

5

Dichtungsanordnung für eine Hochdruckpumpe sowie Hochdruckpumpe mit einer solchen

Die Erfindung betrifft eine Dichtungsanordnung zum Abdichten eines Druckraums in einer Hochdruckpumpe sowie eine Hochdruckpumpe mit einer solchen Dichtungsanordnung.

Der Druckraum in einer Pumpe, in welchen sich das unter Druck befindliche, von der Pumpe zu fördernde Fluid befindet, muss gegenüber seiner Umgebung abgedichtet werden. Dabei kann die Umgebung des Druckraums die üblicherweise unter Atmosphärendruck stehende Umgebung der Pumpe sein oder –beispielsweise im Falle einer mehrstufigen Pumpe – ein anderer Druckraum der Pumpe, in welchem das zu fördernde Fluid unter einem höheren oder niedrigerem Druck steht.

Je grösser der von der Pumpe generierte Druck ist, umso schwieriger wird es, effiziente und zuverlässige Dichtungsanordnungen bereitzustellen. Bei hohen Drucken von beispielsweise bis zu 1000 bar Förderdruck kommt es häufig zu druckbedingten Dehnungen oder Verformungen des Pumpengehäuses oder anderer Bauteile. Diese können zur Folge haben, dass sich zwischen Bauteilen, welche den gleichen Druckraum begrenzen, beispielsweise zwischen Pumpengehäuse und Pumpendeckel, Spalte öffnen. Solche Spalte, die übrigens auch aufgrund unterschiedlicher thermischer Dehnungen der Bauteile auftreten können, müssen dann zuverlässig abgedichtet werden, um eine Leckage des Fluids durch die Spalte zu vermeiden.

- Das druckinduzierte Öffnen solcher Spalte lässt sich beispielsweise vermeiden oder zumindest auf ein unkritisches Mass begrenzen, indem die Bauteile, zwischen denen der Spalt entsteht, so steif – und das bedeutet in der Regel so dickwandig – ausgestaltet werden, dass auch bei sehr hohen
- 5 Drucken nur so kleine Spalte entstehen, dass die Funktionstüchtigkeit der Dichtungsanordnung nicht gefährdet ist. Dies hat aber den Nachteil, dass für die dickwandige Ausgestaltung deutlich mehr Material benötigt wird und dass die Pumpe erheblich mehr Masse hat. Beides sind unter wirtschaftlichen Aspekten eher nachteilige Folgen.
- 10 Daher ist man bemüht, Dichtungsanordnungen zu schaffen, die auch bei sehr hohen Drucken zuverlässig und effizient dichten. Bei vielen Dichtungsanordnungen ist ein O-Ring vorgesehen, der typischerweise in eine Nut einer Dichtfläche eingelegt wird. In der internationalen (PCT) Patentanmeldung PCT/EP2012/071654 wird beispielsweise eine
- 15 Dichtungsanordnung vorgeschlagen, bei welcher in einem der Bauteile, zwischen denen die Abdichtung erfolgen soll, eine nutförmige Ausnehmung vorgesehen ist, die so ausgerichtet ist, dass bei einer Druckbeaufschlagung der Nut eine Kraft in Richtung auf die Dichtfläche dieses Bauteils ausgeübt wird, welche diese Dichtfläche gegen die Dichtfläche ihres benachbarten
- 20 Bauteils presst. Dabei kann die Druckbeaufschlagung der Nut eine elastische oder plastische Verformung ihrer Wandung bewirken, um so das druckinduzierte Öffnen von Spalten zwischen den Bauteilen zu vermeiden oder zu verringern. In einer der beiden sich kontaktierenden Dichtflächen ist ein aus einem Elastomer bestehender O-Ring vorgesehen, der in einer in
- 25 dieser Dichtfläche vorgesehenen Nut angeordnet ist. Dieser O-Ring dient einer zuverlässigen Abdichtung zwischen den beiden sich kontaktierenden Dichtflächen.
- Speziell bei Dichtungsanordnungen mit O-Ringen besteht die Gefahr der Extrusion des O-Rings. Damit ist gemeint, dass der O-Ring unter
- 30 Druckbeaufschlagung derart verformt wird, dass ein Teil von ihm in einen sich unter Druck öffnende Spalt gepresst wird, was eine Schädigung des O-Rings und damit ein Verlust der Dichtwirkung zur Folge haben kann.

Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es daher eine Aufgabe der Erfindung, eine Dichtungsanordnung zum Abdichten eines Druckraums in einer Hochdruckpumpe vorzuschlagen, die auch bei sehr hohen Drucken noch zuverlässig arbeitet und bei der insbesondere eine Extrusion eines Dichtungsringes, speziell eines O-Rings, in einen sich unter Druck öffnenden Spalt verhindert wird. Des Weiteren ist es eine Aufgabe der Erfindung, eine Hochdruckpumpe mit einer solchen Dichtungsanordnung vorzuschlagen.

Die diese Aufgabe lösenden Gegenstände der Erfindung sind durch die Merkmale der unabhängigen Patentansprüche der jeweiligen Kategorie gekennzeichnet.

Erfindungsgemäss wird also eine Dichtungsanordnung vorgeschlagen zum Abdichten eines Druckraums in einer Hochdruckpumpe, welcher durch ein erstes und ein zweites Begrenzungselement begrenzt wird, mit einem separaten Dichtungselement, das eine erste Dichtfläche zum Zusammenwirken mit dem ersten Begrenzungselement sowie eine zweite Dichtfläche zum Zusammenwirken mit dem zweiten Begrenzungselement aufweist, wobei die beiden Dichtflächen gegeneinander geneigt sind und jeweils eine Nut zur Aufnahme eines Dichtungsringes aufweisen, und wobei das Dichtungselement so angeordnet und ausgestaltet ist, dass es bei Druckbeaufschlagung gesamthaft entlang einer der Begrenzungselemente verschiebbar ist.

