



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
22.02.2023 Patentblatt 2023/08

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F04C 2/107 ^(2006.01) **F04C 3/06** ^(2006.01)
F04C 15/00 ^(2006.01) **F04C 14/06** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **22195723.6**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F04C 2/1071; F04C 3/06; F04C 14/06;
F04C 15/003; F04C 2250/201

(22) Anmeldetag: **16.01.2018**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **16.01.2017 DE 102017100715**

(62) Dokumentnummer(n) der früheren Anmeldung(en)
nach Art. 76 EPÜ:
18701291.9 / 3 568 596

(71) Anmelder: **Vogelsang GmbH & Co. KG**
49632 Essen (DE)

(72) Erfinder:
• **Krampe, Paul**
49632 Essen (DE)
• **Rolfes, Michael**
49632 Essen (DE)

(74) Vertreter: **Eisenführ Speiser**
Patentanwälte Rechtsanwälte PartGmbH
Postfach 31 02 60
80102 München (DE)

Bemerkungen:
Diese Anmeldung ist am 14.09.2022 als
Teilanmeldung zu der unter INID-Code 62 erwähnten
Anmeldung eingereicht worden.

(54) **REGELUNG DER SPALTGEOMETRIE IN EINER EXZENTERSCHNECKENPUMPE**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb einer Exzentrerschneckenpumpe (1) zur Förderung von mit Feststoffen beladenen Flüssigkeiten, mit einem schraubenförmig gewundenen Rotor (4), einem Stator (2), mit einem Einlass (10) und einem Auslass (12), in dem der Rotor (4) drehbar um eine Längsachse (L₁) des Stators (2) angeordnet ist, und der eine mit dem Rotor (4) korrespondierende schraubenförmige Innenwand (8) aufweist, wobei der Rotor (4) eine sich zum Auslass (12) oder Einlass (10) hin verjüngende, vorzugsweise konische, Form und/oder eine sich verändernde Exzentrizität (e₁, e₂) aufweist, und wobei Rotor (4) und Stator (2) derart zueinander angeordnet und ausgebildet sind, dass we-

nigstens eine Kammer (5) gebildet ist, die zur Beförderung der Flüssigkeit dient, und die Kammer (5) durch eine Verengung (7), insbesondere Dichtlinie (D), abgetrennt ist, und mit einer Verstelleinrichtung zum Verstellen einer axialen Relativposition von Rotor (4) und Stator (2). Das Verfahren umfasst die Schritte: Antreiben des Rotors (4) zum Fördern einer Flüssigkeit, Erweitern der Verengung (7) zwischen Rotor (4) und Stator (2) durch relatives axiales Verschieben von Rotor (4) und Stator (2) mittels der Verstelleinrichtung zueinander, und Einstellen einer radialen Vorspannung des Stators (2) durch relatives axiales Verschieben von Rotor (4) und Stator (2) mittels der Verstelleinrichtung zueinander.

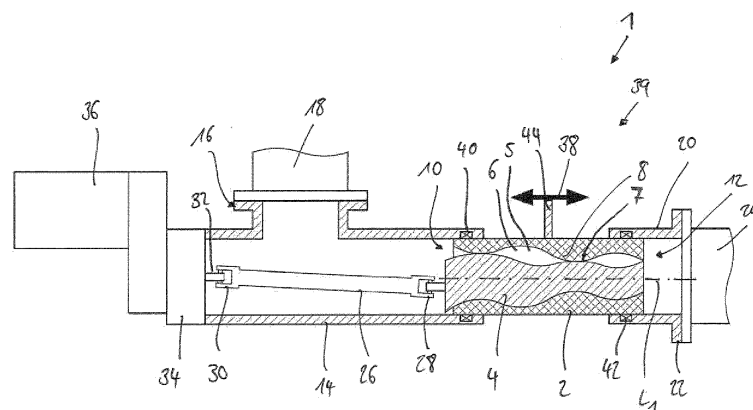


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Exzentrerschneckenpumpe zur Förderung von mit Feststoffen beladenen Flüssigkeiten, mit einem schraubenförmig gewundenen Rotor, einem konischen Stator, mit einem Einlass und einem Auslass, in dem der Rotor drehbar um eine Längsachse des Stators angeordnet ist, und der eine mit dem Rotor korrespondierende schraubenförmige Innenwand aufweist, wobei der Rotor eine sich zum Auslass oder Einlass hin verjüngende, vorzugsweise konische, Form und/oder eine sich verändernde Exzentrizität aufweist und wobei Rotor und Stator derart zueinander angeordnet und ausgebildet sind, dass wenigstens eine Kammer gebildet ist, die zur Förderung der Flüssigkeiten dient, und die Kammer durch eine Verengung, insbesondere Dichtlinie, abgetrennt ist. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Betrieb einer solchen Exzentrerschneckenpumpe.

