die auftretenden Verformungen häufig zu Problemen geführt haben.

Kurzgefaßt ist der Idealwerkstoff wie folgt zu umschreiben:

Universell korrosionsfest, mit harten Oberflächen und Gleiteignung, auch in der Kombination gleicher Werkstoffe gegeneinander gleitend, sowie gut wärmeleitend und verzugsarm unter Temperatureinfluß; ferner soll sich ein guter Gleitwerkstoff genau bearbeiten lassen.

Gegenwärtig werden diese Eigenschaften am besten durch das Material Siliziumkarbid erfüllt.

Unter einer Vielzahl am Markt zwischenzeitlich verfügbarer Sorten haben sich

- Rein - SIC - Qualitäten (Restporosität 2 Vol-%, aber als Bauteil dicht)

  und

- Reaktionsgesinterte SI-SIC-Qualitäten (8-12% freies Si) im praktischen Einsatz sehr gut bewährt.

Weitere nachstehenden Standardpaarungen befinden sich im praktischen Einsatz:

Für Gleitgeschwindigkeit bis 40 m/s

- 30%iger Chromguß gegen Hartkohle

  Beim Chromguß werden die Materialien gemäß der Stoff-Nr. 1.4086 ohne Anteile von Molybdän oder 1.4138 mit ca 2,5% Molybdän verwendet.

  Die verwendeten Hartkohlen sind entweder mit Kunstharz oder mit Antimon imprägniert.

  Der Temperatureinsatz wird begrenzt durch das Kohlematerial mit Kunstharzimprägnierung bei ca 220°C. Kohle-Antimon ist eingesetzt bei Temperaturen bis 400°C.

Für Gleitgeschwindigkeiten >40 m/s

- Wolfram-Karbid gegen Hartkohle

  und

- Silizium-Karbid gegen Hartkohle

Für den Vergleich zur Leistungsfähigkeit eingesetzter Werkstoffpaarungen sollte die Bewertung nicht allein nach einem allgemeinen Verschleißverhalten der Gleitpartner beurteilt werden.

Es sind die neuesten Erkenntnisse des gesamten tribologischen Umfeldes, z.B. auch der Schmierstoffe im Dichtspalt, für die Werkstoffauswahl einzubeziehen.

An modernen Prüfständen kann man beispielsweise für praxisnahe Bedingungen Aussagen über das Reibmoment, die Dichtspalttemperatur bzw. auch über Dichtspaltdrücke für die eingesetzten Werkstoffpaarungen erhalten.

Der Vergleich einiger Werkstoffwerte aus tribologischer Sicht ist aus der Tabelle Bild 9 zu entnehmen.

Vergleich einiger Werte des Werkstoffes SIC aus tribologischer Sicht:

- geringes spez Gewicht
- hohe Korrosionsbestandigkeit
- hohe Harte
- gute Festigkeit
- Thermoschockfestigkeit

und insbesonders

- hohe Warmeleitfähigkeit „λ"
- niedrige Wärmedehnzahl „α"
- gleichmäßige Gefugeausbildung

	Härte HV N/mm²	Dichte g/cm³	Dehnz. α 10⁻⁶/K	Wärmeleitfäh. λ W/mK
SIC	23000	3,1	4,2	110
Al_2O_3	23000	3,9	6,7	27
WC	16000	14,85	5,0	80
Stellit	HRC 54	8,6	12,5	14,8
Hartkohle-Kunstharz	HB 800	1,8	2,5	4,2
Hartkohle-Antimon	HB 800	2,15	3,4	8,4

Bild 9. Vergleich von Werkstoff-Kennwerten

3 Angaben zu Leckraten

Mögliche Leckagen als Folge von Einbau- oder Fertigungsungenauigkeiten oder Fehlbetreiben sollen hier unberücksichtigt bleiben. Ferner sollen gezielt die Beobachtungen und Ergebnisse für die Anwendung in schnellaufenden Maschinen besprochen werden, die in der Regel die GLRD-Kühlung bzw. Sperrung durch Öle vorsehen.