Bei dieser Dichtungsanordnung kann sich folglich das gesamte Dichtungselement bei Druckbeaufschlagung entlang einer der Begrenzungselemente verschieben. Hierdurch wird bewirkt, dass ein sich unter Druck öffnender Spalt zwischen den beiden Begrenzungselementen durch die Verschiebung des Dichtungselements von dem Dichtungselement zuverlässig abgedeckt wird, sodass eine Extrusion eines Dichtungsringes in den sich öffnenden Spalt vermieden wird. Dies gewährleistet eine effiziente Dichtwirkung auch bei sehr hohen Drucken von beispielsweise bis zu 1000 bar.

Das Vorsehen eines separaten Dichtungselements mit den Nuten zur Aufnahme von Dichtungsringen hat zudem den Vorteil, dass für dieses

- Dichtungselement ein unterschiedlicher Werkstoff gewählt werden kann als beispielsweise der Werkstoff, aus dem die Begrenzungselemente gefertigt werden. Daher kann für das Dichtungselement ein Werkstoff gewählt werden, dessen mechanischen Eigenschaften, wie z. B. die elastischen
- 5 Eigenschaften, unter der Druckbelastung möglichst optimal sind.

Vorzugsweise schliessen die beiden Dichtflächen des Dichtungselements einen Winkel von im Wesentlichen 90° ein. Diese Massnahme ist insbesondere für die Verschiebbarkeit des Dichtungselements unter Druckbelastung vorteilhaft.

- 10 Eine vorteilhafte Massnahme ist es, wenn ein Stützring zum Positionieren des Dichtungselements insbesondere im drucklosen Zustand vorgesehen ist. Dadurch lässt es sich realisieren, dass das Dichtungselement eine definierte Ausgangsposition bzw. Ausgangslage hat, sodass es bei Druckbelastung in der gewünschten Weise reagiert.
- 15 In einer bevorzugten Ausgestaltung liegt der Stützring im drucklosen Zustand an einer Stützfläche des Dichtungselements an, wobei die Stützfläche verschieden ist von den beiden Dichtflächen des Dichtungselements. Hierdurch ist es gewährleistet, dass sich das Dichtungselement bei Druckbeaufschlagung ohne Behinderung durch den Stützring verschieben
- 20 kann.

- Gemäss einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel, das sich in der Praxis bewährt hat, weist das Dichtungselement einen im Wesentlichen L-förmigen Querschnitt auf mit einem langen Schenkel, welcher die erste Dichtfläche bildet, und mit einem kurzen Schenkel, welcher die zweite
- 25 Dichtfläche bildet.

- Vorzugsweise ist das Dichtungselement entlang des zweiten Begrenzungselements verschiebbar angeordnet. Dies ist insbesondere bei der Ausgestaltung mit dem im Wesentlichen L-förmigen Querschnitt bevorzugt. Die durch den langen Schenkel gebildete druckbeaufschlagte
- 30 Fläche des Dichtungselements ist grösser als die durch den kurzen Schenkel gebildete druckbeaufschlagte Fläche. Daraus resultiert durch den Druck eine

grössere Kraft auf die durch den langen Schenkel gebildete erstgenannte Fläche, sodass das Dichtungselement durch diese grössere Kraft zuverlässig entlang des zweiten Begrenzungselements verschoben wird, das mit der durch den kürzeren Schenkel gebildeten Dichtfläche zusammenwirkt.

- 5 Besonders bevorzugt ist es, wenn das Dichtungselement entlang des ersten und des zweiten Begrenzungselements verschiebbar angeordnet ist, denn dadurch kann das Dichtungselement druckinduzierten Verschiebungen oder Wölbungen sowohl des ersten als auch des zweiten Begrenzungselements folgen. Hiermit ist in einer Hochdruckpumpe eine zuverlässige Abdichtung
10 sowohl in radialer Richtung als auch in axialer Richtung realisierbar.

- Eine weitere vorteilhafte Massnahme besteht darin, dass die erste Dichtfläche zwischen der in ihr vorgesehenen Nut und ihrem der zweiten Dichtfläche zugewandten Ende konisch ausgestaltet ist. Damit ist gemeint, dass die erste Dichtfläche von der in ihr vorgesehenen Nut beginnend in Richtung auf die
15 Kontaktlinie zwischen den beiden Dichtflächen abgeschrägt ausgestaltet ist. Dies hat zur Folge, dass die erste Dichtfläche sich von der Nut in Richtung der Kontaktlinie immer weiter von dem ersten Begrenzungselement entfernt. Durch diese Massnahme ist sichergestellt, dass diejenige Kante, welche die Nut in der ersten Dichtfläche begrenzt und näher an der Kontaktlinie liegt, bei
20 einer Druckbeaufschlagung als erstes in Kontakt mit dem ersten Begrenzungselement kommt und dass an dieser Kante bzw. im Bereich dieser Kante die höchste Flächenpressung auftritt. Diese Massnahme stellt eine zusätzliche Sicherheit dar, dass ein in die Nut eingelegter Dichtungsring, z. B. ein O-Ring, bei Druckbeaufschlagung eine Extrusion erfährt.

- 25 Aus dem gleichen Grunde ist es vorteilhaft, wenn die zweite Dichtfläche zwischen der in ihr vorgesehenen Nut und ihrem der ersten Dichtfläche zugewandten Ende konisch ausgestaltet ist.

In der Praxis hat es sich dabei bewährt wenn der Winkel des Konus jeweils höchstens 2°, vorzugsweise höchstens 1° beträgt.

- 30 Gemäss einem bevorzugten Ausführungsbeispiel ist die Dichtungsanordnung als radiale Dichtungsanordnung ausgestaltet.

Durch die Erfindung wird ferner eine Hochdruckpumpe vorgeschlagen mit einer erfindungsgemässen Dichtungsanordnung. Durch diese Dichtungsanordnung kann die Hochdruckpumpe auch bei sehr hohen Drucken von beispielsweise bis zu 1000 bar sicher und zuverlässig betrieben werden.

Bei einer bevorzugten Ausgestaltung ist die Hochdruckpumpe mit einem Pumpendeckel und einem Pumpengehäuse versehen, wobei die Dichtungsanordnung zum Abdichten zwischen dem Pumpendeckel und dem Pumpengehäuse vorgesehen ist.