[0002] Exzentrerschneckenpumpen der eingangs genannten Art sind seit einigen Jahren bekannt und werden insbesondere dazu eingesetzt, mit Feststoff beladene Flüssigkeiten, abrasive Flüssigkeiten, oder allgemein Flüssigkeiten mit hoher Viskosität schonend zu fördern und zu dosieren. Sie nutzen einen ein- oder mehrgängigen schraubenförmigen Rotor, der in einer korrespondierenden zwei- oder mehrgängigen Kammer eines Stators angeordnet ist und in diesem rotiert. Die Rotation der Schnecke erfolgt bei einer Exzentrerschneckenpumpe um eine Schneckenrotationsachse, die ihrerseits um eine in der Regel parallel zu ihr liegende Statorlängsachse rotiert, was in einer exzentrisch auf einer Kreisbahn geführten Rotationsbewegung der Schnecke resultiert und woraus die Bezeichnung "Exzentrerschneckenpumpe" abgeleitet ist. Der Antrieb der Schnecke einer Exzentrerschneckenpumpe erfolgt dabei häufig durch eine Taumelwelle, die durch eine an beiden Enden mit Kardangelenken versehene Welle zwischen dem Antriebsmotor und dem Rotor gebildet wird. Durch entsprechende Gestaltung des Außenprofils des Rotors und des Innenprofils des Stators ergibt sich eine Verengung, insbesondere Dichtlinie, die die wenigstens eine Kammer, vorzugsweise aber einzelne Kammern einer Mehrzahl an Kammern, gegeneinander dichtet. Der Rotor und der Stator können im direkten Kontakt zueinander stehen und eine Dichtlinie ausbilden, oder auch in der Verengung einen die Kammern trennenden Dichtspalt besitzen. In der Regel ist dabei der Rotor als eingängige Schnecke ausgebildet und der Stator als zweigängige Schnecke mit einer doppelten Steigung, wodurch sich die Abdichtung der einzelnen Kammern ergibt.

[0003] Aus DE2632716 ist eine Schneckenpumpe vorbekannt, die eine konische Schnecke und einen konischen Druckmantel aufweist. Bei dieser Ausführungsform weist die Schnecke eine Konizität von ca. 30° Konuswinkel auf, womit eine Erhöhung des Förderdrucks über eine kurze Schneckenlänge erreicht werden soll. Schnecke und Druckmantel sind dabei relativ zueinander

axial beweglich, indem der Druckmantel in einer Hülse axial beweglich geführt ist. Hierdurch soll ein Druck konstant gehalten werden, indem der Druckmantel unter der Einwirkung des Flüssigkeitsdrucks auf ein Ringteil des Druckmantels in der Pumpe verschoben wird. Systematisch kann aber durch eine Druckerhöhung am Ausgang nur eine vertikale Zustellung und damit Anpressung des Druckmantels an die Schnecke bewirken. Nachteilig an diesem vorbekannten System ist zudem, dass es in der Zielsetzung allein auf die Konstanz des erhöhten Drucks ausgelegt sein soll, der durch die Querschnittsflächenverringern in Förderichtung des konischen Pumpenspalt erzeugt wird und keine Axialverschiebung in Abhängigkeit anderer Einflussgrößen ermöglicht.

[0004] Aus AT223042 ist ebenfalls eine Schneckenpumpe vorbekannt, die einen konischen Stator und Rotor aufweist. Mittels einer zwischen den Rotor und die Abtriebswelle eingesetzte Schraubhülse kann bei dieser Schneckenpumpe der Rotor axial in Bezug auf den Stator verstellt werden, indem ein Benutzer bei stillstehender Pumpe durch ein Handloch die Hülse manuell mittels eines Werkzeugs verdreht. Hierdurch kann sowohl ein Klemmen als auch ein zu großes Spiel zwischen dem Stator und dem Rotor, hervorgerufen durch ein Quellen des Stators bzw. einen Verschleiß von Rotor und/oder Stator, ausgeglichen werden.

