



(10) **DE 10 2008 031 813 B4** 2015.10.22

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2008 031 813.2**  
(22) Anmeldetag: **26.06.2008**  
(43) Offenlegungstag: **31.12.2009**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **22.10.2015**

(51) Int Cl.: **F16J 15/32 (2006.01)**  
**F16J 15/56 (2006.01)**  
**F16J 9/20 (2006.01)**  
**F16F 9/36 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:  
**Parker Hannifin GmbH, 74321 Bietigheim-  
Bissingen, DE**

(72) Erfinder:  
**Braun, Thomas, 71573 Allmersbach, DE**

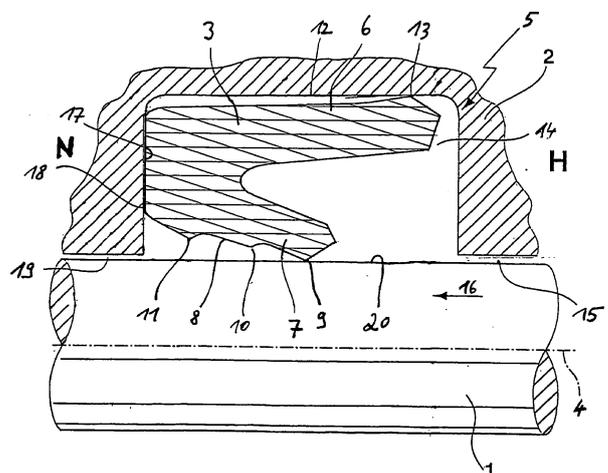
(74) Vertreter:  
**WITTE, WELLER & PARTNER Patentanwälte mbB,  
70173 Stuttgart, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	43 00 889	C1
DE	19 83 355	U
US	2 489 715	A
EP	1 701 071	A1

(54) Bezeichnung: **Dichtungsanordnung mit Profildichtung**

(57) Hauptanspruch: Dichtungsanordnung mit einem ruhenden Maschinenteil (2), einem beweglichen Maschinenteil (1) und einer Profildichtung (3, 3'), die als Berührungsdichtung zwischen dem ruhenden Maschinenteil (2) und dem beweglichen Maschinenteil (1) in einem in dem ruhenden Maschinenteil (2) vorgesehenen Einbauraum (5) angeordnet ist, wobei die Profildichtung (3, 3') hochdruckseitig eine statische Dichtlippe (6) und eine dynamische Dichtlippe (7) aufweist, wobei die dem beweglichen Maschinenteil (1) zugewandte Anlagefläche (8) der dynamischen Dichtlippe (7) mindestens drei Dichtkanten (9, 10, 11) aufweist, wobei in drucklosem Zustand mindestens die hochdruckseitig vorderste Dichtkante (9), aber nicht alle Dichtkanten mit dem beweglichen Maschinenteil (1) in Berührung stehen und die weiteren Dichtkanten (10, 11) mit zunehmendem Abstand von der Hochdruckseite (H) einen zunehmenden Abstand von dem beweglichen Maschinenteil (1) aufweisen, und wobei mit zunehmendem Druck die weiteren Dichtkanten (10, 11) nacheinander mit dem beweglichen Maschinenteil (1) in Berührung kommen.



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Dichtungsanordnung, insbesondere für hydraulische Kolben oder Kolbenstangen, mit einem ruhenden Maschinenteil, einem beweglichen Maschinenteil und einer Profildichtung, die als Berührungsdichtung zwischen dem ruhenden Maschinenteil und dem beweglichen Maschinenteil in einem in dem ruhenden Maschinenteil vorgesehenen Einbauraum angeordnet ist. Die Erfindung betrifft ferner eine entsprechende Profildichtung für eine solche Dichtungsanordnung.

**[0002]** Derartige Dichtungsanordnungen mit Profildichtungen sowie derartige Profildichtungen sind grundsätzlich bekannt und werden in unterschiedlicher Ausgestaltung vielfach eingesetzt.

**[0003]** Soll ein translatorisch bewegliches Maschinenteil, etwa eine Kolbenstange, in einem ruhenden Maschinenteil hydraulisch bewegt werden, so ist es notwendig, die kraftübertragende Hydraulikflüssigkeit, etwa ein Öl, am Austritt zu hindern. Dazu werden grundsätzlich sogenannte Profildichtungen als Kolben- oder Stangendichtungen eingesetzt.

**[0004]** Eine solche Profildichtung besteht grundsätzlich im Wesentlichen aus einem Grundkörper mit quaderförmigem Querschnitt und zwei hochdruckseitigen Dichtlippen. Die Profildichtung ist in einer Nut, dem Einbauraum, des ruhenden Maschinenteils angeordnet, wobei die Nut meist einen rechteckförmigen Querschnitt aufweist. Aus einem Zwischenraum zwischen beweglichem und ruhendem Maschinenteil kann von der Hochdruckseite her Hydraulikflüssigkeit in den Einbauraum eindringen. Die Profildichtung liegt deshalb zumindest mit seiner radial äußeren (statischen) Dichtlippe am Nutgrund und zumindest mit seiner radial inneren (dynamischen) Dichtlippe am beweglichen Maschinenteil auf, wodurch der Einbauraum unterteilt wird und eine Ausbreitung der Hydraulikflüssigkeit in den niederdruckseitigen Teil des Einbauraums vermieden wird.

**[0005]** Während einer Druckbeaufschlagung mittels der Hydraulikflüssigkeit erfährt die Profildichtung äußere Kräfte, die sie verstärkt an die Nutwandungen und das bewegliche Maschinenteil presst, wodurch die Dichtwirkung der Profildichtung gesteigert wird.

**[0006]** In der Regel gleitet die Dichtung hydrodynamisch auf einem Schmierfilm, der sich zwischen dem beweglichen Maschinenteil und der dynamischen Dichtlippe bildet. Zur Begünstigung dieser Schmierfilmbildung sind bspw. Profildichtungen bekannt, deren dem beweglichen Maschinenteil zugewandte Anlagefläche der dynamischen Dichtlippe rilliert ist, bei der die Rillen als Schmierfilmdepots dienen.

**[0007]** Aus der US 2 489 715 A ist eine Dichtung bekannt mit einem Flansch, der durch eine statische Abdichtung abgedichtet werden soll. Die Dichtung wird dabei axial geklemmt oder verpresst. Die Dichtlippe weist an der zum Zylinder hinweisenden Seite Dichtwülste auf, die voneinander durch Vertiefungen getrennt sind. Mit zunehmendem Druck liegen bevorzugt zunehmend mehr Dichtwülste an dem Zylinder an.

**[0008]** Bei den bekannten Dichtungsanordnungen mit Profildichtungen wurde jedoch festgestellt, dass es bei sehr langsamer Bewegung zu einem ruckartigen Bewegungsablauf kommen kann und dass nach längerer Ruhezeit der Schmierfilm zum Teil aus der Kontaktzone der Gleitdichtfläche verdrängt wird, wodurch die effektiven Kontaktflächen und die adhesiven Kräften stark zunehmen können. Zum erneuten Anfahren ist dann ein verhältnismäßig großer Druck erforderlich, der nach dem Losbrechen des beweglichen Maschinenteils zu einer ruckartigen Bewegung desselben führt.

**[0009]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Dichtungsanordnung sowie eine Profildichtung für eine solche Dichtungsanordnung derart weiterzubilden, dass die beschriebenen Probleme hinsichtlich Reibung und Energieeffizienz sowie des ruckartigen Bewegungsablaufs und des verhältnismäßig großen Anfahrdrucks nach längerer Ruhezeit verringert oder gänzlich vermieden werden.

**[0010]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine in Anspruch 1 angegebene Dichtungsanordnung sowie einen in Anspruch 9 angegebenen Profildichtung gelöst, wonach die Profildichtung hochdruckseitig eine statische und eine dynamische Dichtlippe aufweist, die dem beweglichen Maschinenteil zugewandte Anlagefläche der dynamischen Dichtlippe mindestens drei Dichtkanten aufweist, in drucklosem Zustand mindestens die hochdruckseitig vorwärts der Dichtkante, aber nicht alle Dichtkanten mit dem beweglichen Maschinenteil in Berührung stehen und die weiteren Dichtkanten mit zunehmendem Abstand von der Hochdruckseite einen zunehmenden Abstand von dem beweglichen Maschinenteil aufweisen, und mit zunehmendem Druck die weiteren Dichtkanten nacheinander mit dem beweglichen Maschinenteil in Berührung kommen.