10 Gemäss einer bevorzugten Anwendung ist die Hochdruckpumpe als mehrstufige Pumpe ausgestaltet.

In einer bevorzugten Ausgestaltung der Hochdruckpumpe ist die Dichtungsanordnung zum Abdichten zwischen einem Druckraum und einem Zwischendruckraum vorgesehen.

15 Eine weitere bevorzugte Ausgestaltung der Hochdruckpumpe ist es, wenn die Dichtungsanordnung zum Abdichten zwischen einem Trennelement und dem Pumpengehäuse oder zwischen dem Pumpendeckel und dem Pumpengehäuse vorgesehen ist.

Weitere vorteilhafte Massnahmen und Ausgestaltungen der Erfindung
20 ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen und anhand der Zeichnung näher erläutert. In der schematischen Zeichnung zeigen, teilweise im Schnitt:

25 Fig. 1: eine Schnittdarstellung eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemässen Dichtungsanordnung,

Fig. 2: eine schematische Darstellung einer ersten Variante für die Anordnung des Dichtungselements,

Fig. 3: eine schematische Darstellung einer zweiten Variante für die Anordnung des Dichtungselements,

Fig. 4: eine schematische Darstellung einer dritten Variante für die Anordnung von Dichtungselementen,

5 Fig. 5: eine schematische Darstellung einer vierten Variante für die Anordnung von Dichtungselementen, und

Fig.6: eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemässen Hochdruckpumpe.

10 Fig. 1 zeigt in einer schematischen Schnittdarstellung ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemässen Dichtungsanordnung, die gesamthaft mit dem Bezugszeichen 1 bezeichnet ist und zum Abdichten eines Druckraums 2 in einer Hochdruckpumpe 100 (siehe Fig. 6) dient. Der Druckraum 2 wird durch ein erstes Begrenzungselement 3 und ein zweites Begrenzungselement 4 begrenzt. Die Dichtungsanordnung 1 umfasst ferner ein separates
15 Dichtungselement 5, das eine erste Dichtfläche 51 zum Zusammenwirken mit dem ersten Begrenzungselement 3 sowie eine zweite Dichtfläche 52 zum Zusammenwirken mit dem zweiten Begrenzungselement 4 aufweist. Mit dem Begriff „separates Dichtungselement“ ist dabei gemeint, dass das Dichtungselement 5 nicht integraler Bestandteil beispielsweise einer der
20 Begrenzungselemente 3, 4 ist, sondern als eigenes Bauteil ausgestaltet ist.

Wie deutlich zu erkennen ist, zeigt die Darstellung in Fig. 1 nur einen Teil der Dichtungsanordnung 1, nämlich beispielsweise die obere Hälfte. In einer Hochdruckpumpe 100 ist das Dichtungselement 5 in der Regel rotationssymmetrisch bezüglich der Pumpenwelle ausgestaltet, die in Fig. 1
25 durch eine Drehachse A angedeutet ist, um welche die rotierenden Teile der Pumpe im Betriebszustand rotieren. Das heisst, das Dichtungselement 5 ist üblicherweise ringförmig ausgestaltet. In Fig. 1 ist somit nur ein Querschnitt durch das ringförmige Dichtungselement 5 dargestellt. Auch der Druckraum 2 ist üblicherweise als Ringraum ausgestaltet, der die Pumpenwelle umgibt.

In jeder der beiden Dichtflächen 51, 52 des Dichtungselements 5 ist jeweils eine Nut vorgesehen, nämlich eine erste Nut 53 und eine zweite Nut 54, die jeweils der Aufnahme eines Dichtungsringes 55 dienen, der beispielsweise als O-Ring ausgestaltet ist. Die Dichtungsringe 55 dienen in an sich bekannter
5 Weise der Abdichtung zwischen der jeweiligen Dichtfläche 51 bzw. 52 und dem mit dieser zusammenwirkenden Begrenzungselement 3 bzw. 4 und sind z.B. aus einem Elastomer-Material gefertigt.

Es versteht sich, dass die Dichtungsringe auch andere an sich bekannte Dichtungsmittel sein können, beispielsweise metallische Ringe oder
10 Ringscheiben oder Dichtungsmittel aus einem Kunststoff wie PTFE oder PEEK.

Wie dies Fig. 1 zeigt, sind die beiden Dichtflächen 51, 52 des Dichtungselements 5 gegeneinander geneigt und grenzen entlang einer Kontaktlinie 56 aneinander an. Im speziellen schliessen bei diesem
15 Ausführungsbeispiel die beiden Dichtflächen 51, 52 einen Winkel von im Wesentlichen 90° ein. Das Dichtungselement 5 gemäss Fig. 1 weist einen im Wesentlichen L-förmigen Querschnitt auf mit einem langen Schenkel 57, welcher die erste Dichtfläche 51 bildet und mit dem ersten
Begrenzungselement 3 zusammenwirkt, und mit einem kurzen Schenkel 58,
20 welcher die zweite Dichtfläche 52 bildet und mit dem zweiten Begrenzungselement 4 zusammenwirkt.

Erfindungsgemäss ist das Dichtungselement 5 so angeordnet und ausgestaltet, dass es bei einer Druckbeaufschlagung gesamthaft zumindest entlang einer der Begrenzungselemente 3, 4 verschiebbar ist. Dies wird im
25 Folgenden anhand von Fig. 1 erläutert.