Bei der Gasdichtigkeitsprobe neuwertiger GLRD ergeben sich Dichtigkeitswerte gemäß Bild 10, wenn mehrere GLRD der Baugröße 100 mm Durchmesser mit Stickstoff bei 20 bar über eine Probezeit von 30 min abgedrückt werden.

GLRD-Nr.	1.Schritt = Gasdruckbeschickung von innen 2.Schritt = Testkammer von außen mit Wasser auffüllen $(mbar \cdot l \cdot s^{-1})$	1.Schritt = Testkammer von außen mit Wasser auffüllen 2.Schritt = Gasdruckbeschikkung von innen $(mbar \cdot l \cdot s^{-1})$
1	$1{,}3 \times 10^{-4}$	$5{,}3 \times 10^{-5}$
2	$5{,}3 \times 10^{-4}$	$1{,}76 \times 10^{-5}$
3	$1{,}7 \times 10^{-5}$	meßtechnisch n. erfaßbar
4	meßtechnisch n. erfaßbar	meßtechnisch n. erfaßbar
5	$7{,}95 \times 10^{-5}$	$3{,}5 \times 10^{-5}$
6	$2{,}1 \times 10^{-4}$	$5{,}3 \times 10^{-5}$
7	meßtechnisch n. erfaßbar	meßtechnisch n. erfaßbar
8	$1{,}7 \times 10^{-5}$	$1{,}7 \times 10^{-5}$
9	$3{,}5 \times 10^{-5}$	$1{,}7 \times 10^{-5}$
10	$6{,}3 \times 10^{-4}$	$7{,}95 \times 10^{-5}$

Bild 10. Gasdichtigkeit an GLRD

Während des Betreibens soll eine gleichmäßige, in der Größenordnung konstante Flüssigkeits-Leckrate auf möglichst niedrigem Niveau über Betriebszeiten von mehr als 10000 Stunden einhaltbar bleiben.

Um dieses Ziel zu erreichen, müssen für den Dichtspalt möglichst konstante Bedingungen hergestellt bzw. erhalten bleiben. Häufige Kontaktreibungsvorgänge und damit verbundener Materialabtrag wären in jedem Fall Störeinflüsse. Erwünscht ist also eine Trennung der Materialoberflächen durch den Schmierfilm im Dichtspalt, das heißt aber auch, daß der Zustand der Nulleckage gleichfalls nicht erreichbar ist.

Untersuchungen an GLRD mit hoher Leckage zeigten häufig, daß Belagbildungen von Ölrückständen auf den Dichtflächen vorhanden waren. Diese Erscheinungen ließen sich auf Überhitzungen des Öles im Dichtspalt zurückführen. Über die untersuchten GLRD wurde in der Regel berichtet, daß die Undichtigkeit sporadisch auftrat, oder daß zu Anfang des Betreibens beinahe keinerlei Leckage feststellbar war und plötzlich Leckwerte von ca 5 l/h oder mehr auftraten.

Im Rahmen der Schadensbearbeitung ließen sich in solchen Fällen immer dann wieder technisch akzeptable Werte erreichen, wenn es gelang, das Temperaturniveau im Dichtspalt dauerhaft niedrig zu halten.

Im Prüffeld gemessene Dichtspalttemperaturen während des Anfahrvorganges eines Kältverdichters dokumentiert Bild 11. Zu beachten ist insbesonders der steile Temperaturanstieg in kurzer Zeit. Die Entwicklung der Dichtspalttemperatur gemäß der strichpunktierten Linie deutet auf einen Materialschaden am Kohlering in der Anfahrphase hin, der für das spätere Betreiben die Ursache erhöhter Leckage sein kann.

Weitere Messungen von Dichtspalttemperaturen, verglichen bei unteschiedlichen Abdichtflüssigkeiten, sind aus Bild 12 zu entnehmen.