**[0011]** Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe wird auf diese Weise vollkommen gelöst.

**[0012]** Der Erfindung liegt dabei die Erkenntnis zugrunde, dass die geschilderten Probleme bei den bekannten Dichtungsanordnungen aufgrund einer zu hohen Gleit- und Haftreibung auftreten, da bei den bekannten Dichtungsanordnungen grundsätzlich die dynamische Dichtlippe im (drucklosen) Einbaustand bereits nahezu vollständig bzw. ganzflächig,

zumindes jedoch großflächig, an dem beweglichen Maschinenteil anliegt. Ein solches vollständiges bzw. vollflächiges Anliegen bereits im drucklosen Zustand ist jedoch für eine gute Dichtwirkung gar nicht erforderlich. Es reicht vielmehr aus, wenn die dynamische Dichtlippe im drucklosen Zustand zumindest an einem Punkt an dem beweglichen Maschinenteil anliegt und erst mit zunehmendem Druck die Berührungsfläche zwischen der dynamischen Dichtlippe und dem beweglichen Maschinenteil vergrößert wird. Erfindungsgemäß wird dies durch eine Profildichtung erzielt, der druckaktivierte, kaskadierte dynamische Dichtkanten an der dem beweglichen Maschinenteil zugewandten Anlagefläche der dynamische Dichtlippe aufweist, die erst nacheinander mit zunehmendem Druck an dem beweglichen Maschinenteil anliegen.

**[0013]** Die Ausgestaltung kann bspw. so gewählt sein, dass in drucklosem Zustand nur eine einzige Dichtkante (die hochdruckseitig vorderste Dichtkante) an dem beweglichen Maschinenteil anliegt und bei zunehmendem Druck immer mehr der dahinter liegenden weiteren Druckkanten durch Verformung der Profildichtung an das bewegliche Maschinenteil herangedrückt werden, bis bei einem über einer Schwelle liegenden Druck alle Dichtkanten an dem beweglichen Maschinenteil anliegen. Es werden also quasi durch den zunehmenden Druck immer mehr Dichtkanten „hinzugeschaltet“, so dass bei zunehmendem Druck auch die Dichtwirkung ansteigt, da sich die Schleppleckage reduziert.

**[0014]** Bei der erfindungsgemäßen Dichtungsanordnung ist somit die insbesondere beim Anfahren der Maschine wirkende Haftreibung geringer als bei den bekannten Dichtungsanordnungen, da der Schmierfilm nicht so stark aus der Kontaktzone der Gleitdichtfläche verdrängt wird. Dies basiert auf der Größe der Kontaktfläche und des radialen Spannungsverlaufs in der Kontaktzone. Ferner ist auch die im Betrieb der Maschine wirkende Gleitreibung geringer als bei bekannten Dichtungsanordnungen, da insgesamt (jedenfalls unterhalb des genannten Schwellendrucks) die Berührungsfläche zwischen dynamischer Dichtlippe und beweglichem Maschinenteil geringer ist.

**[0015]** Die Anzahl der Dichtkanten hängt von dem konkreten Anwendungsbereich, den Dimensionen, den auftretenden Drücken und dergleichen ab. Eine gute Funktionsweise wird ab drei Dichtkanten erreicht. Grundsätzlich lässt die Erfindung jedoch auch den Einsatz von nur zwei Dichtkanten zu. In einer praktischen Ausgestaltung weist die dynamische Dichtlippe genau drei Dichtkanten auf.

**[0016]** In einer bevorzugten Ausgestaltung ist vorgesehen, dass die Dichtkanten in drucklosem Zustand im Wesentlichen entlang einer schräg zur Außenseite des beweglichen Maschinenteils verlaufenden Dichtkantenlinie angeordnet sind. Der Abstand

der Dichtkanten von der Außenseite des beweglichen Maschinenteils (in drucklosem Zustand) nimmt somit im Wesentlichen linear zu, so dass auch die der hochdruckseitig vordersten Dichtkante nachfolgenden Dichtkanten schrittweise mit zunehmendem Druck sich an das bewegliche Maschinenteil anlegen. Grundsätzlich ist es jedoch auch möglich, dass die Dichtkantenabstände von der Außenseite des beweglichen Maschinenteils nicht in linearem Zusammenhang stehen.

**[0017]** Ferner ist in einer Ausgestaltung vorgesehen, dass im drucklosen Zustand der Winkel zwischen der Dichtkantenlinie und der ihr zugewandten Außenseite des beweglichen Maschinenteils im Bereich zwischen  $5^\circ$  und  $60^\circ$ , insbesondere im Bereich zwischen  $5^\circ$  und  $30^\circ$ , liegt.

**[0018]** Zur Verbesserung der Schmierfilmbildung ist ferner bevorzugt vorgesehen, dass die Dichtkanten derart ausgebildet sind, dass zwischen zwei benachbarten, bei zunehmendem Druck an das bewegliche Maschinenteil anliegenden Dichtkanten eine Schmierfilmtasche gebildet ist.

**[0019]** In weiteren Unteransprüchen sind bevorzugte Winkelangaben für die Winkel, unter denen die Dichtkanten hochdruckseitig bzw. niederdruckseitig zu der zugewandten Außenseite des beweglichen Maschinenteils verlaufen und die die Dichtkante selbst bildet, angegeben. Diese Winkel hängen stark von der gewünschten Funktion, insbesondere der Dichtungswirkung und dem gewünschten Rückförderverhalten, der Dichtung ab und können von Dichtung zu Dichtung unterschiedlich ausfallen. Auch die einzelnen Dichtkanten einer Profildichtung können unterschiedliche Winkel aufweisen. Die Winkel der jeweiligen Dichtkanten werden insbesondere im Hinblick auf die Steuerung der Schleppleckage bzw. des Rückfördervermögens ausgewählt. Dies wird über die radiale Spannungsverteilung in der Kontaktzone gesteuert.

**[0020]** Grundsätzlich kann die Profildichtung unterschiedlich ausgestaltet sein. Bevorzugt ist die Profildichtung als Nutring oder Kompaktdichtung ausgestaltet.

**[0021]** Weitere Vorteile ergeben sich aus der Beschreibung und der beigefügten Zeichnung. Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachstehend noch erläuterten Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

**[0022]** Die Erfindung wird nachfolgend anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele beispielhaft erläutert. Es zeigen:

**[0023]** Fig. 1 eine erfindungsgemäße Dichtungsanordnung in drucklosem Zustand,

**[0024]** Fig. 2 die erfindungsgemäße Dichtungsanordnung bei einem ersten Arbeitsdruck,

**[0025]** Fig. 3 die erfindungsgemäße Dichtungsanordnung bei einem zweiten Arbeitsdruck,

**[0026]** Fig. 4 die erfindungsgemäße Dichtungsanordnung bei einem dritten Arbeitsdruck,

**[0027]** Fig. 5 eine perspektivische Schnittdarstellung durch eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Profildichtung,

**[0028]** Fig. 6 Reibkraftvergleichsdiagramme für unterschiedliche Dichtungen bei unterschiedlichen Prüfbedingungen, und

**[0029]** Fig. 7 eine perspektivische Schnittdarstellung durch eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Profildichtung.

**[0030]** Fig. 1 zeigt einen Querschnitt einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Dichtungsanordnung in drucklosem (d. h. nur durch den Einbaubereich definiertem Deformationszustand des Dichtungsquerschnittes) mit einem beweglichen Maschinenteil **1**, das hier als zylinderförmige Kolbenstange ausgeführt ist, einem ruhendem Maschinenteil **2** und einer Profildichtung **3**. Das ruhende Maschinenteil **2** und die Profildichtung **3** sind rotationssymmetrisch um die Zylinderlängsachse **4** des beweglichen Maschinenteils **1** angeordnet. Das ruhende Maschinenteil **2** weist einen profilierten Abschnitt als Einbaubereich **5** auf, der als im Querschnitt rechteckförmige Nut ausgeführt ist. In dieser Nut **5** ist die Profildichtung **3** angeordnet. Die Profildichtung ist bevorzugt aus zähelastischem Kunststoff, etwa Polyurethan, oder Gummiwerkstoffen gefertigt.

**[0031]** Die Profildichtung **3** weist hochdruckseitig (Hochdruckseite H, in der Figur rechts) eine radial äußere (statische) Dichtlippe **6** und eine kürzere radial innere (dynamische) Dichtlippe **7** auf. An der dem beweglichen Maschinenteil **1** zuweisenden Anlagefläche **8** der inneren Dichtlippe **7** sind bei der gezeigten Ausführungsform der Profildichtung **3** drei Dichtkanten **9**, **10**, **11** vorgesehen, die einen unterschiedlichen Abstand zu der Außenseite **20** des beweglichen Maschinenteils **1** aufweisen. Die erste Dichtkante **9** berührt im Einbauzustand das bewegliche Maschinenteil **1**, während die beiden weiteren Dichtkanten **10** und **11** je nach gewähltem Winkel unterschiedlich weit davon beabstandet sind.