Im drucklosen Zustand, d. h. wenn in dem Druckraum 2 relativ zu seiner Umgebung kein Überdruck herrscht, liegt das erste Begrenzungselement 3 auf der Grenzfläche 43 des zweiten Begrenzungselements 4 auf. Dies kann in einer Pumpe beispielsweise dadurch realisiert sein, dass das Bauteil, welches
30 das erste Begrenzungselement 3 bildet, mit demjenigen Bauteil, das das zweite Begrenzungselement 4 bildet, fest verschraubt ist. Wenn nun in dem Druckraum 2 ein immer höherer Druck generiert wird, so kann es durch

druckinduzierte Verformungen, beispielsweise Wölbungen, des ersten oder des zweiten Begrenzungselements 3 bzw. 4 passieren, dass sich zwischen den Begrenzungselementen 3, 4 ein Spalt 6 öffnet. Dieser Zustand ist in Fig. 1 dargestellt. Da der Druck im Druckraum 3 auch das Dichtungselement 5 beaufschlagt und dieses gesamthaft entlang des zweiten Begrenzungselements 4 verschiebbar ist, bewegt sich das gesamte Dichtungselement 5 darstellungsgemäss nach oben und verschliesst dadurch den Spalt 6 gegenüber dem Druckraum 2, sodass kein Fluid aus dem Druckraum 2 durch den Spalt 6 entweichen kann, sondern die Dichtwirkung auch bei sehr hohen Drucken erhalten bleibt.

Falls sich das zweite Begrenzungselement 4 unter der Einwirkung des Drucks im Druckraum 2 relativ zum ersten Begrenzungselement 3 entlang der Grenzfläche 43 verschiebt, beispielsweise gemäss der Darstellung in Fig. 1 nach links, so kann das Dichtungselement 5 auch dieser Bewegung folgen, nämlich indem sich das Dichtungselement 5 gesamthaft entlang des ersten Begrenzungselements 3 verschiebt. Bei dieser Verschiebung dehnt sich das im Wesentlichen ringförmige Dichtungselement 5 aus.

Bezogen auf die Drehachse A kann sich somit das Dichtungselement 5 gesamthaft sowohl in radialer Richtung – also darstellungsgemäss in Fig. 1 nach oben (oder unten) – als auch in axialer Richtung – also darstellungsgemäss in Fig. 1 nach rechts (oder nach links) verschieben. Die Verschiebung in axialer Richtung geht dann selbstverständlich mit einer Aufweitung des im Wesentlichen ringförmigen Dichtungselements 5 einher.

Durch diese Verschiebbarkeit sowohl in axialer als auch in radialer Richtung werden nicht nur Spalte 6 zwischen den Begrenzungselementen 3 und 4 verschlossen, sondern es wird ferner vorteilhaftermassen vermieden, dass sich zwischen der ersten Dichtfläche 51 und dem ersten Begrenzungselement 3 oder zwischen der zweiten Dichtfläche 52 und dem zweiten Begrenzungselement 4 bei Druck ein Spalt öffnet oder bildet.

Durch diese Verschiebbarkeit des Dichtungselements 5 ist also gewährleistet, dass auch bei sehr hohen Drucken im Druckraum 2 von beispielsweise bis zu 1000 bar eine zuverlässige Abdichtung des Druckraums 2 realisiert ist.

Insbesondere gewährleistet es die radiale Verschiebbarkeit des Dichtungselements 5, dass der sich unter Druck öffnende Spalt 6 zwischen den beiden Begrenzungselementen 3 und 4 zuverlässig durch das Dichtungselement 5 verschlossen wird. Durch das Verschliessen des Spaltes 6 durch das Dichtungselement 5 wird effizient eine Extrusion der Dichtungsringe 55, im speziellen der O-Ringe 55, in den Spalt 6 verhindert.

Bei einer Druckbeaufschlagung des Dichtungselements 5 ist dessen Verschiebbarkeit in der Regel mit einer Deformation des Dichtungselements 5 kombiniert, d.h. neben oder bei der Verschiebung des Dichtungselements 5 kann dieses sich auch verformen. Diese Verformung ist vorzugsweise eine elastische Verformung, d.h. eine Verformung, die bei Druckentlastung vollkommen reversibel ist. Da das Dichtungselement 5 als separates Bauteil ausgestaltet ist, also beispielsweise nicht integraler Bestandteil einer der Begrenzungselemente 3, 4 ist, hat man bezüglich der Materialauswahl für das Dichtungselement 5 eine grösstmöglich Freiheit. Somit kann für das Dichtungselement 5 ein Material gewählt werden, das bezüglich seiner elastischen Eigenschaften optimal für den jeweiligen Anwendungsfall ist. Als ein besonders bevorzugtes Material für das Dichtungselement 5 hat sich Titan erwiesen.

Um einen noch höheren Schutz der Dichtungsringe 55 bzw. der O-Ringe 55 gegen Extrusion zu realisieren, sind die im Folgenden beschriebenen Massnahmen vorteilhaft.

Die erste Dichtfläche 51 ist zwischen der ersten Nut 53 und der Kontaktlinie 56, an der die beiden Dichtflächen 51, 52 aneinander stossen, konisch ausgestaltet und zwar derart, dass im drucklosen Zustand der Abstand zwischen der ersten Dichtfläche 51 und dem ersten Begrenzungselement 3 an derjenigen Begrenzungskante der ersten Nut 53, die der Kontaktlinie 56 näher ist (in Fig. 1 die darstellungsgemäss linke Begrenzungskante), minimal ist und sich dann in Richtung der Kontaktlinie 56 vergrössert. Diese Abschrägung der ersten Dichtfläche 51 ist in Fig. 1 dargestellt und der zugehörige Winkel des Konus ist mit α bezeichnet. Durch diese Massnahme ist gewährleistet, dass von dem langen Schenkel 57 bei einer Druckbeaufschlagung des Dichtungselements 5 als erstes diese

darstellungsgemäss linke Begrenzungskante der ersten Nut 53 bzw. der Bereich an dieser Begrenzungskante mit dem ersten Begrenzungselement 3 in Kontakt kommt und dass dort auch (bezogen auf die erste Dichtfläche 51) die höchste Flächenpressung herrscht. Dadurch lässt es sich noch besser vermeiden, dass es zu einer Extrusion des Dichtungsringes 55 aus der ersten Nut 53 zwischen die erste Dichtfläche 51 und das erste Begrenzungselement 3 kommt.