[0005] Aus DE102015112248A1 ist eine Exzentrerschneckenpumpe vorbekannt, bei der die Spaltgeometrie zwischen Rotor und Stator veränderbar ist, indem die Vorspannung des Stators nachgestellt wird. Eine erhöhte Vorspannung bewirkt dabei eine Verpressung des als Elastomerteil ausgebildeten Stators und kann hierdurch die Spaltgeometrie verringern. Nachteilig an dieser Exzentrerschneckenpumpe ist jedoch, dass die Elastomerdicken des Stators sowohl in Umfangsrichtung als auch in Längsrichtung bedingt durch dessen Geometrie unterschiedlich sind und daher eine erhöhte Vorspannung zu einer ungleichmäßigen elastischen Verformung führt. Ein zuverlässiger Betrieb der Exzentrerschneckenpumpe ist daher nicht gewährleistet und durch die ungleichmäßige Spaltgeometrie, die mit dieser Verstellung kann lokal erhöhter Verschleiß erzeugt werden.

[0006] DE 10 2014 117483 A1 offenbart eine verstellbare Pumpeneinheit für eine Exzentrerschneckenpumpe. Der Stator ist für deren Einstellung zumindest teilweise aus einem elektro- und/oder temperaturaktiven Material gebildet und/oder mit mindestens einem elektro- und/oder temperaturaktiven Mittel gekoppelt oder ausgestattet, wobei die Mittel als Sensoren einsetzbar sind, sodass Parameter der Verdrängungspumpe mittels einer Steuervorrichtung basierend auf den Sensoren eingestellt werden können. Darüber hinaus kann der Stator beim Aktivieren der elektroaktiven Mittel je nach Konfiguration in eine gewünschte Richtung bewegt werden.

[0007] Bei Exzentrerschneckenpumpen sind zudem konische Exzentrerschneckenpumpen bekannt, da diese sowohl eine einfache Montage erlauben als auch ein Nachstellen des Rotors in Bezug auf den Stator bei Ver-

schleiß. Eine solche Exzentrerschneckenpumpe ist beispielsweise aus WO 2010/100134 A2 bekannt. Dieses Dokument schlägt, um Verschleiß vorzubeugen, bzw. auszugleichen, eine Exzentrerschneckenpumpe mit einem konischen Rotor vor, die derart ausgebildet ist, dass die einzelnen Kammern alle das gleiche Volumen aufweisen. Bilden sich dann im Betrieb Verschleißerscheinungen, insbesondere sogenannte Kavitationen, ist es möglich, den Rotor in Bezug auf den Stator axial so zu verschieben, dass die Kammervolumina wieder gleich groß sind und Dichtigkeit erreicht wird.

[0008] Ein Nachteil an diesen bekannten Lösungen ist, dass diese Lösungen allein bereits entstandenen Verschleiß an dem Stator ausgleichen kann, indem der Rotor verschoben wird. Das Auftreten von Verschleiß als solches kann die aus dem Stand der Technik bekannte Schneckenpumpe und Exzentrerschneckenpumpe nicht verhindern.

[0009] Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Exzentrerschneckenpumpe der eingangs genannten Art anzugeben, die nicht nur das Ausgleichen von entstandenem Verschleiß, sondern bereits die Entstehung von Verschleiß reduziert und so die Lebensdauer der Exzentrerschneckenpumpe erhöht und den Wartungsaufwand verringert.

[0010] Diese Aufgabe wird bei einer Exzentrerschneckenpumpe der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass sie eine Verstelleinrichtung zum Verstellen einer axialen Relativposition von Rotor und Stator aufweist, die dazu ausgebildet ist, die Spaltgeometrie zwischen Rotor und Stator zu optimieren, indem sie dazu eingerichtet ist die Verengung zwischen Rotor und Stator zu erweitern.

[0011] Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass die Spaltgeometrie, also die Geometrie der Verengung, die die Kammer(n) abtrennt, einerseits wichtig ist, um die Dichtung ausreichend auszubilden, sodass ein Pumpen möglich ist, andererseits herrscht im Betrieb der Exzentrerschneckenpumpe Reibung, wodurch sich die einzelnen Teile, insbesondere Rotor und Stator erhitzen und aufgrund der Materialdehnung dann eine Vorspannung zwischen Rotor und Stator erhöht wird, oder die Verengung zu klein wird. Die erhöhte Vorspannung führt dann zu weiterem Verschleiß.