**[0032]** Auf der gegenüberliegenden Seite der Profildichtung **3** berührt diese den Nutgrund **12** zumindest im Dichtkantenbereich **13** der statischen Dicht-

lippe **6**. Die Profildichtung trennt somit einen hochdruckseitigen Teil **14** der Nut **5** vom übrigen Teil der Nut **5** ab. Der hochdruckseitige Teil **14** ist mit einer Hydraulikflüssigkeit befüllt, welche durch einen Nutspalt **15** in den hochdruckseitigen Teil **14** der Nut **5** einströmen kann. Mit der Hydraulikflüssigkeit wird auf der Hochdruckseite H ein Druck, bspw. zwischen 0 und 400 bar, aufgebracht. Dieser Druck kann bspw. bei einem Plungerzylinder das bewegliche Maschinenteil **1** in Pfeilrichtung **16** verschieben. Bei anderen Zylinderkonstruktionen mit Zylinderkolben verfährt die Kolbenstange bei der vorgenannten Druckbeaufschlagung konstruktionsgemäß in die entgegengesetzte Richtung, oder wird als Dämpfungsdruck zur Geschwindigkeitsregulierung eingesetzt. Gleichzeitig liegt der Druck der Hydraulikflüssigkeit auch an den Außenkanten der Profildichtung **3** an, die dem hochdruckseitigen Teil **14** der Nut **5** zugewandt sind, wodurch die Profildichtung **3** verformt werden kann.

**[0033]** Niederdruckseitig (Niederdruckseite N, in der Figur links) bei Atmosphärendruck liegt die Profildichtung **3** mit einer Anlagefläche **17** an einem radial orientierten Bereich **18** – der druckabgewandten Nutflanke – der Nut **5** an, wobei nur ein mittlerer Teil des radial orientierten Bereichs **18** bedeckt wird. Niederdruckseitig sind das bewegliche Maschinenteil **1** und das ruhende Maschinenteil **2** durch einen Dichtspalt **19** voneinander beabstandet.

**[0034]** Wird aus dem gezeigten Ruhezustand die Maschine angefahren, indem das bewegliche Maschinenteil **1** in Pfeilrichtung **16** verfahren wird, ist im Wesentlichen die in diesem Moment wirkende Haftreibung zu überwinden. Diese Haftreibung ist, anders als bei den bekannten Dichtungsanordnungen, bei der erfindungsgemäßen Dichtungsanordnung deutlich geringer, da die Berührungsfläche zwischen der Profildichtung **3** und dem beweglichen Maschinenteil **1** deutlich kleiner ist als bei den bekannten Dichtungsanordnungen. Erfindungsgemäß berührt die Profildichtung **3** die Außenseite **20** des beweglichen Maschinenteils **1** nämlich nur im Bereich der hochdruckseitig vordersten Dichtkante **9**. Das eingangs geschilderte, bei bekannten Dichtungsanordnungen auftretende Problem des ruckartigen Anfahrens, insbesondere nach längerer Ruhezeit, tritt somit erfindungsgemäß nicht oder nur geringfügig auf.

**[0035]** Dies hängt auch damit zusammen, dass bei den bekannten Dichtungsanordnungen, bei denen auch bereits im Einbauzustand die dynamische Dichtlippe **7** (nahezu) vollflächig, zumindest jedoch großflächig, die Außenseite des beweglichen Maschinenteils **1** berührt bzw. durch einen Vorspanndruck dagegen gedrückt ist, nach längerer Ruhezeit kein oder kaum Schmierfilm mehr in dieser Berührungzone vorhanden ist. Ein solcher Schmierfilm ist dagegen bei der erfindungsgemäßen Dichtungsanord-

nung auch nach längerer Ruhezeit vorhanden, da aufgrund der Ausgestaltung der Profildichtung **3** das zwischen der Anlagefläche **8** der dynamischen Dichtlippe **7** und der Außenseite **20** des beweglichen Maschinenteils **1** vorhandene Schmiermittel nicht ausgepresst wird, da in drucklosem Zustand (Ruhezustand) die Berührungsfläche deutlich geringer ist und sich der Schmierfilm dort halten kann.

**[0036]** Mit zunehmendem Druck verformt sich die Profildichtung **3** und nimmt nacheinander die in den **Fig. 2** (bspw. bei 3 bar), **3** (bspw. bei 10 bar) und **4** (bspw. bei 150 bar) gezeigten Formen an. Wie in **Fig. 2** erkennbar ist, verformt sich die Profildichtung **3** so, dass bei ansteigendem Druck zusätzlich zu der hochdruckseitig vordersten Dichtkante **9** nun auch die dahinterliegende zweite Dichtkante **10** an der Außenseite **20** des beweglichen Maschinenteils **1** anliegt. Zwischen den Dichtkanten **9** und **10** bildet sich dann auch eine Schmierfilmtasche **22**. Bei noch weiter ansteigendem Druck (**Fig. 3**) verformt sich die Profildichtung **3** so weiter, dass dann auch die dritte Dichtkante **11** an der Außenseite des beweglichen Maschinenteils **1** anliegt. Bei noch weiter ansteigendem Druck verformt sich die Profildichtung **3** noch weiter, so dass er die in **Fig. 4** gezeigte Form und Lage einnimmt und nahezu vollflächig an der Außenseite **20** des beweglichen Maschinenteils **1** anliegt.

**[0037]** Somit steigt also mit zunehmendem Druck die Dichtungswirkung der Profildichtung **3** dynamisch an, da die Schleppleakage durch die Anlage der weiteren Dichtkanten abnimmt. Dadurch erhöht sich auch zwangsläufig die im Betrieb der Maschine hauptsächlich zwischen Profildichtung **3** und beweglichem Maschinenteil **1** wirkende Gleitreibung. Während jedoch bei den bekannten Dichtungsanordnungen die Gleitreibung auch schon bei geringem Druck verhältnismäßig groß ist (da die Berührungsfläche zwischen Profildichtung **3** und beweglichem Maschinenteil **1** auch bei geringem Druck zumeist größer ist, und auch die Vorspannung etwas stärker ausgelegt wurde), wirkt bei der erfindungsgemäßen Dichtungsanordnung bei geringem Druck nur eine geringe Gleitreibung aufgrund geringerer Berührungsfläche und steigt erst mit zunehmendem Druck – quasi mit zunehmendem Bedarf an Dichtungswirkung – weiter an.

**[0038]** Insgesamt weist somit die erfindungsgemäße Dichtungsanordnung eine höhere Energieeffizienz aufgrund der Ausgestaltung der Profildichtung mit druckaktivierten, kaskadierten dynamischen Dichtkanten auf, die – verglichen mit bekannten Dichtungsanordnungen mit vergleichbaren Dichtungen, insbesondere Nutringen – eine verminderte Haft- und Gleitreibung aufweist.

**[0039]** **Fig. 5** zeigt eine perspektivische Darstellung durch einen Querschnitt einer ersten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Profildichtung **3**, die

in dieser Ausführungsform als Nutring (oder Lippenring) ausgebildet ist. Durch die gestrichelte Linie **20** ist die Außenseite des ersten Maschinenteils **1** angedeutet. Deutlich erkennbar sind die kaskadiert angeordneten Dichtkanten **9**, **10**, **11**. Diese Dichtkanten verlaufen jeweils unter bestimmten Winkeln auf der Hochdruckseite und der Niederdruckseite gegenüber der Außenseite **20** des beweglichen Maschinenteils **1** und sind selbst unter einem bestimmten Winkel gebildet. Diese Winkel sind für die erste Dichtkante **9** eingezeichnet und mit  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $\gamma$  bezeichnet. Der hochdruckseitige Winkel  $\alpha$  liegt vorzugsweise im Bereich zwischen  $15^\circ$  und  $90^\circ$ , insbesondere zwischen  $30^\circ$  und  $75^\circ$  (im gezeigten Ausführungsbeispiel etwa bei  $35^\circ$ ). Der niederdruckseitige Winkel  $\gamma$  liegt vorzugsweise im Bereich zwischen  $5^\circ$  und  $45^\circ$ , insbesondere zwischen  $15^\circ$  und  $40^\circ$  (im gezeigten Ausführungsbeispiel etwa bei  $25^\circ$ ), und der Dichtkantenwinkel  $\beta$  ( $= 180^\circ - \alpha - \gamma$ ) liegt vorzugsweise im Bereich zwischen  $45^\circ$  und  $160^\circ$ , insbesondere zwischen  $75^\circ$  und  $130^\circ$  (im gezeigten Ausführungsbeispiel etwa bei  $120^\circ$ ).

**[0040]** Diese Winkelbereiche gelten grundsätzlich auch für die Winkel an den anderen Dichtkanten **10**, **11** (bzw. weiteren Dichtkanten bei mehr als drei Dichtkanten). Grundsätzlich können diese Winkel bei allen drei Dichtkanten jeweils dieselben Größen aufweisen, im Allgemeinen werden die Winkel jedoch für jede Dichtkante gesondert bestimmt. Die konkrete Größe der einzelnen Winkel bestimmt sich nach unterschiedlichen Faktoren, insbesondere den auftretenden Drücken, dem Einsatzzweck, der Anzahl der Dichtkanten, der Dimensionierung weiterer Teile der Dichtungsanordnung und dergleichen. Insbesondere hat die Größe der einzelnen Winkel auch einen Einfluss auf die Bildung der Schmierfilmdepots, die sich bei ansteigendem Druck zwischen zwei jeweils benachbarten Dichtkanten, die dann an die Außenseite **20** des beweglichen Maschinenteils **1** anliegen, bilden, d. h. diese Winkel beeinflussen auch das Einschlepp- und Ausschleppverhalten des Schmiermittels (Rückförderverhalten über die im Dichtelement entstehende radiale Spannungsverteilung).