Vorzugsweise ist auch die zweite Dichtfläche 52 zwischen der zweiten Nut 54 und der Kontaktlinie 56, an der die beiden Dichtflächen 51, 52 aneinander stossen, konisch ausgestaltet und zwar derart, dass im drucklosen Zustand der Abstand zwischen der zweiten Dichtfläche 52 und dem zweiten Begrenzungselement 4 an derjenigen Begrenzungskante der zweiten Nut 54, die der Kontaktlinie 56 näher ist (in Fig. 1 die darstellungsgemäss obere Begrenzungskante), minimal ist und sich dann in Richtung der Kontaktlinie 56 vergrössert. Diese Abschrägung der zweiten Dichtfläche 52 ist in Fig. 1 dargestellt und der zugehörige Winkel des Konus ist mit β bezeichnet. Durch diese Massnahme ist gewährleistet, dass von dem kurzen Schenkel 58 bei einer Druckbeaufschlagung des Dichtungselements 5 als erstes diese darstellungsgemäss obere Begrenzungskante der zweiten Nut 54 bzw. der Bereich an dieser Begrenzungskante mit dem zweiten Begrenzungselement 4 in Kontakt kommt und dass dort auch (bezogen auf die zweite Dichtfläche 52) die höchste Flächenpressung herrscht. Dadurch lässt es sich noch besser vermeiden, dass es zu einer Extrusion des Dichtungsringes 55 aus der zweiten Nut 54 zwischen die zweite Dichtfläche 52 und das zweite Begrenzungselement 4 kommt.

Eine weitere optionale vorteilhafte Massnahme ist es, wenn der lange Schenkel 57 oder der kurze Schenkel 58 oder vorzugsweise beide Schenkel 57, 58 in dem Bereich zwischen der ersten bzw. zweiten Nut 53, 54 und dem der Kontaktlinie 56 abgewandten Ende jeweils zylindrisch (das heisst nicht konisch, bzw. nicht geneigt) ausgestaltet und zurückgeschnitten sind. In Fig. 1 ist dies daran erkennbar, dass diese Bereiche jeweils parallel zu dem ersten bzw. zweiten Begrenzungselement 3, 4 verlaufen und einen grösseren Abstand von dem ersten bzw. zweiten Begrenzungselement 3, 4 aufweisen als die jeweilige Begrenzungskante der ersten bzw. zweiten Nut 53, 54, die

näher an der Kontaktlinie 56 liegt. Auch durch diese Massnahme wird die Wirkung unterstützt, dass die jeweils grösste Flächenpressung der ersten bzw. zweiten Dichtfläche 51, 52 im Bereich derjenigen Begrenzungskante der ersten bzw. zweiten Nut 53, 54 auftritt, die näher an der Kontaktlinie 56 liegt.

- 5 Die beiden Winkel α und β des jeweiligen Konus der ersten bzw. der zweiten Dichtfläche 51, 52 können gleich oder verschieden sein. In der Praxis hat es sich bewährt, wenn α und β jeweils höchstens 2° und bevorzugt höchstens 1° betragen. Insbesondere haben sich für α und β auch Werte zwischen 0.1° und 0.2° bewährt.
- 10 Es versteht sich, dass durch die Dichtungsanordnung 1 nicht nur druckinduzierte sondern in sinngemäss gleicher Weise auch thermisch induzierte Spalte, wie sie beispielsweise durch unterschiedliche Wärmeausdehnungskoeffizienten aneinander grenzender Bauteile verursacht werden können, durch die Verschiebung des Dichtungselements 5
- 15 verschlossen werden können.

- Neben dem hier beschriebenen L-förmigen Querschnitt des Dichtungselements 5 sind natürlich auch andere Geometrien für den Querschnitt des Dichtungselements möglich, beispielsweise können die beiden Schenkel 57 und 58 auch die gleiche Länge haben, sodass die
- 20 Querschnittsfläche ein gleichschenkliges Winkelprofil ist, oder es können Abrundungen vorgesehen sein.

- Bei der folgenden Beschreibung von verschiedenen Varianten für die Anordnung des Dichtungselements 5 sowie eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemässen Hochdruckpumpe sind von der Funktion her gleiche
- 25 oder gleichwertige Teile mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet wie in Fig. 1 und haben die im Zusammenhang mit Fig. 1 erläuterte Bedeutung. Aus Gründen der besseren Übersicht ist in den Fig. 2-6 auf die Darstellung verschiedener Einzelheiten verzichtet worden. So sind beispielsweise die in den Nuten 53 und 54 vorgesehenen Dichtungsring 55, die vorzugsweise als
- 30 O-Ringe ausgestaltet sind, nicht dargestellt. Auch die im Zusammenhang mit Fig. 1 beschriebene konische Ausgestaltung der Dichtflächen 51, 52 ist in den Fig. 2-6 nicht dargestellt. Es versteht sich aber, dass alle Massnahmen, die im