[0012] Die Erfindung hat erkannt, dass sich jeder Verschleiß vermeiden lässt, oder reduzieren lässt, wenn im Betrieb die Verengung erweitert wird und dadurch die Spaltgeometrie an die Betriebsbedingungen angepasst und so optimiert werden kann. Daher schlägt die vorliegende Erfindung eine Verstelleinrichtung vor, die dazu ausgebildet ist, die Verengung zwischen Rotor und Stator zu erweitern. Wird die Verengung wieder erweitert, herrscht ein Kontakt mit geringerer Vorspannung oder kein Kontakt, und dadurch weniger Reibung zwischen Rotor und Stator, was wiederum zu geringerem Verschleiß führt. Beim Pumpen von Flüssigkeit ist zudem ein Kühleffekt vorhanden, sodass sich bei verringerter Vorspannung die Teile wieder abkühlen können. Hier-

durch ist es beispielsweise auch möglich, bei einem Anlauf der Exzentrerschneckenpumpe einen größeren Spalt einzustellen, um die Reibung im trockenen Zustand gering zu halten. Auch ist es möglich die Exzentrerschneckenpumpe energiesparend zu betreiben, durch Einstellen auf den optimalen Gesamtwirkungsgrad unter Berücksichtigung des volumetrischen Wirkungsgrads und der Reibungsverluste. Eine nur geringe Erweiterung der Verengung bietet sich hingegen bei scherempfindlichen Medien an. Durch die Erfindung lässt sich die Exzentrerschneckenpumpe also auf die jeweils geförderten Medien einstellen.

[0013] Der Rotor weist eine sich zum Auslass oder Einlass hin verjüngende Form auf. Die Form ist bestimmt durch die Hüllkurve, die den Rotor einschließt. Die Form ist vorzugsweise konisch. Der Rotor weist also einen Durchmesser auf, der in Richtung des Auslasses oder des Einlasses geringer wird. Vorzugsweise verjüngt sich der Rotor linear. Es ist aber auch bevorzugt, dass der Rotor eine sich nach einer vorgegebenen Funktion verjüngende Form aufweist, beispielsweise eine Funktion des 2., 3., oder 4., Grades. Der Durchmesser nimmt dann progressiv oder degressiv ab. Dies hat je nach Belastung des Rotors Vorteile, um übermäßigen Verschleiß zu vermeiden. Die Wahl, ob sich der Rotor zum Einlass oder Auslass hin verjüngt ist insbesondere abhängig von strukturellen Rahmenbedingungen, und sollte von der Art der Montage abhängig gemacht werden. Die Richtung der Verjüngung bestimmt die Richtung, in der der Rotor in den Stator eingesetzt wird.

[0014] Alternativ oder zusätzlich weist der Rotor eine sich in Richtung des Einlasses oder des Auslasses verändernde Exzentrizität auf. Die Exzentrizität verändert sich vorzugsweise linear, d.h. nimmt linear zu oder ab. Es ist aber auch bevorzugt, dass der Rotor eine sich nach einer vorgegebenen Funktion verändernde Exzentrizität aufweist, beispielsweise eine Funktion des 2., 3. oder 4. Grades. Die Exzentrizität nimmt dann progressiv oder degressiv ab.

[0015] Der Stator ist in beiden Fällen an den Rotor angepasst und weist folglich eine korrespondierende innere Kontur auf.

[0016] Grundsätzlich ist es bevorzugt, dass die Verjüngung und/oder die sich in Längsrichtung ändernde Exzentrizität des Rotors in Förderrichtung so gering ist, dass hierdurch keine nennenswerte Verringerung des Spaltquerschnitts in der Förderrichtung bewirkt wird, um eine unerwünschte Druckerhöhung zu vermeiden. Dies kann beispielsweise erreicht werden, indem die Verjüngung so gewählt wird, dass zwei die Umhüllende in einem Längsschnitt beidseits mittellnde Geraden einen Konuswinkel von weniger als 20°, vorzugsweise weniger als 10° und insbesondere weniger als 5° zueinander bilden. Insbesondere ist es bevorzugt, dass der durch die Verjüngung verursachte Flächenunterschied zwischen der Spaltquerschnittsfläche im Auslass des Stators zu der Spaltquerschnittsfläche im Einlass des Stators weniger als 10%, vorzugsweise weniger als 5% der Spaltquer-

schnittsfläche im Einlass des Stators beträgt.

[0017] Auch bei einer sich ändernden Exzentrizität bei konstantem Durchmesser ist es möglich durch eine axiale Verschiebung eine Verengung zu erweitern. Ein Abschnitt des Rotors mit kleinerer Exzentrizität kann so in einen Abschnitt des Stators mit größerer Exzentrizität gebracht werden, wodurch die Verengung erweitert wird. Auch eine Kombination aus einem sich verjüngenden Rotor und einem Rotor mit sich verändernder Exzentrizität ist bevorzugt.