**[0041]** Wie sich aus **Fig. 5** entnehmen lässt, liegen die Dichtkanten **9**, **10**, **11** im drucklosen Zustand in etwa auf einer schräg unter einem Winkel  $\delta$  (zwischen  $5^\circ$  und  $60^\circ$ , vorzugsweise  $5^\circ$  und  $30^\circ$ ) zur Außenseite **20** des ersten Maschinenteils **1** verlaufenden Dichtkantenlinie **21**, so dass der Abstand der einzelnen Dichtkanten **9**, **10**, **11** zur Außenseite **20** weitestgehend linear zunimmt. Dies ist jedoch nicht zwingend erforderlich.

**[0042]** **Fig. 6** zeigt mehrere Reibkraftvergleichsdiagramme, die die auftretende Reibkraft  $F_r$  über der Bewegungsgeschwindigkeit  $v$  des ersten Maschinenteils **1** bei unterschiedlichen Temperaturen und Drücken zeigt. Verglichen werden darin zwei Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Profildichtung

mit zwei vergleichbaren Dichtungen. Die Reibkraftkurven für die beiden erfindungsgemäßen Ausführungsformen sind mit A und B bezeichnet, die Reibkraftkurven für Vergleichsdichtungen sind mit C und D bezeichnet. Die Vergleichdichtung D entspricht einem derzeit üblichen Standard-Nutring. Wie sich leicht erkennen lässt, schneiden die erfindungsgemäßen Ausführungsformen, teilweise mit deutlichem Abstand, in diesem Vergleich am besten ab.

**[0043]** Fig. 7 zeigt eine perspektivische Darstellung durch einen Querschnitt einer weiteren Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Profildichtung **3'**, die in dieser Ausführungsform als Kompaktdichtung ausgebildet ist. Auch bei dieser Ausführungsform sind ein eine statische Dichtlippe **6** und eine dynamische Dichtlippe **7** vorgesehen. Dazwischen liegt bei dieser Kompaktdichtung **3'** eine mittlere Dichtlippe **23**. Der grundsätzliche Aufbau einer solchen Kompaktdichtung ist dem Fachmann bekannt, so dass hier nicht weiter darauf eingegangen wird. Die dem beweglichen Maschinenteil zugewandte Anlagefläche **8** dagegen ist, wie bei der in Fig. 5 gezeigten Ausführungsform der Profildichtung **3**, mit drei kaskadierten Dichtkanten **9, 10, 11** versehen, für deren Aufbau, Anordnung und Funktionsweise das oben in Bezug auf die in den Fig. 1 bis Fig. 5 gezeigte Ausführungsform Gesagte entsprechend gilt.

**[0044]** Es versteht sich, dass die Erfindung nicht auf die gezeigten Ausführungsformen beschränkt ist. Zahlreiche Varianten sind denkbar, insbesondere in Bezug auf die Anzahl, Anordnung und Ausgestaltung der Dichtlippen und Dichtkanten.

### Patentansprüche

1. Dichtungsanordnung mit einem ruhenden Maschinenteil (**2**), einem beweglichen Maschinenteil (**1**) und einer Profildichtung (**3, 3'**), die als Berührungsdichtung zwischen dem ruhenden Maschinenteil (**2**) und dem beweglichen Maschinenteil (**1**) in einem in dem ruhenden Maschinenteil (**2**) vorgesehenen Einbauraum (**5**) angeordnet ist, wobei die Profildichtung (**3, 3'**) hochdruckseitig eine statische Dichtlippe (**6**) und eine dynamische Dichtlippe (**7**) aufweist, wobei die dem beweglichen Maschinenteil (**1**) zugewandte Anlagefläche (**8**) der dynamischen Dichtlippe (**7**) mindestens drei Dichtkanten (**9, 10, 11**) aufweist, wobei in drucklosem Zustand mindestens die hochdruckseitig vorderste Dichtkante (**9**), aber nicht alle Dichtkanten mit dem beweglichen Maschinenteil (**1**) in Berührung stehen und die weiteren Dichtkanten (**10, 11**) mit zunehmendem Abstand von der Hochdruckseite (H) einen zunehmenden Abstand von dem beweglichen Maschinenteil (**1**) aufweisen, und wobei mit zunehmendem Druck die weiteren Dichtkanten (**10, 11**) nacheinander mit dem beweglichen Maschinenteil (**1**) in Berührung kommen.

2. Dichtungsanordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass an der dynamischen Dichtlippe (**7**) genau drei Dichtkanten (**9, 10, 11**) angeordnet sind.

3. Dichtungsanordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Dichtkanten (**9, 10, 11**) in drucklosem Zustand im Wesentlichen entlang einer schräg zur Außenseite des beweglichen Maschinenteils (**1**) verlaufenden Dichtkantenlinie (**21**) angeordnet sind.

4. Dichtungsanordnung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass in drucklosem Zustand der Winkel ( $\delta$ ) zwischen der Dichtkantenlinie (**21**) und der ihr zugewandten Außenseite (**20**) des beweglichen Maschinenteils (**1**) im Bereich zwischen  $5^\circ$  und  $60^\circ$  vorzugsweise im Bereich zwischen  $5^\circ$  und  $30^\circ$ , liegt.

5. Dichtungsanordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Dichtkanten (**9, 10, 11**) derart ausgebildet sind, dass zwischen zwei benachbarten, bei zunehmendem Druck an das bewegliche Maschinenteil (**1**) anliegenden Dichtkanten (**9, 10**) eine Schmierfilmta-sche (**22**) gebildet ist.

6. Dichtungsanordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Dichtkanten (**9, 10, 11**) in drucklosem Zustand einen Dichtkantenwinkel ( $\beta$ ) im Bereich zwischen  $45^\circ$  und  $160^\circ$ , insbesondere zwischen  $75^\circ$  und  $130^\circ$ , bilden.

7. Dichtungsanordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Dichtkanten (**9, 10, 11**) hochdruckseitig unter einem ersten Winkel ( $\alpha$ ) im Bereich zwischen  $15^\circ$  und  $90^\circ$ , insbesondere zwischen  $30^\circ$  und  $75^\circ$ , zu der zugewandten Außenseite (**20**) des beweglichen Maschinenteils verlaufen.

8. Dichtungsanordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Dichtkanten (**9, 10, 11**) niederdruckseitig unter einem zweiten Winkel ( $\gamma$ ) im Bereich zwischen  $5^\circ$  und  $45^\circ$ , insbesondere zwischen  $15^\circ$  und  $40^\circ$ , zu der zugewandten Außenseite (**20**) des beweglichen Maschinenteils (**1**) verlaufen.

9. Profildichtung (**3, 3'**) für eine Dichtungsanordnung nach Anspruch 1, die als Berührungsdichtung zwischen dem ruhenden Maschinenteil (**2**) und dem beweglichen Maschinenteil (**1**) in einem in dem ruhenden Maschinenteil (**2**) vorgesehenen Einbauraum (**5**) anzuordnen ist, wobei die Profildichtung (**3, 3'**) hochdruckseitig eine statische und eine dynamische Dichtlippe aufweist, wobei die dem beweglichen Maschinenteil (**1**) zugewandte Anlagefläche (**8**) der dynamischen Dichtlippe (**7**) mindestens drei Dichtkanten (**9, 10, 11**) aufweist,

wobei in drucklosem Zustand mindestens die hochdruckseitig vorderste Dichtkante (**9**), aber nicht alle Dichtkanten mit dem beweglichen Maschinenteil (**1**) in Berührung stehen und die weiteren Dichtkanten (**10**, **11**) mit zunehmendem Abstand von der Hochdruckseite (H) einen zunehmenden Abstand von dem beweglichen Maschinenteil (**1**) aufweisen, und wobei mit zunehmendem Druck die weiteren Dichtkanten (**10**, **11**) nacheinander mit dem beweglichen Maschinenteil (**1**) in Berührung kommen.