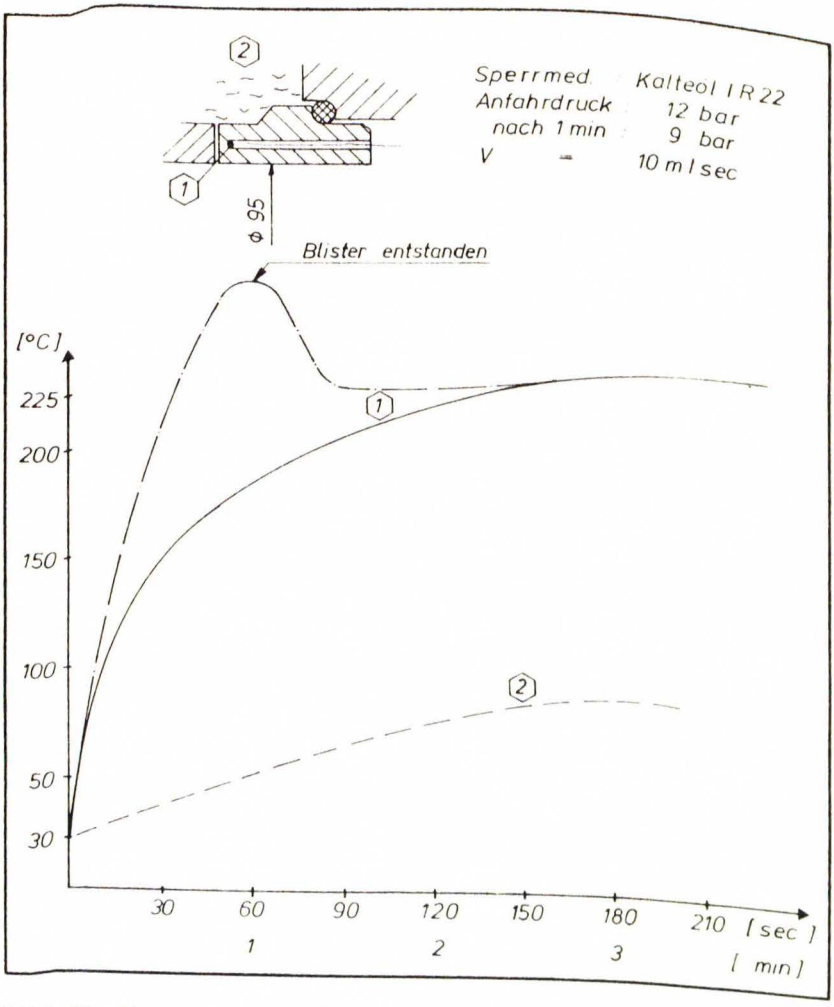


Bild 11. Vergleich der Öltemperatur außerhalb und innerhalb der Dichtfläche

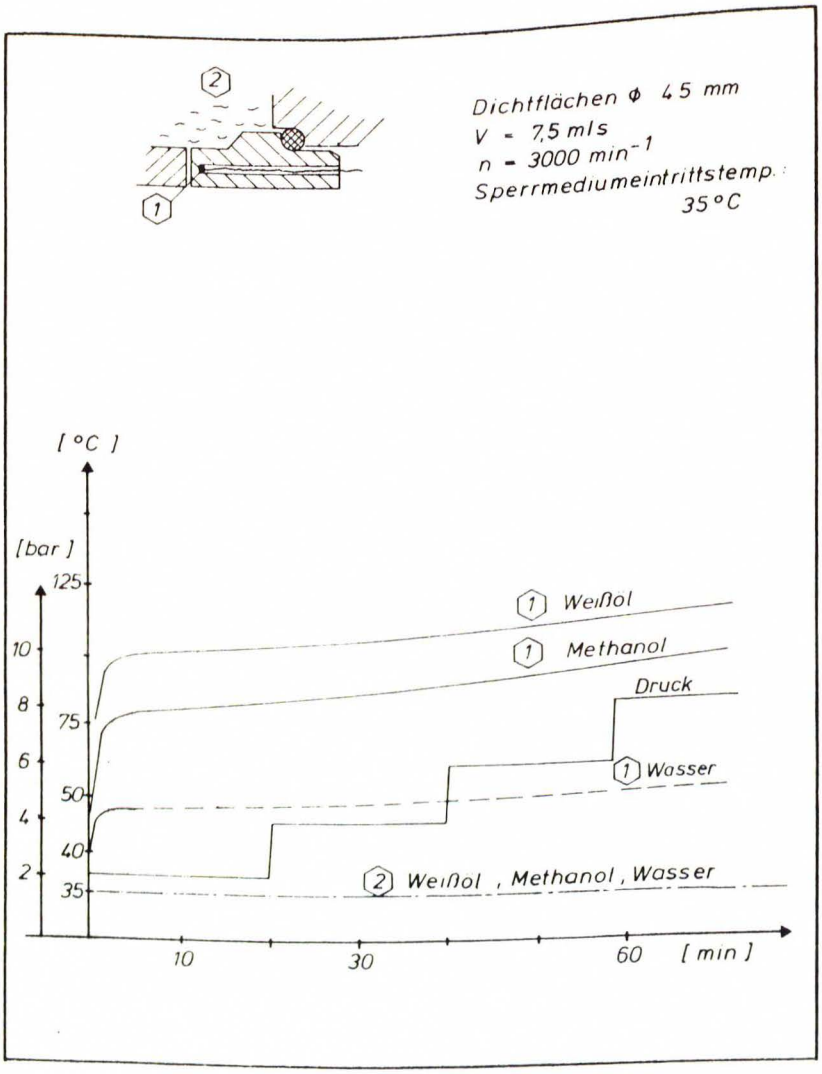


Bild 12. Vergleich der Dichtspalttemperaturen bei verschiedenen Flüssigkeiten

Neben den beschriebenen Belagbildungen auf Dichtflächen und Materialschäden als Folge von Überhitzung sind Dichtspaltverformungen eine häufige Ursache für überhöhte Leckage. Besondere Dimensionierung und die