[0018] In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Verstelleinrichtung dazu eingerichtet, die Verengung zwischen Rotor und Stator so weit zu erweitern, dass ein Leckagespalt zwischen Rotor und Stator ausgebildet ist. In diesem Fall ist Verengung nicht durch einen Kontakt zwischen Rotor und Stator gebildet, sondern durch einen geringen Spalt, den Leckagespalt, der immer noch eine gewisse Dichtung bereitstellt. In diesem Fall nimmt zwar die Förderrate ab, aber aufgrund des nicht mehr vorhandenen physischen Kontakts zwischen Rotor und Stator und des Flüssigkeitsfilms zwischen diesen Teilen, findet eine weitergehende Kühlung statt und Verschleiß ist weiter verringert. Es kann vorgesehen sein, dass ein solcher Leckagespalt nicht permanent im Betrieb vorhanden ist, sondern nur bei oder nach besonderen Belastungen eingestellt wird.

[0019] Weiterhin ist bevorzugt, dass die Verstelleinrichtung dazu eingerichtet ist, die Erweiterung der Verengung in Abhängigkeit von einem oder mehreren vorbestimmten Betriebsparametern durchzuführen. Es ist beispielsweise denkbar, dass eine Erweiterung der Verengung automatisch nach einer gewissen Betriebsdauer eingestellt wird. Auch ist es denkbar, die Leistungsaufnahme eines Antriebsmotors zu messen und bei steigender Leistungsaufnahme, die Verengung zu erweitern. Bevorzugt findet die Erweiterung der Verengung in Abhängigkeit von mehreren Betriebsparametern statt. Zwar ist es ebenfalls denkbar und bevorzugt, nur einen einzigen Betriebsparameter zu verwenden, aber durch die Verwendung mehrerer Betriebsparameter kann Verschleiß effektiver verringert werden.

[0020] Besonders bevorzugt ist einer der Betriebsparameter, die Temperaturen des Stators und/oder des Rotors. Bevorzugt wird die Temperatur des Stators gemessen. Hierzu weist die Exzentrerschneckenpumpe vorzugsweise wenigstens einen Sensor auf, der in oder an dem Stator angeordnet ist und die Temperatur des Stators misst. Bevorzugt wird die Temperatur an mehreren Stellen gemessen, um so Verschleiß besonders effektiv verringern zu können. Bevorzugt findet eine kontinuierliche Erweiterung der Verengung in Abhängigkeit der Temperatur statt. Alternativ sind eine oder mehrere Schwellwerte vorbestimmt, und bei Überschreiten des einen oder der mehreren Schwellwerte wird eine stufenweise Erweiterung der Verengung durchgeführt.

[0021] Vorzugsweise ist einer, insbesondere ein weiterer der Betriebsparameter, das geförderte Flüssigkeitsvolumen. Vorzugsweise ist das geförderte Flüssigkeits-

volumen das Flüssigkeitsvolumen pro Umdrehung. Nimmt das geförderte Flüssigkeitsvolumen pro Umdrehung ab, bedeutet dies, dass mehr Gas oder Luft gefördert wird. Bei Förderung von Gas oder Luft ist der Kühleffekt, den das Medium auf die Exzentrerschneckenpumpe ausübt, geringer als bei Förderung einer Flüssigkeit. Daher ist es bevorzugt in diesem Fall ebenfalls die Verengung zu Erweitern, um Verschleiß vorzubeugen. Zu diesem Zweck ist es denkbar, dass an dem Einlass oder dem Auslass des Stators ein Durchflussmesser angeordnet ist.

[0022] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist einer der Betriebsparameter ein Flüssigkeitsstand am Einlass des Stators. Bevorzugt sind hierzu ein Flüssigkeitssensor oder mehrere Flüssigkeitssensoren vorgesehen. Es kann bevorzugt sein, nur eine bestimmte Füllstandshöhe als Schwellwert zu messen. Alternativ ist auch eine kontinuierliche Messung der Füllstandshöhe am Statoreinlass bevorzugt. Ist am Statoreinlass ein geringer Flüssigkeitsstand, ist die Wahrscheinlichkeit, dass die Exzentrerschneckenpumpe trockenläuft höher, wodurch auch die Reibung höher ist und die Kühlung der Exzentrerschneckenpumpe geringer. Dies führt wiederum zu einer rascheren Erwärmung und somit Materialausdehnung, wodurch die Verengung weiter verkleinert wird, und Vorspannung zunehmen kann. Daher ist es bevorzugt, dass in dem Fall, dass ein geringer Flüssigkeitsstand am Einlass des Stators gemessen wird, die Verengung zwischen Rotor und Stator erweitert wird.