10. Profildichtung (**3**, **3'**) nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Profildichtung als Nutring oder Kompaktdichtung ausgestaltet ist.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

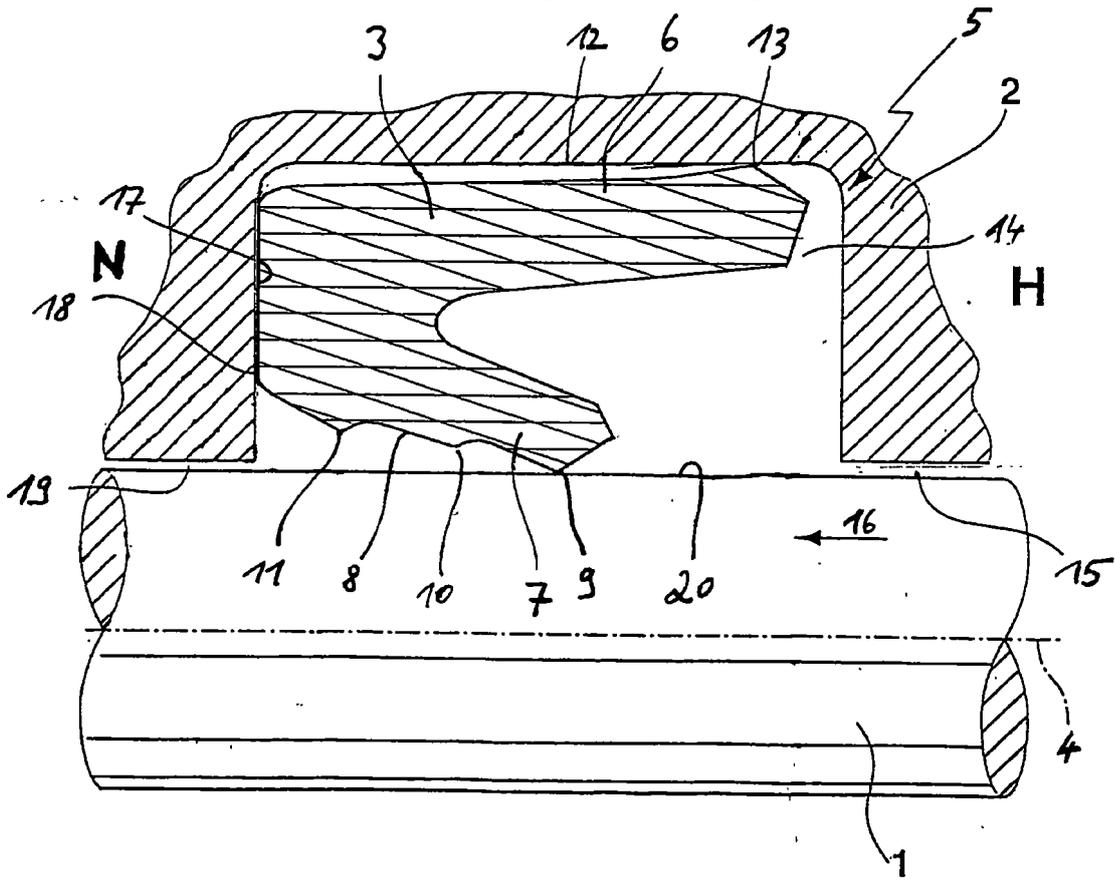