Verwendung von Werkstoffen mit möglichst gleich großen thermischen Dehnzahlen " " können die Verformung an geschrumpften Gleitkörpern in solchen Grenzen halten, daß überhöhte Leckage vermieden wird. Die näheren Zusammenhänge werden in Bild 13 beschrieben /1/.

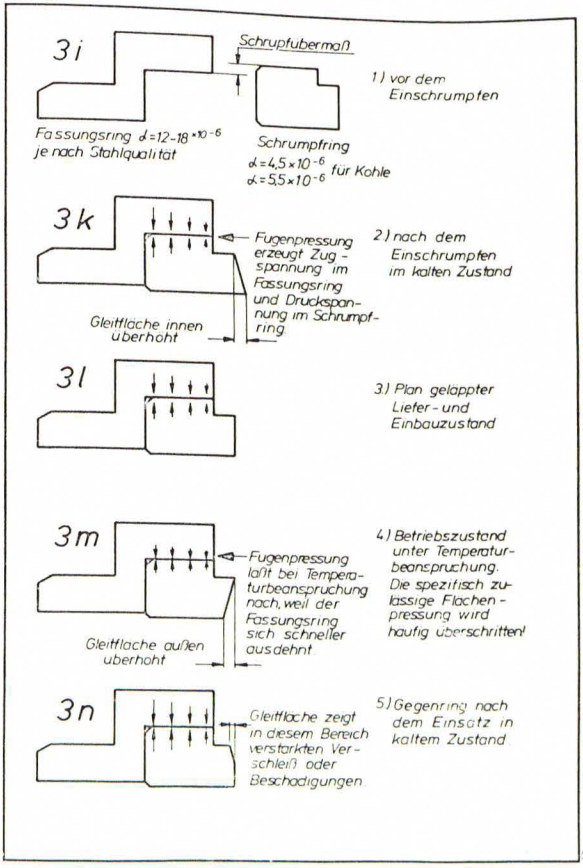


Bild 13. Dichtspaltverformungen an geschrumpften Gleitringen

Erwartungswerte für Ölleckmengen zur GLRD sind der Tabelle gemäß Bild 14 zu entnehmen.