[0023] Ein weiterer denkbare Parameter ist der Druck am Auslass. Bleibt dieser gleich oder sinkt, bei gleichzeitiger Steigerung des Drehmoments, ist dies ein Indikator für erhöhte Reibung zwischen Rotor und Stator und damit ein Zeichen für ein Quellen des Statormaterials. Auch in einem solchen Fall ist es bevorzugt, die Verengung zu erweitern, um die Spaltgeometrie an die geänderten Rahmenbedingungen anzupassen.

[0024] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist der Stator axial verschieblich gelagert und die Verstelleinrichtung dazu eingerichtet, den Stator axial zu verschieben, um wenigstens teilweise die Verengung zwischen Rotor und Stator zu erweitern. Der Rotor ist üblicherweise mit einem Antrieb gekoppelt und der Stator ist in Drehrichtung fest gelagert. Bei Verschleiß muss in erster Linie der Stator ausgewechselt werden, da dieser üblicherweise aus einem weicheeren Material als der Rotor gebildet ist. Da der Stator aus diesem Grund leicht auswechselbar angeordnet sein muss, wird in dieser Ausführungsform vorgeschlagen, den Stator so zu lagern, dass dieser axial verschieblich ist, um so die Verengung zwischen Rotor und Stator wenigstens teilweise zu erweitern. Bevorzugt ist hierzu die Verstelleinrichtung mit dem Stator gekoppelt, um diesen zu verschieben. Die Verstelleinrichtung kann dazu mit einem dafür vorgesehenen Antrieb des Stators gekoppelt sein. Ein solcher Antrieb des Stators ist in einer bevorzugten Ausgestaltung als Hydraulikantrieb, Zahnstange-Ritzel-An-

trieb, Kettenantrieb, Spindelantrieb oder dergleichen ausgebildet. Bevorzugt ist der Antrieb des Stators so ausgebildet, dass eine axiale Position des Stators gehalten werden kann. Dies ist bevorzugt dadurch realisiert, dass der Antrieb des Stators selbsthemmend ausgebildet ist.

[0025] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist der Rotor axial verschieblich gelagert und die Verstelleinrichtung dazu eingerichtet, den Rotor axial zu verschieben, um wenigstens teilweise die Verengung zwischen Rotor und Stator zu erweitern. Es soll verstanden werden, dass auch eine Kombination der beiden Verschiebungen möglich und bevorzugt ist, also, dass sowohl Rotor als auch Stator axial verschoben werden. Hierdurch ist es möglich, die absoluten Wege der Verschiebung klein zu halten.

[0026] In einer Variante ist ein Antriebsstrang, umfassend einen Antriebsmotor und eine Antriebswelle, des Rotors gemeinsam mit dem Rotor verschieblich. Der Rotor ist üblicherweise mittels einer Welle an einen Antriebsmotor, der in der Regel als Elektromotor ausgebildet ist, gekoppelt. Da der Rotor exzentrisch um eine Zentralachse des Stators rotiert, also seine Zentralachse eine Kreisbahn um die Zentralachse des Stators beschreibt, umfasst eine solche Antriebswelle in der Regel auch wenigstens ein Kardangelenke oder Biegestab, um eine exzentrische Drehmomentübertragung zu erlauben. In dieser Ausführungsform ist sowohl der Antriebsmotor als auch die Antriebswelle, die zum Antriebsstrang gehören, gemeinsam mit dem Rotor verschieblich gelagert. Hierdurch ist die Konstruktion des Antriebsstrangs vereinfacht und beispielsweise ist für den Antriebsmotor eine Linearlagerung vorgesehen, die wie oben mit Bezug auf den Stator beschrieben, mit einem dafür vorgesehenen Antrieb versehen sein kann.

[0027] In einer weiteren Variante, die ebenfalls zusätzlich zu der oben beschriebenen Variante ausgebildet sein kann, ist der Rotor samt Antriebswelle gegenüber dem Antriebsmotor verschieblich. In dieser Variante ist bevorzugt, dass zwischen Antriebswelle und dem Antriebsmotor ein Getriebe angeordnet ist, welches eine Axialverschiebung der Antriebswelle erlaubt. Beispielsweise sind Zahnräder des Getriebes so ausgebildet, dass eine Axialverschiebung erlaubt ist. In dieser Variante ist die Anordnung des Antriebsmotors vereinfacht, während die Konstruktion des Getriebes aufwendiger ist, als die bei der vorherigen beschriebenen Ausführungsform. Als weiterer Vorteil ergibt sich aber hierbei, dass die Masse der verschieblichen Teile geringer ist. Ferner ist es möglich, den Antriebsmotor separat zu lagern.