Fig. 7

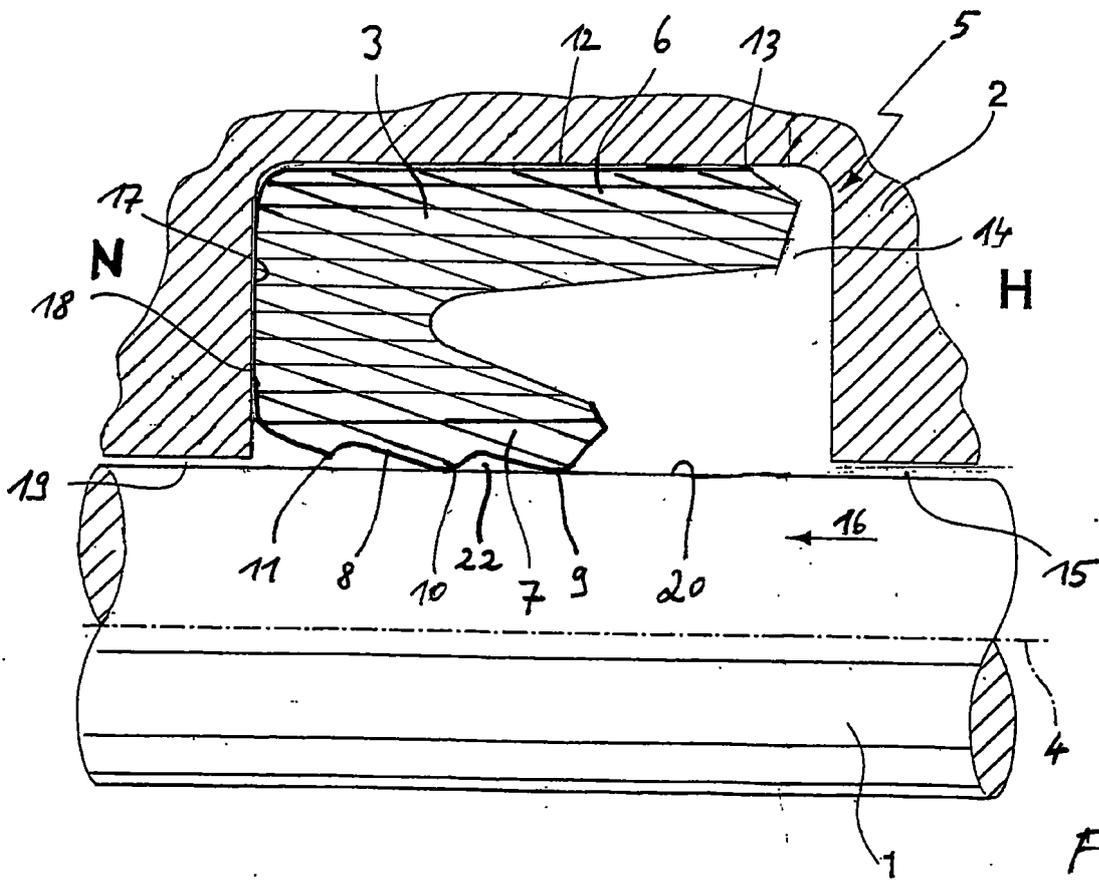


Fig. 2

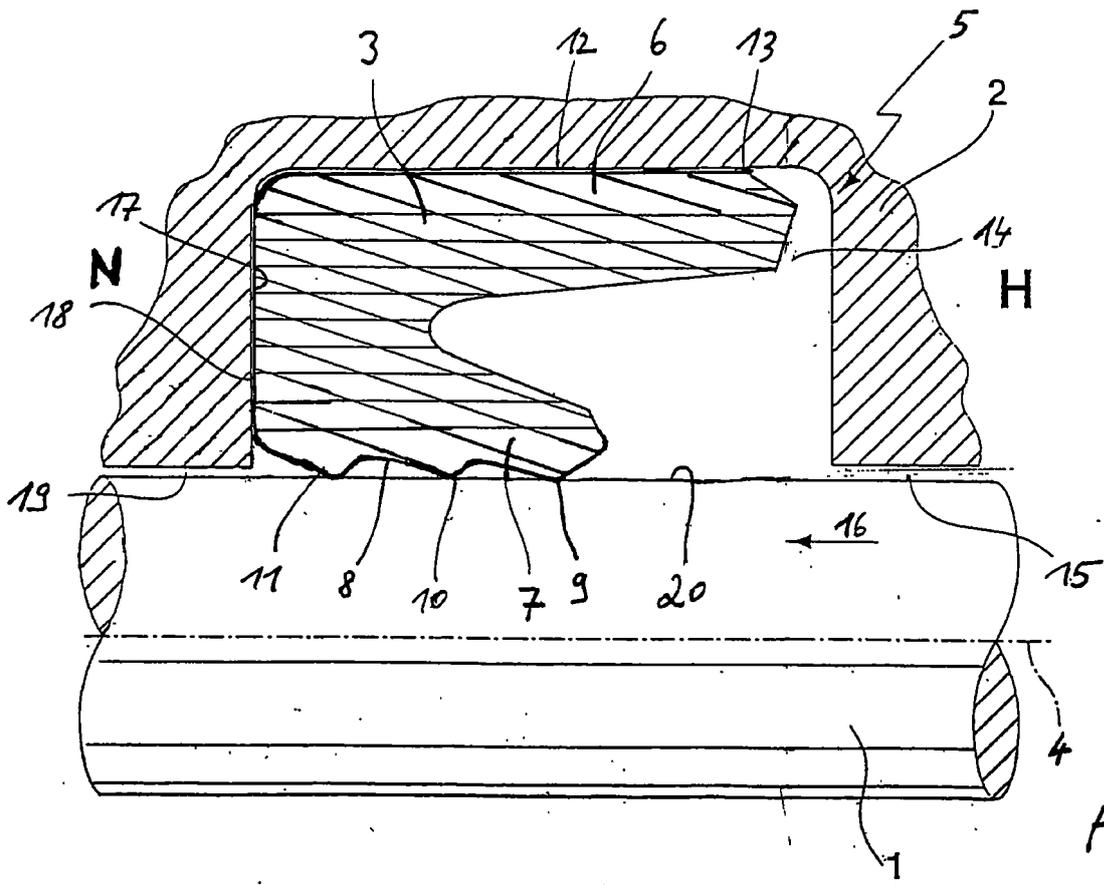


Fig. 3

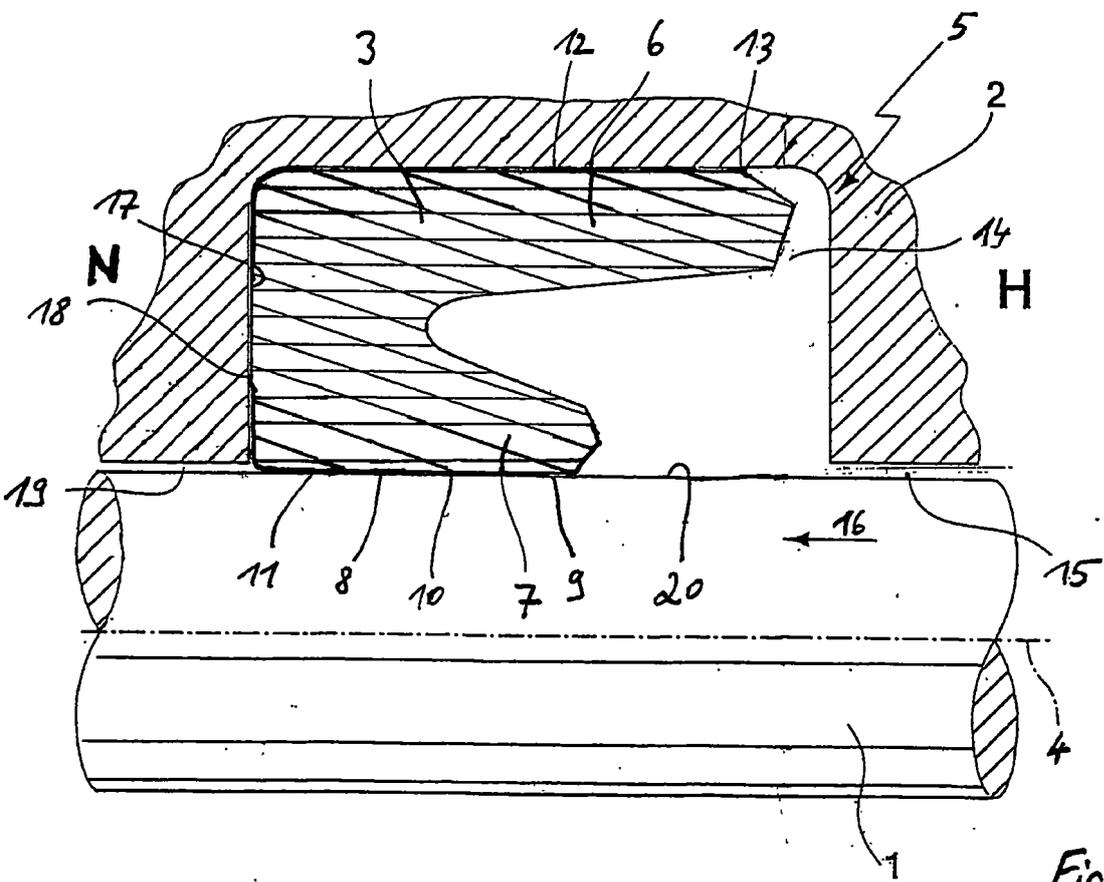
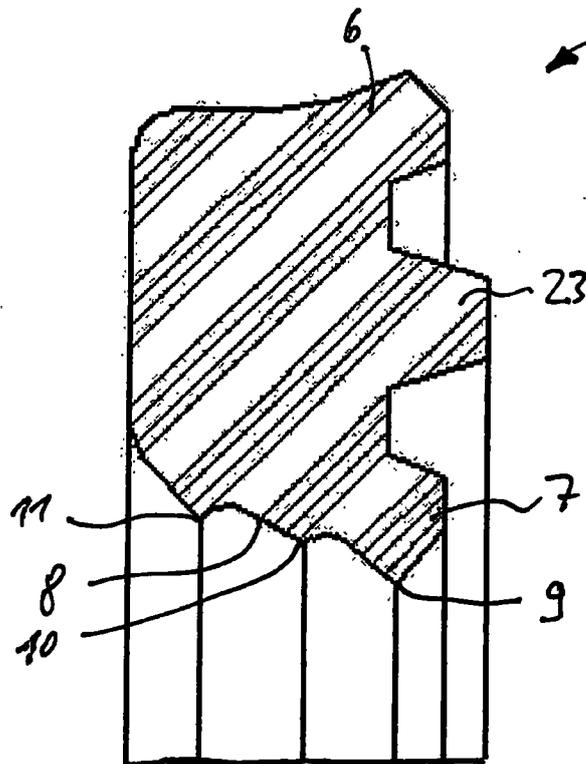
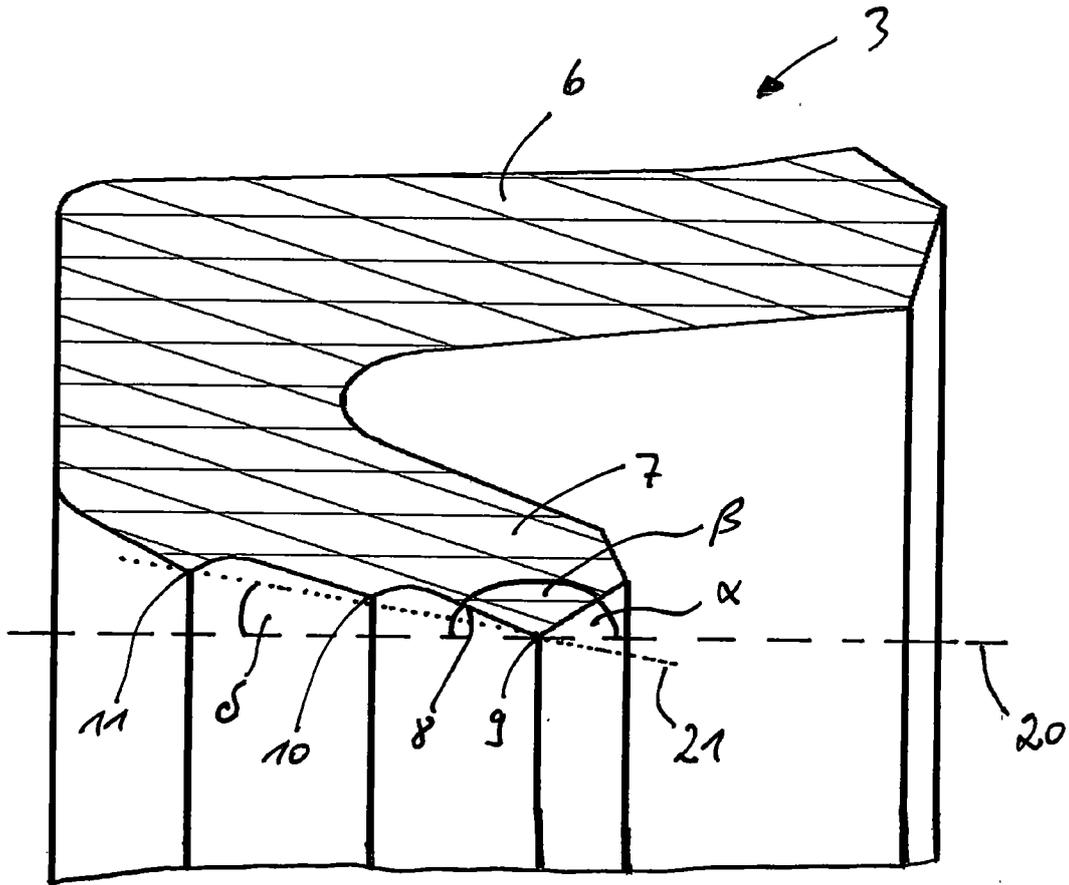