GLRD - Werkstoffpaarung	=	SIC / Kohle - Antimon
Abdichtflüssigkeit	=	Öl ISO VG 32
Gleitgeschwindigkeit	=	40 bis 70 m/s
Druckdifferenz	=	1,5 bis 10 bar

Nenn-ø	Erwartete Leckraten pro Dichtfläche ml/h	l/Tag
50	5 - 20	0,12 - 0,48
90	10 - 30	0,24 - 0,72
130	10 - 35	0,24 - 0,84
180	15 - 40	0,36 - 0,96
230	25 - 60	0,60 - 1,44

Bild 14. Erwartungswerte für Ölleckagen

4 Beeinflussung der Dichtspaltgeometrie zur Reduzierung der Verlust-Energie /2/

Dem vorangegangenen Abschnitt ist u.a. zu entnehmen, daß das Abdichtergebnis optimiert werden kann, wenn Verformungen des Dichtspaltes unterbleiben und die Temperaturen im Dichtspalt durch Wärmeableitung möglichst niedrig bleiben.
Es ist daher naheliegend, solche Werkstoffe gegeneinander gleiten zu lassen, die auf Grund ihrer Materialkennwerte hierzu die besten Voraussetzungen mitbringen, z.B. Silizium-Karbid gegen Silizium-Karbid.
Für materialgleiche Werkstoff-Kombinationen ist vor allem beim Hochgeschwindigkeits-Einsatz von besonderer Wichtigkeit, daß Kontaktfreiheit für die Dichtoberflächen der Gleitkörper erreicht wird.
Durch das Vorhandensein eines, die Kontaktfreiheit sichernden, Tragfilms wird Reibung gemindert und Verschleiß vermieden, sowie die Lebensdauer erhöht.
Als Ergebnis einer vom BMFT geförderten Forschung und Entwicklung ist es gelungen, diesen Tragfilm elastohydrodynamisch zu unterstützen und zu sichern.
Es konnte nachgewiesen werden, daß die Gesamttopographie von Dichtflächen - Welligkeit in Umfangsrichtung, Rauheit, Stülpung - einen wesentlichen Einfluß auf die Drücke und die Druckverteilung im Dichtspalt besitzt.
Werden Gleitkörper, gefertigt aus gestaltfesten und verzugsarmen Werkstoffen, zu planeben bzw. zu glatt gefertigt, entstehen Ansaugeffekte gegeneinander (Endmaßerscheinung); die Spaltdrücke brechen zusammen, siehe Bild 15.
Durch elastomechanische Gestaltänderung erzeugte Welligkeiten in Dichtoberflächen erzeugten Spaltdrücke von 185 bar bei nur 13 bar Abdichtdruck, siehe Bild 16.

Unter Berücksichtigung der gewonnenen Erkenntnisse wurde eine Hochleistungs-GLRD, Werkstoffpaarung SIC/SIC, gemäß Bild 17 angefertigt und bei Belastungen von 100 m/s Gleitgeschwindigkeit bei gleichzeitigem Differenzdruck von 100 bar erfolgreich getestet.

Über den gesamten Auslegungsbereich wurden Materialkontakte vermieden und Einsparungen der Verlust-Energie registriert, siehe Bild 18. Für die Testdichtung mit dem Nenndurchmesser 110 mm ergab sich bei ca 70 m/s Gleitgschwindigkeit und 10 bar Differenzdruck eine Leckrate von 80 ml/h.

Gemäß bisheriger Bewertung wurde ermittelt, daß für GLRD mit Elasto-Hydro-Dynamik (EHD)-Merkmalen der bisherige Leistungsmaßstab, der p • v-Wert als überholt anzusehen ist, da mit dem Erhöhen der Gleitgeschwindigkeit auch der Abdichtdruck mitwachsen kann, weil sich die Tragkraft im Dichtspalt erhöht.