[0028] In einer Variante, oder zusätzlich hierzu, ist die Antriebswelle wenigstens zweiteilig ausgebildet und weist ein Expansionsglied auf, welches ein Verlängern und Verkürzen der Antriebswelle zum axialen Verschieben des Rotors erlaubt. Die Antriebswelle kann in diesem Ausführungsbeispiel teleskopartig gebildet sein und selbsttätig die Verlängerung ausüben, oder für den Rotor ist ein separater Antrieb zum Verschieben des Rotors vorgesehen. Beispielsweise ist denkbar, dass in der An-

triebswelle ein hydraulisch betriebenes Expansionsglied angeordnet ist, welches durch Beaufschlagung mit hydraulischem Druck eine axiale Verstellung erlaubt. Alternativ zu einem hydraulischen Expansionsglied kann auch ein mechanisch wirkendes Expansionsglied, beispielsweise im Sinne eines Spindeltriebs vorgesehen sein.

[0029] Alternativ oder zusätzlich ist eine separate Antriebseinheit für den Rotor vorgesehen, die den Rotor axial verschiebt, während das Expansionsglied passiv ist und diese Verschiebung erlaubt. Hierdurch ist die Konstruktion weiter vereinfacht.

[0030] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist die Längsachse des Stators im Betrieb im Wesentlichen vertikal bzw. aufrecht ausgerichtet und der Auslass des Stators ist oben angeordnet. Hierdurch ergeben sich weitere Vorteile. Einerseits wird die Verengung bzw. Vorspannung zwischen Rotor und Stator nicht im unteren Statorbereich durch das zusätzliche Gewicht des Rotors verengt bzw. erhöht. Ein weiterer Vorteil ergibt sich dadurch, dass bei Änderung der Spaltgeometrie bis hin zu einem Leckagespalt, Flüssigkeit wieder nach unten, in Richtung des Einlasses strömt, und so ein zusätzlicher Kühleffekt erzielt wird. Besonders vorteilhaft in dieser Variante ist, dass wenn nicht nur Flüssigkeit, sondern auch Gas gefördert wird, die Flüssigkeit stets im Bereich der Kontaktstellen, das heißt im Bereich der Dichtlinie, vorhanden ist und somit auch bei Fördern von einem hohen Gasanteil stets eine Kühlung der Dichtlinie gewährleistet ist. Hierdurch wird effektiv eine Erwärmung und somit eine Erhöhung der Reibung und der Vorspannung, bzw. eine übermäßige Verringerung der Verengung vermieden. Dies beugt weiterem Verschleiß vor. Die vertikale Anordnung ist ferner platzsparend und die Exzentrerschneckenpumpe lässt sich besonders einfach in bereits bestehende Anlagen einbauen. Die vertikale Anordnung wird dadurch ermöglicht, dass die Verengung erweitert werden kann.

[0031] In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung ist der Stator wenigstens im Bereich der Innenwand aus einem nachgiebigen Material, insbesondere einem Elastomer, gebildet.

[0032] Hierdurch wird einerseits die Fertigung des Stators vereinfacht, andererseits auch eine gute Abdichtung zwischen Stator und Rotor erzeugt. In einer Variante kann vorgesehen sein, dass die Innenwand des Stators mit einer im Wesentlichen gleichmäßig dicken Schicht aus Elastomermaterial verkleidet ist. In einer anderen Variante ist der gesamte Stator aus Elastomermaterial gebildet und äußerlich mit einer Manschette zur Stabilisierung versehen.

[0033] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Verstelleinrichtung ausgebildet ist, um die Verengung zwischen Rotor und Stator vor Beginn eines Anlaufvorgangs oder während oder nach einem Auslaufvorgang eines Antriebsmotors zur Drehung des Rotors zu erweitern, und um die Verengung zwischen Rotor und Stator vor Beginn während