Fig. 4



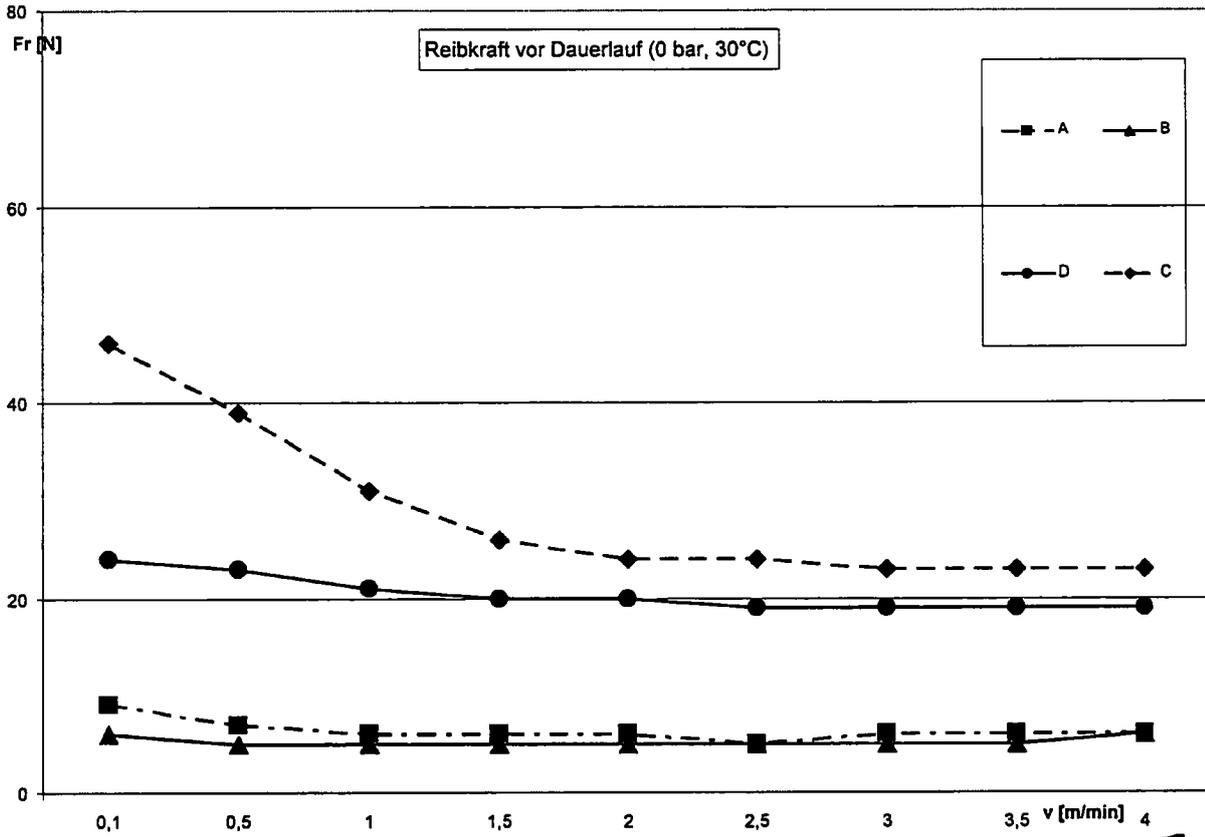


Fig.6A

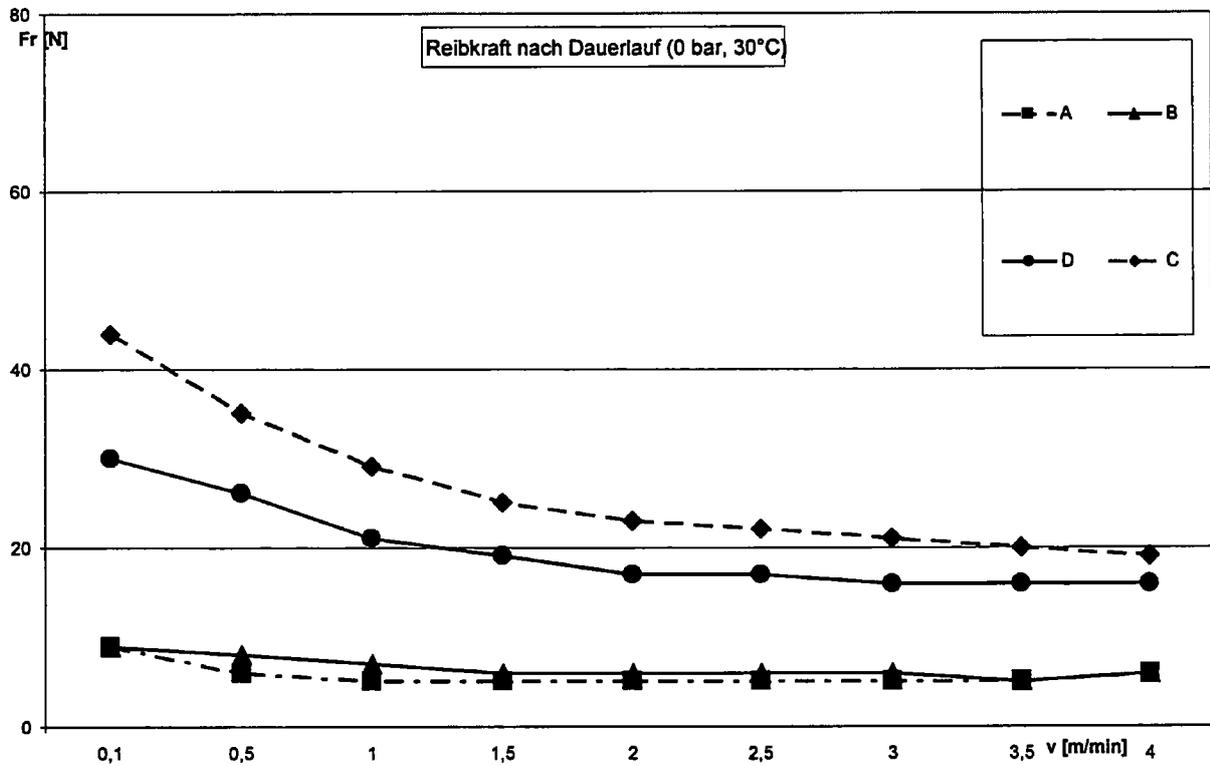


Fig.6B

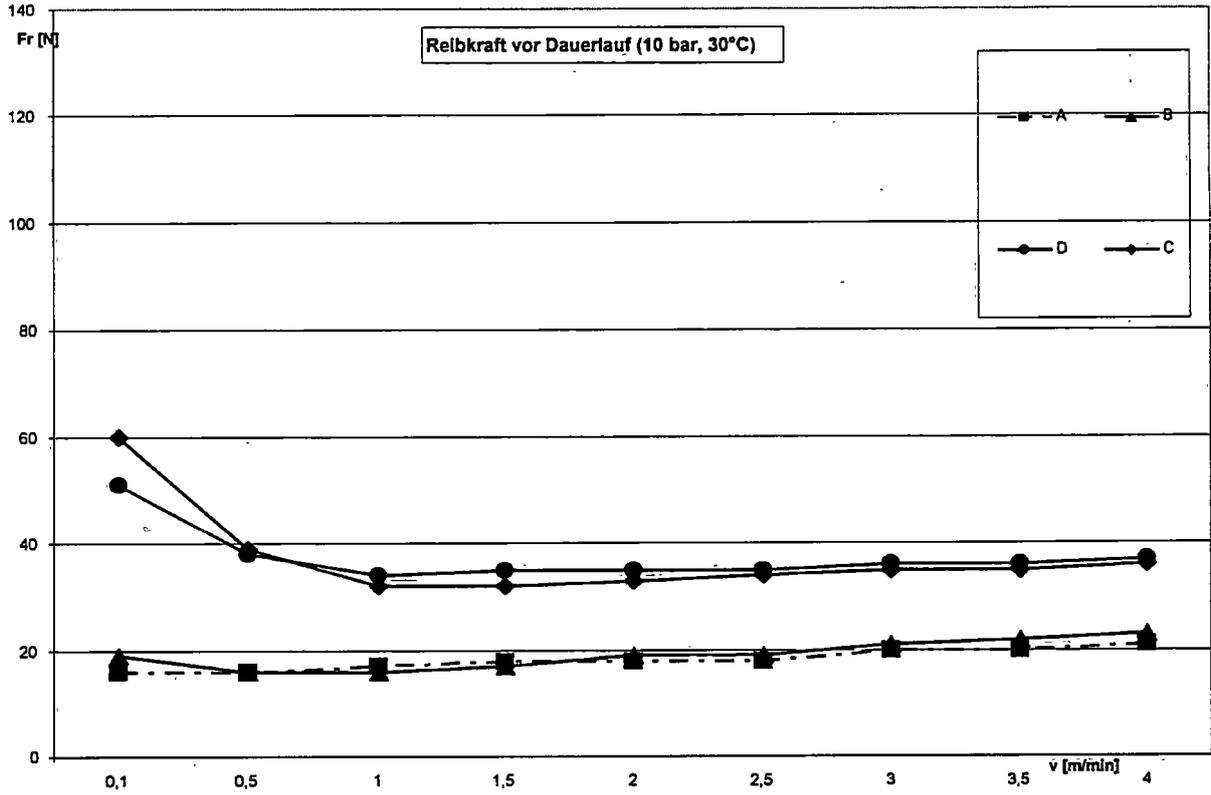