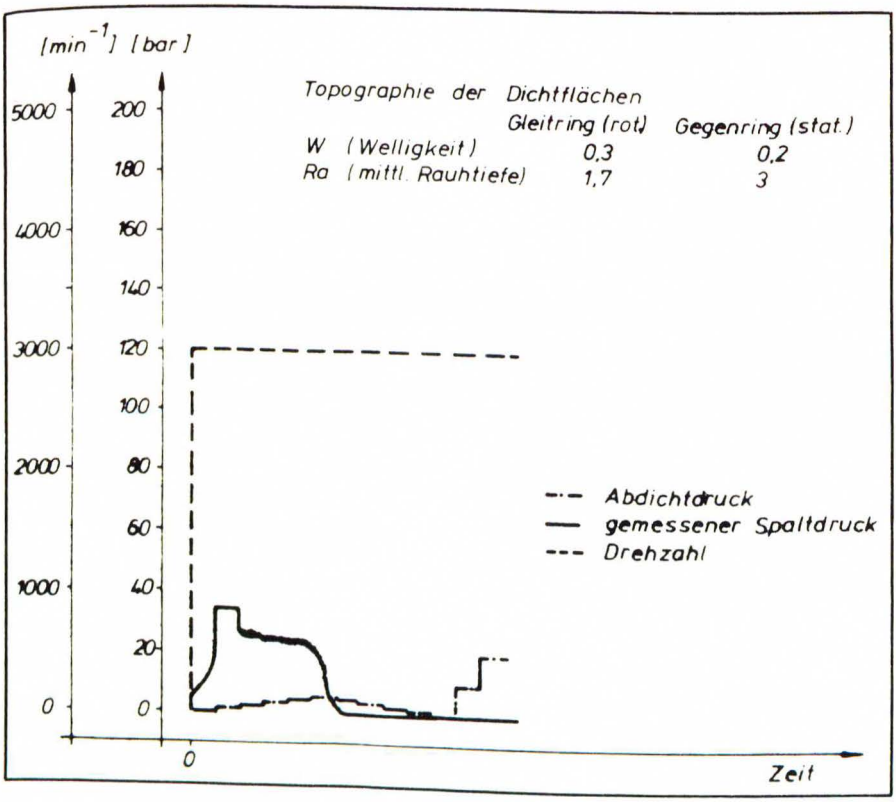


Bild 15. Absinken des Spaltdruckes mit steigendem Abdichtdruck (Die Angaben zu "w" und "Ra" drücken Verhältnisse aus)