- Zusammenhang mit Fig. 1 beschrieben sind, wie beispielsweise das Zurückschneiden und die zylindrische Ausgestaltung der Dichtungsflächen 51, 52 im Bereich zwischen der ersten bzw. zweiten Nut 53, 54 und ihrem der Kontaktlinie 56 abgewandten Ende, in sinngemäss gleicher Weise auch bei den in den Fig. 2-6 dargestellten Ausgestaltungen jeweils einzeln oder in beliebiger Kombination miteinander realisiert sein können. Umgekehrt gelten die im Zusammenhang mit den Fig. 2-6 gemachten Erläuterungen in sinngemäss gleicher Weise auch für die Ausführungsform gemäss Fig. 1 und für die jeweils anderen Ausführungsformen der Fig. 2 - 6.
- 10 In Fig. 2 ist eine erste Variante für die Anordnung des Dichtungselements 5 dargestellt. Im speziellen ist dies eine Anordnung für die radiale Abdichtung wie sie in einer mehrstufigen Pumpe verwendet werden kann. Bei mehrstufigen Pumpen, insbesondere bei solchen mit einer sogenannten back-to-back Anordnung (siehe auch Fig. 6) existiert zwischen dem Druck am
- 15 Eingang der Pumpe, beispielsweise Atmosphärendruck, und dem höchsten Druck im Druckraum 2, der üblicherweise mit dem Auslass der Pumpe verbunden ist, mindestens ein Zwischendruck, der bei einer back-to-back Anordnung typischerweise in der Mitte zwischen dem Druck am Eingang und dem höchsten Druck im Druckraum 2 liegt, so kann beispielsweise der Druck am Eingang Atmosphärendruck sein, der Druck im Druckraum 2 etwa
- 20 1000 bar betragen und der Zwischendruck bei 500 bar liegen. In Fig. 2 sind neben dem Druckraum 2 zwei Zwischendruckräume 7 und 8 vorgesehen, in welchen der Druck des zu fördernden Fluids jeweils etwa halb so gross ist wie im Druckraum 2. Bei der in Fig. 2 gezeigten Variante ist das erste
- 25 Begrenzungselement 3 als Pumpengehäuse 3 ausgestaltet und das zweite Begrenzungselement 4 dient der Trennung zwischen den beiden Zwischendruckräumen 7, 8 sowie der jeweiligen Trennung jedes der Zwischendruckräume 7, 8 vom Druckraum 2. Es sind zwei Dichtungselemente 5 vorgesehen, die jeweils Teil einer radialen Dichtungsanordnung sind und
- 30 von denen das eine Dichtungselement 5 der Dichtung zwischen dem Druckraum 2 und dem Zwischendruckraum 7 und das andere Dichtungselement der Dichtung zwischen dem Druckraum 2 und dem Zwischendruckraum 8 dient. Zusätzlich zu den in Fig. 1 beschriebenen Komponenten ist bei diesen Dichtungsanordnungen jeweils noch ein Stützring
- 35 9 vorgesehen, dessen Funktion das Positionieren des jeweiligen

Dichtungselements 5 im drucklosen Zustand ist. Der Stützring 9 kann beispielsweise als Split-Ring ausgestaltet sein, das heisst aus zwei oder mehr Segmenten bestehen, die beispielsweise in der Druckraum 2 eingelegt und an seiner Wandung verschraubt werden. Dabei wird der Stützring 9 bezüglich
5 des Dichtungselements 5 mit Spiel verschraubt bzw. befestigt, denn der Stützring 9 soll das Dichtungselement 5 nur positionieren, nicht aber verklemmen oder die Verschiebbarkeit des Dichtungselements 5 in ungewünschter Weise verhindern oder beeinträchtigen. Dem Stützring 9 kommt keine Dichtfunktion zu, er soll nur gewährleisten, dass sich das
10 Dichtungselement 5 im drucklosen Zustand in einer definierten Position befindet.

Bei der hier gezeigten Ausgestaltung hat der Stützring 9 jeweils einen im wesentlichen L-förmigen Querschnitt. Mit dem einen der Schenkel des L stützt sich der Stützring an der inneren Wandung des Druckraums 2 ab, der andere
15 Schenkel bildet die Fläche, welche das Dichtungselement 5 im drucklosen Zustand stützt. Die Stützfläche des Dichtungselements 5, die im drucklosen Zustand an dem Stützring anliegt, ist hier jeweils die Stirnseite des langen Schenkels 57 des Dichtungselements 5.

Wird nun der Druckraum 2 mit Druck beaufschlagt, so kann es zu einer
20 Wölbung oder einer sonstigen Dehnung des Pumpengehäuses 3 kommen, wodurch sich zwischen dem Pumpengehäuse 3 und dem zweiten Begrenzungselement 4 ein Spalt öffnen kann. Dieser wird – wie im Zusammenhang mit Fig. 1 erläutert durch das Verschieben der Dichtungselemente 5 wirkungsvoll verschlossen.

25 Es versteht sich, dass auch bei dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel sowie bei den Ausführungsformen gemäss Fig. 3-6 in sinngemäss gleicher Weise ein Stützring 9 vorgesehen sein kann.

In Fig. 3 ist eine zweite Variante für die Anordnung des Dichtungselements 5 dargestellt. Bei dieser Variante dient das Dichtungselement 5 zur Abdichtung
30 zwischen dem Pumpengehäuse, welches hier das erste Begrenzungselement 3 darstellt, und einem Pumpendeckel, welcher hier das zweite Begrenzungselement 4 darstellt. Typischerweise ist der Pumpendeckel 4 mit

mehreren Schrauben 41 am Pumpengehäuse 3 festgeschraubt, von denen in Fig. 3 nur eine dargestellt ist. Typischerweise herrscht ausserhalb des Pumpengehäuses 3 Atmosphärendruck, während im Druckraum 2 ein erhöhter Druck herrscht. Bei sehr hohen Drucken im Druckraum 2 wölbt sich der Pumpendeckel 4 auf, wodurch sich ein Spalt zwischen dem Pumpengehäuse 3 und dem Pumpendeckel 4 öffnet. Da sich das Dichtungselement 5 in axialer Richtung – also in Richtung der Drehachse A – bewegen kann, verschiebt sich das Dichtungselement unter Druckbeaufschlagung darstellungsgemäss nach rechts und verschliesst so zuverlässig den Spalt zwischen dem Pumpendeckel 4 und dem Pumpengehäuse 3. Zusätzlich kann sich das Pumpengehäuse 3 auch dehnen, also quasi aufblähen. Auch dieser Bewegung kann das Dichtungselement 5 folgen, weil es auch bezüglich der radialen Richtung verschiebbar ist. Dieses Verschieben bezüglich der radialen Richtung geht in der Regel mit einer Aufweitung des Dichtungselements 5 einher, da sich bei einer Dehnung des Pumpengehäuses 3 in radialer Richtung auch dessen Innendurchmesser vergrössert.

Der Begriff, dass das Dichtungselement „verschiebbar angeordnet“ ist, soll daher im Rahmen dieser Anmeldung so verstanden werden, dass damit auch eine Aufweitung bzw. eine Dehnung eines ringförmigen Dichtungselements gemeint bzw. umfasst ist.