Fig.6C

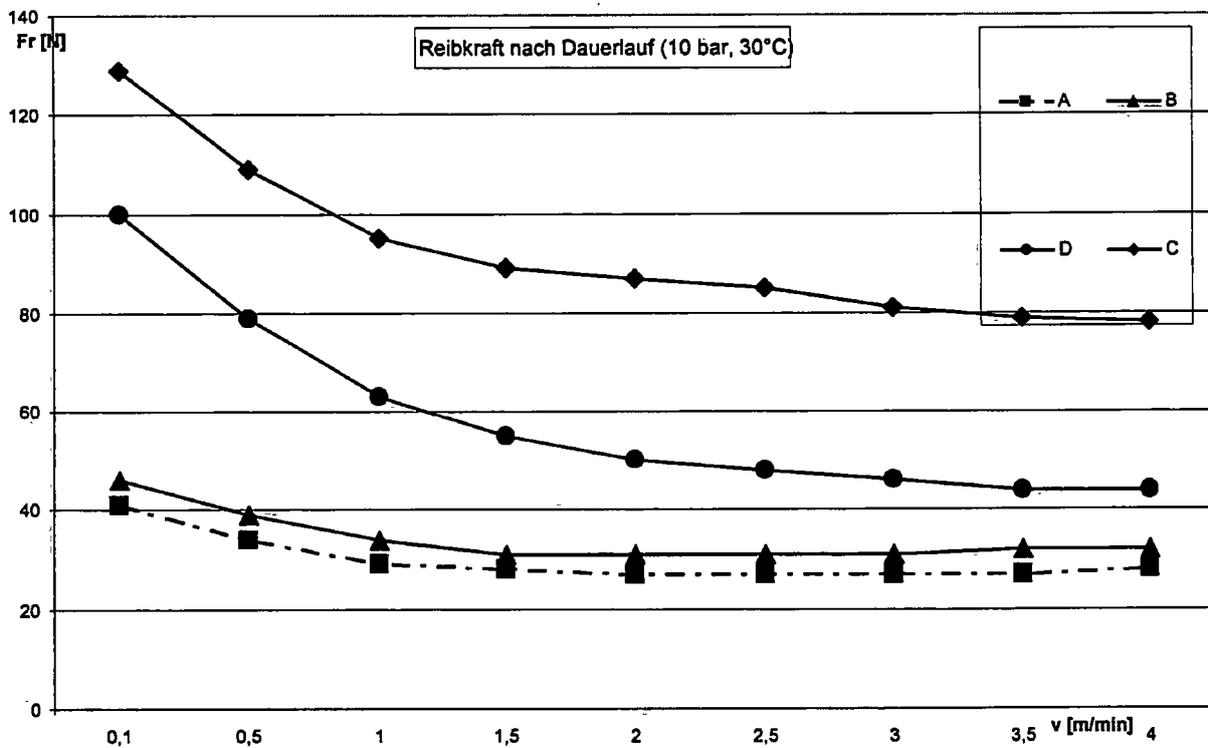


Fig.6D

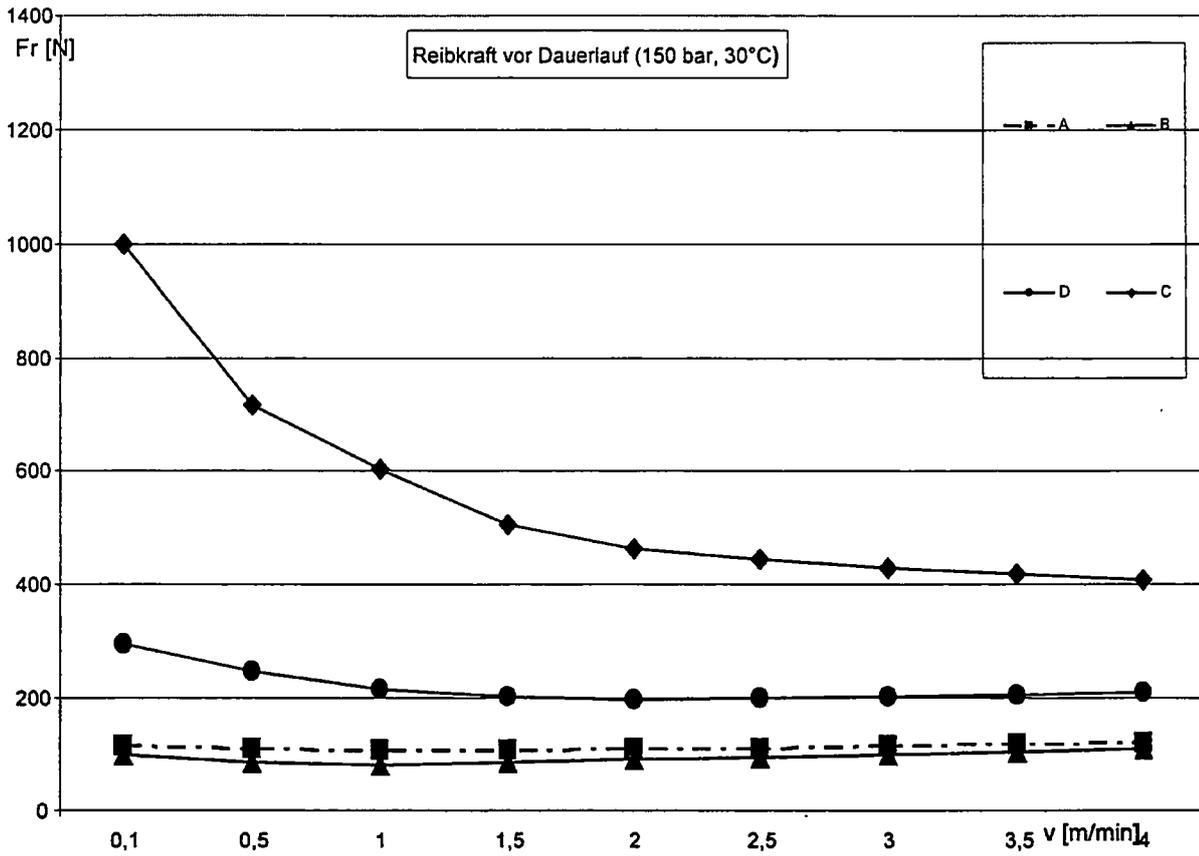


Fig.6E

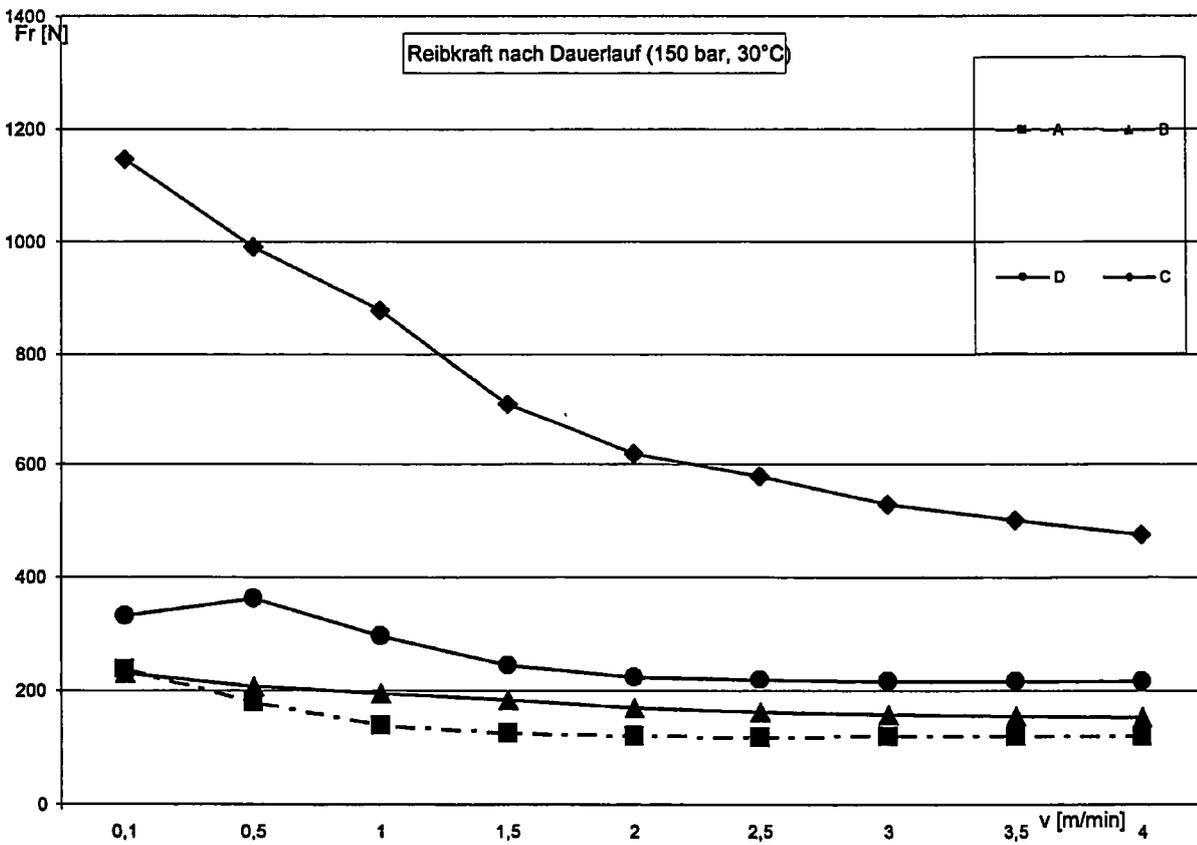


Fig.6F