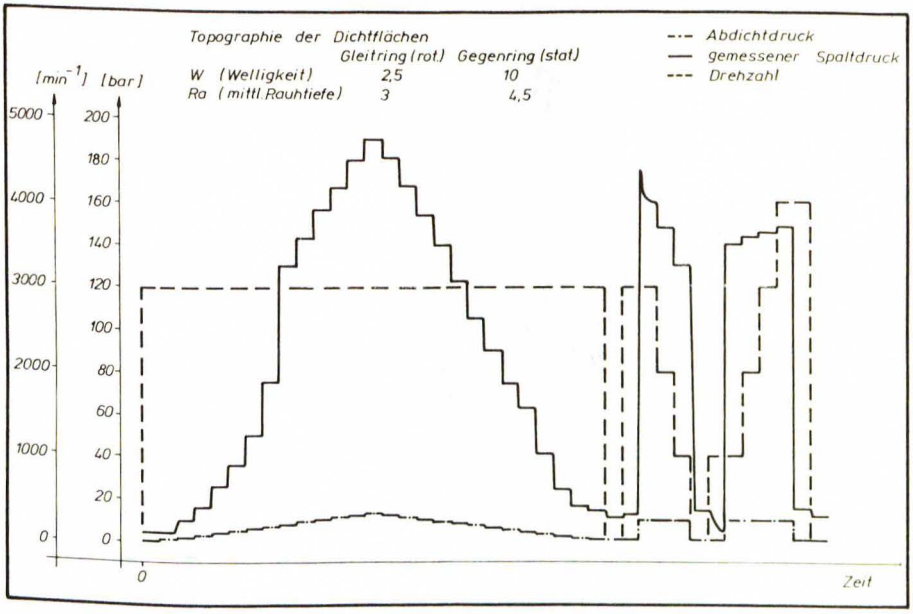


Bild 16. Ansteigen des Spaltdruckes mit steigendem Abdichtdruck (Die Angaben zu "w" und "Ra" drücken Verhältnisse aus)