Bei der in Fig. 4 dargestellten dritten Variante dient das Dichtungselement 5 dazu, den Druckraum 2 einer Pumpe gegenüber einem Zwischendruckraum 7 abzudichten. Im Druckraum 2 herrscht der maximale Druck, beispielsweise 1000 bar, und im Zwischendruckraum 7 herrscht irgendein Zwischendruck, der zwischen dem Atmosphärendruck bzw. dem Umgebungsdruck und dem Druck im Druckraum 2 liegt, beispielsweise ist der Zwischendruck halb so gross wie der Druck im Druckraum 2. Bei dieser Variante bildet das Pumpengehäuse das erste Begrenzungselement 3. Das zweite Begrenzungselement 4 ist ein Bauteil, beispielsweise ein Trennelement 4, welchen den Zwischendruckraum 7 vom Druckraum 2 abgrenzt.

Die in Fig. 5 dargestellte vierten Variante für die Anordnung von Dichtungselementen 5 ist ähnlich der in Fig. 2 dargestellten. Diese Anordnung

ist speziell für mehrstufige Pumpen in back-to-back Anordnungen geeignet. Bei diesen Pumpen gibt es zwei im Wesentlichen identische Blöcke, von denen jeder mehrere Pumpenstufen enthalten kann. Diese beiden Blöcke sind spiegelbildlich – also Rücken an Rücken – zueinander angeordnet, sodass der Druckraum 2, in dem der höchste Druck herrscht und der mit dem Auslass der Pumpe verbunden ist, üblicherweise als Ringraum in der Mitte der Pumpe angeordnet ist. Bei dieser Variante sind zwei Dichtungselemente 5 vorgesehen. Das erste Begrenzungselement 3 wird durch das Pumpengehäuse 3 gebildet, während das zweite Begrenzungselement 4 als Trennelement die Trennwand zwischen den beiden Rücken an Rücken angeordneten Blöcken ist. Zu dem einen Block gehört der Zwischendruckraum 7, zu dem anderen Block gehört der Zwischendruckraum 8. Ausserhalb des Pumpengehäuses 3 herrscht der Atmosphären- oder Umgebungsdruck und in den beiden Zwischendruckräumen 7 bzw. 8 herrscht im Wesentlichen der gleiche Druck, der typischerweise jeweils halb so gross ist wie der Druck im Druckraum 2.

In Fig. 6 ist schematisch und im Schnitt ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemässen Hochdruckpumpe dargestellt, die gesamthaft mit dem Bezugszeichen 100 bezeichnet ist. Bei der Hochdruckpumpe 100 handelt es sich um eine mehrstufige – hier vierstufige – Hochdruckpumpe mit back-to-back Anordnung, die als Radial-Kreiselpumpe ausgestaltet ist. Die Hochdruckpumpe 100 hat ein Pumpengehäuse 103, einen Pumpendeckel 112 zum Verschliessen des Pumpengehäuses 103, einen Eingang 110, durch welchen das zu fördernde Fluid, beispielsweise eine Flüssigkeit wie Wasser oder Erdöl, in die Hochdruckpumpe 100 gelangt und einen Auslass 111, durch welchen das dann unter Druck stehende Fluid die Hochdruckpumpe 100 verlässt. Zum Antreiben der Hochdruckpumpe 100 ist eine Pumpenwelle 113 vorgesehen, die im Betriebszustand um die Drehachse A rotiert und von einer nicht dargestellten Antriebseinheit angetrieben wird.

Die Hochdruckpumpe 100 hat vier im Wesentlichen gleich ausgestaltete Stufen, nämlich eine erste Stufe 114, eine zweite Stufe 115, eine dritte Stufe 116 und eine vierte Stufe 117. Jede dieser Stufen 114-117 hat jeweils ein Laufrad 120. Jedes Laufrad 120 ist drehfest mit der Pumpenwelle 113 verbunden. Die erste und die zweite Stufe 114, 115 gehören zu einem ersten

Block 130. Die dritte und die vierte Stufe 116, 117 gehören zu einem zweiten Block 140. Die beiden Blöcke 130, 140 sind durch ein Trennelement 104 voneinander getrennt, das bezüglich des Pumpengehäuses 103 fixiert ist. Die beiden im Wesentlichen gleich ausgestalteten Blöcke 130, 140 sind bezüglich des Trennelements 104 spiegelbildlich, also Rücken an Rücken, angeordnet, weshalb dieser Aufbau auch als back-to back Anordnung bezeichnet wird.

Der Strömungsverlauf des Fluids durch die Hochdruckpumpe 100 ist in Fig. 6 durch Pfeile dargestellt, von denen nur der erste am Einlass 110 mit dem Bezugszeichen 150 bezeichnet ist. Das Fluid strömt vom Eingang 110 in axialer Richtung zum Laufrad 120 der ersten Stufe 114 und wird von deren Ausgang in axialer Richtung zum Laufrad der zweiten Stufe 115 geleitet. Vom Ausgang der zweiten Stufe 115, der gleichzeitig auch den Ausgang des ersten Blocks 130 bildet, wird das Fluid durch eine Strömungsverbindung 160, die im Trennelement 104 vorgesehen ist, in einen Zwischendruckraum 108 des zweiten Blocks 140 geleitet, durch den das Fluid zum Eingang der dritten Stufe 116 gelangt. Vom Ausgang der dritten Stufe 116 wird das Fluid in axialer Richtung zum Eingang der vierten Stufe 117 geleitet, welche das Fluid schliesslich auf den Hochdruck fördert, mit welchem es am Auslass 111 der Hochdruckpumpe 100 zur Verfügung steht. Vom Ausgang der vierten Stufe 117 führt eine Hochdruckströmungsverbindung 170 zum Druckraum 102, der mit dem Auslass 111 der Hochdruckpumpe 100 verbunden ist. Der Druckraum 102 ist im Wesentlichen als Ringraum ausgestaltet, der radial aussen um das Trennelement 104 herumführt.

Auch im ersten Block 130 ist ein Zwischendruckraum 107 vorgesehen, welcher im Wesentlichen als Ringraum ausgestaltet und innenliegend am Pumpengehäuse 103 angeordnet ist. Dieser Zwischendruckraum 107 ist über eine in Fig. 6 nicht dargestellte Strömungsverbindung mit dem Ausgang der zweiten Stufe 115 verbunden, sodass in den beiden Zwischendruckräumen 107 und 108 der gleiche Druck herrscht, der aufgrund der im Wesentlichen gleichen Ausgestaltung der vier Stufen 114-117, etwa dem halben Druck des Drucks im Druckraum 2 entspricht.

Wie dies die Pfeile in Fig. 6 verdeutlichen durchströmt das Fluid bezüglich der axialen Richtung den zweiten Block 140 in umgekehrter Richtung wie den

ersten Block 130. Darstellungsgemäss wird der erste Block 130 von rechts nach links durchströmt, während der zweite Block von links nach rechts durchströmt wird.

5 Das Trennelement 104 grenzt einerseits an den Druckraum 102 an, in welchem der höchste Druck wirkt, und andererseits an die beiden Zwischendruckräume 107 und 108, in denen ein etwa halb so grosser Druck wirkt wie im Druckraum 2. Dies entspricht im Grundsatz der in Fig. 2 dargestellten Konfiguration. Zur Abdichtung des Druckraums 102 gegenüber den Zwischendruckräumen 107 und 108 ist jeweils ein Dichtungselement 5
10 vorgesehen, das mit den benachbarten Begrenzungselementen eine Ausgestaltung der erfindungsgemässen Dichtungsanordnung 1 bildet. In Fig. 6 bildet das Pumpengehäuse 103 das erste Begrenzungselement 3 und das Trennelement das zweite Begrenzungselement 4. Diese Dichtungsanordnung 1 eignet sich für sehr hohe Drucke. So kann der Druck
15 im Druckraum 102 beispielsweise 1000 bar betragen. Dann ist der Druck in den Zwischendruckräumen 107 und 108 jeweils etwa 500 bar.

Es versteht sich, dass die erfindungsgemässe Dichtungsanordnung 1 auch an anderen Stellen eine Hochdruckpumpe verwendet werden kann. Bei dem in Fig. 6 dargestellten Ausführungsbeispiel kann beispielsweise auch an der
20 Grenze zwischen dem Pumpendeckel 112 und dem Pumpengehäuse 103 ein Dichtungselement 5 vorgesehen sein.

Patentansprüche

1. Dichtungsanordnung zum Abdichten eines Druckraums (2) in einer Hochdruckpumpe, welcher durch ein erstes und eine zweites Begrenzungselement (3,4) begrenzt wird, mit einem separaten
5 Dichtungselement (5), das eine erste Dichtfläche (51) zum Zusammenwirken mit dem ersten Begrenzungselement (3) sowie eine zweite Dichtfläche (52) zum Zusammenwirken mit dem zweiten Begrenzungselement (4) aufweist, wobei die beiden Dichtflächen (51,52) gegeneinander geneigt sind und jeweils eine Nut (53,54) zur Aufnahme
10 eines Dichtungsringes (55) aufweisen, und wobei das Dichtungselement (5) so angeordnet und ausgestaltet ist, dass es bei Druckbeaufschlagung gesamthaft entlang einer der Begrenzungselemente (3,4) verschiebbar ist.
2. Dichtungsanordnung nach Anspruch 1, bei welchem die beiden
15 Dichtflächen (51,52) des Dichtungselements (5) einen Winkel von im Wesentlichen 90° einschliessen.
3. Dichtungsanordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei welcher ein Stützring (9) zum Positionieren des Dichtungselements (5) insbesondere im drucklosen Zustand vorgesehen ist.
- 20 4. Vorrichtung nach Anspruch 3, bei welcher der Stützring (9) im drucklosen Zustand an einer Stützfläche des Dichtungselements (5) anliegt, wobei die Stützfläche verschieden ist von den beiden Dichtflächen (51,52) des Dichtungselements (5).
- 25 5. Dichtungsanordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Dichtungselement (5) einen im Wesentlichen L-förmigen Querschnitt aufweist mit einem langen Schenkel (57), welcher die erste Dichtfläche (51) bildet, und mit einem kurzen Schenkel (58), welcher die zweite Dichtfläche (52) bildet.

6. Dichtungsanordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Dichtungselement (5) entlang des ersten und des zweiten Begrenzungselements (3,4) verschiebbar angeordnet ist.
- 5 7. Dichtungsanordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei welchem die erste Dichtfläche (51) zwischen der in ihr vorgesehenen Nut (53) und ihrem der zweiten Dichtfläche (52) zugewandten Ende konisch ausgestaltet ist.
- 10 8. Dichtungsanordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei welchem die zweite Dichtfläche (52) zwischen der in ihr vorgesehenen Nut (54) und ihrem der ersten Dichtfläche (51) zugewandten Ende konisch ausgestaltet ist.
9. Dichtungsanordnung nach Anspruch 7 oder 8, wobei der Winkel des Konus (α , β) jeweils höchstens 2° , vorzugsweise höchstens 1° beträgt.
- 15 10. Dichtungsanordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche ausgestaltet als radiale Dichtungsanordnung.
11. Hochdruckpumpe mit einer Dichtungsanordnung gemäss einem der vorangehenden Ansprüche.
- 20 12. Hochdruckpumpe nach Anspruch 11 mit einem Pumpendeckel (4) und einem Pumpengehäuse (3), wobei die Dichtungsanordnung (1) zum Abdichten zwischen dem Pumpendeckel und dem Pumpengehäuse vorgesehen ist.
13. Hochdruckpumpe nach Anspruch 11 oder 12 ausgestaltet als mehrstufige Pumpe
- 25 14. Hochdruckpumpe nach einem der Ansprüche 11-13, wobei die Dichtungsanordnung (1) zum Abdichten zwischen einem Druckraum (102) und einem Zwischendruckraum (107,108) vorgesehen ist.

15. Hochdruckpumpe nach einem der Ansprüche 11-14, wobei die Dichtungsanordnung (5) zum Abdichten zwischen einem Trennelement (104) und dem Pumpengehäuse (103) oder zwischen dem Pumpendeckel (112) und dem Pumpengehäuse (103) vorgesehen ist.