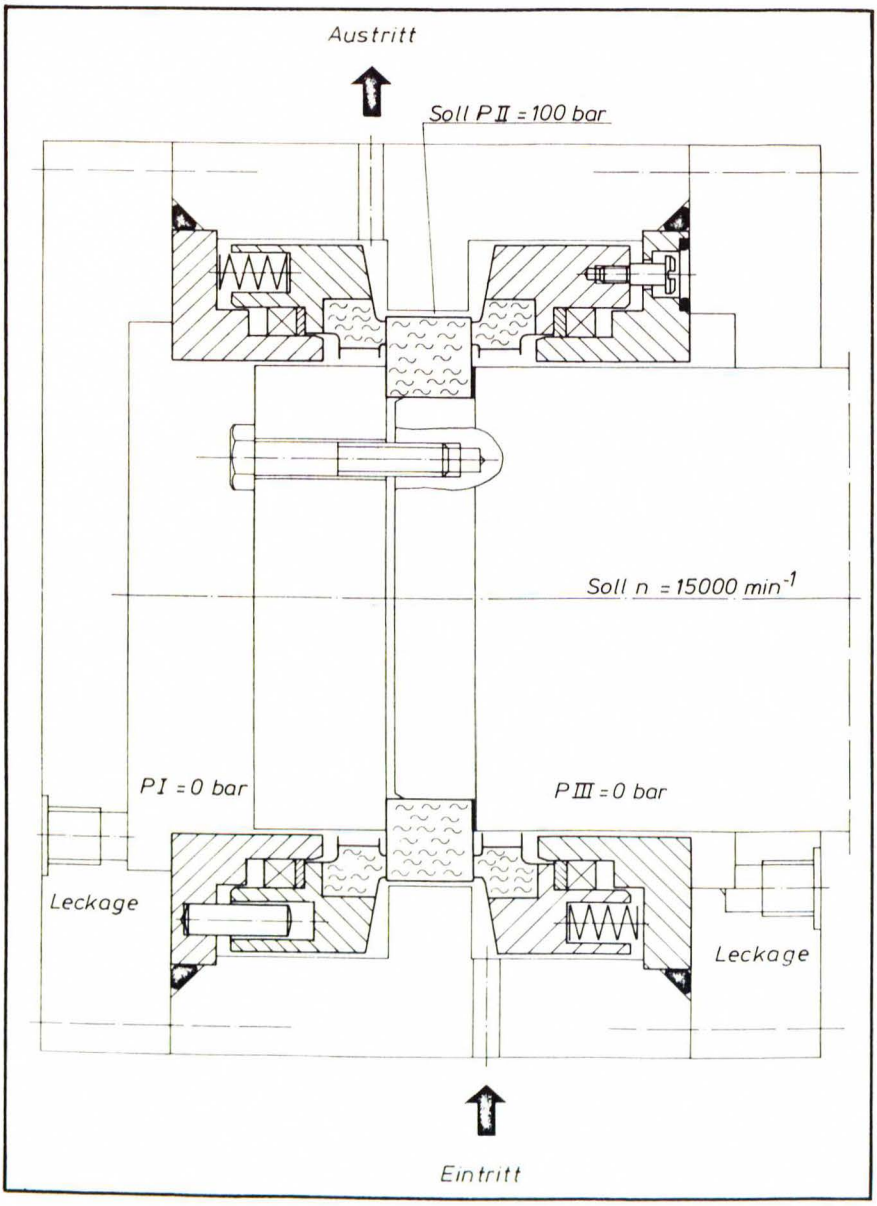


Bild 17. Hochleistungs-EHD-GLRD für Teststand

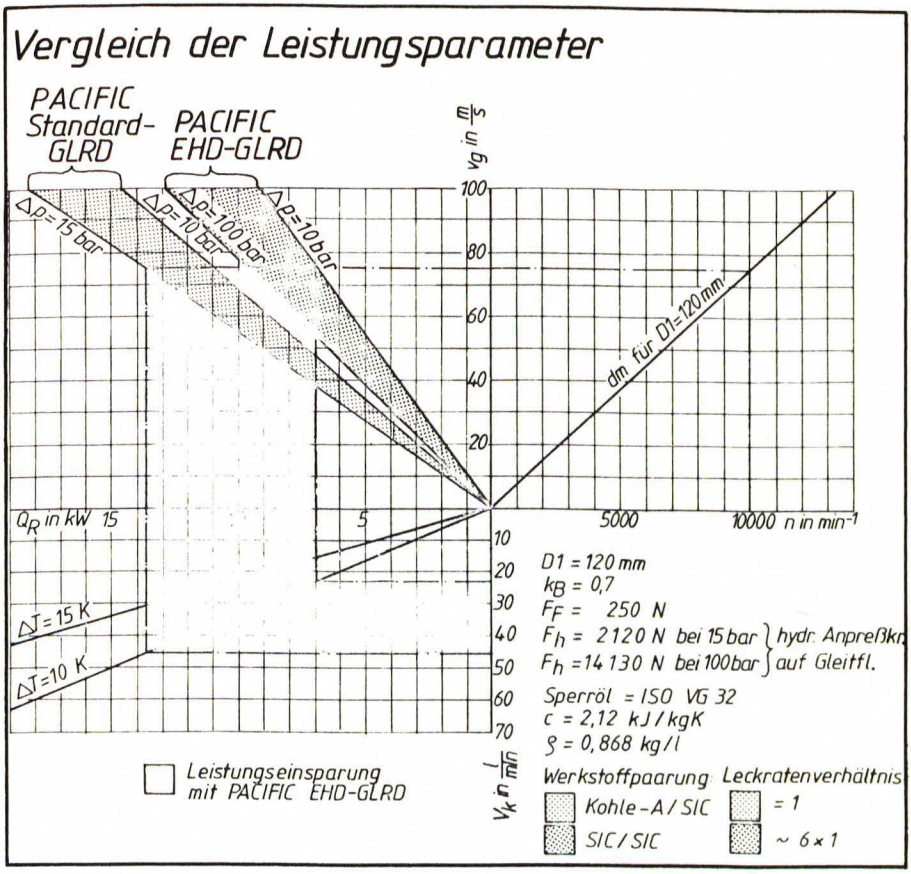


Bild 18. Leistungsvergleich EHD-GLRD zu Standard-GLRD

Die Absicherung der bisher gewonnenen Erkenntnisse hat auch für serienmäßig hergestellte Erzeugnisse eine hohe wirtschaftliche Bedeutung.

Schrifttumhinweise

/1/ Victor, K.-H. : Gleitringdichtungen, Referat für Lehrgang Einsatz von Kreiselpumpen in der chemischen Industrie. Technische Akademie Wuppertal und Esslingen im November und Dezember 1979

/2/ Victor, K.-H. : Verbesserung der Elasto-Hydro-Dynamik von Gleitringdichtungen.
Tagungsband zur 2. Präsentation Tribologie 1983, Koblenz
BMFT-Förderung 01 ZT 231; Projektträgerschaft bei der DFVLR, Köln
Schlußbericht für Buchreihe Tribologie, Reibung, Verschleiß, Schmierung vorgesehen
Springer-Verlag