des Anlaufvorgangs des Antriebsmotors zu verringern. Gemäß dieser Ausführungsform wird die Verengung zwischen Rotor und Stator im Zuge des Beginns eines Fördervorgangs der Exzentrerschneckenpumpe, also beim Anlaufen oder nach dem Anlaufen eines Antriebsmotors, der die Rotationsbewegung des Rotors gegenüber dem Stator erzeugt, von einer erweiterten Verengung auf eine verlängerte Verengung verstellt. Hierdurch wird die Exzentrerschneckenpumpe von einem anfangs hohen inneren Leakagestrom auf einen verringerten Leakagestrom verstellt. Diese Verstellbewegung dient dazu, das Fördervolumen und/oder den Förderdruck der Exzentrerschneckenpumpe bei Starten des Fördervorgangs nicht schlagartig aufzubauen, was eine hohe Belastung der Exzentrerschneckenpumpe und der angeschlossenen Leitungen verursachen würde, sondern über einen Startzeitraum kontinuierlich aufzubauen. Dieser Startzeitraum kann im Bereich von einer Sekunde mehreren Sekunden liegen. Insbesondere ist diese Ausführungsform vorteilhaft, wenn ein Antriebsmotor verwendet wird, der keinen über einen Frequenzumrichter gesteuerte Drehzahlregelung aufweist, sondern stattdessen bei Anlaufen eine sofortige Erhöhung auf Nennzahl aufweist.

[0034] Grundsätzlich ist zu verstehen, dass zum Zwecke dieser Regelung die Verengung zwischen Stator und Rotor jeweils am Ende eines Fördervorgangs erweitert werden kann, damit diese bei einem nachfolgenden Beginn eines Fördervorgangs in einem erweiterten Zustand ist oder dass vor dem Anlaufen des Antriebsmotors bei Starten eines Fördervorgangs zunächst eine entsprechende Erweiterung der Verengung durchgeführt wird, um dann nach Durchführung dieser Erweiterung diesen Antriebsmotor zu starten. Auf beide Weisen kann sichergestellt werden, dass dann, wenn der Antriebsmotor gestartet wird, keine verringerte Verengung oder gar ein direkter Dichtkontakt zwischen Stator und Rotor vorherrscht, der ein hohes Fördervolumen und einen hohen Förderdruck verursachen von Beginn an und sofortig verursachen würde.

[0035] Noch weiter ist es bevorzugt, wenn die Verstellereinrichtung eine Eingangsschnittstelle zum Empfang eines Drucksignals aufweist und ausgebildet ist, um die Verengung zwischen Rotor und Stator in Abhängigkeit des Drucksignals zu erweitern oder zu verringern. Gemäß dieser Fortbildung ist die Verstellereinrichtung die grundsätzlich eine entsprechende Regelungseinheit, die als elektronische Regelungseinheit ausgeführt sein kann, aufweisen kann, ausgebildet, um eine Änderung der Verengung zwischen Rotor und Stator in Abhängigkeit eines Drucksignals durchzuführen. Das Drucksignal kann dabei ein Druck auf der Eingangsseite, ein Druck innerhalb des Stators oder ein Druck auf der Ausgangsseite des Stators sein, also insbesondere auch ein druckseitiger Druck der Exzentrerschneckenpumpe. Auf diese Weise kann eine exakte Einstellung eines Drucks erfolgen, es kann weiterhin ein vorgegebener Druckverlauf durch entsprechende Einstellung der Verengung als Istwertverlauf eingeregelt werden. Diese Einstellung bzw.

Einregelung erfolgt erfindungsgemäß durch Erweiterung oder Verringerung der Verlängerung zwischen Rotor und Stator, was gegenüber einer etwaig auch möglichen Regelung der Drehzahl von Rotor und Stator eine wesentlich präzisere, spontanere und trägheitsärmere Einstellung bzw. Einregelung ermöglicht. Insbesondere kann diese Ausführungsform auch dazu genutzt werden, um eine Überdrucksicherung bereitzustellen. In diesem Fall wird bei Erreichen eines bestimmten Drucks bzw. Überschreiten des bestimmten Drucks die Verengung zwischen Rotor und Stator erweitert und hierdurch ein Ansteigen des Drucks über einen bestimmten Maximaldruck verhindert.

[0036] Weiterhin kann die erfindungsgemäße Exzentrerschneckenpumpe weiter fortgebildet werden, indem die Verstellereinrichtung eine Eingangsschnittstelle zum Empfang eines Volumenmengensignals aufweist und ausgebildet ist, um die Verengung zwischen Rotor und Stator in Abhängigkeit des Volumenmengensignals solcherart zu erweitern, dass bei einem Wert des Volumenmengensignals, der signalisiert, dass ein seit Beginn eines Fördervorgangs gefördertes Volumen einem Sollvolumen entspricht, die Verengung zwischen Rotor und Stator solcherart erweitert wird, dass keine weitere Förderung eines Volumens aus dem Auslass des Stators mehr stattfindet. Gemäß dieser Ausführungsform ist die Verstellereinrichtung dazu ausgebildet, um ein Volumenmengensignal zu empfangen. Grundsätzlich kann dieses Volumenmengensignal ein Sollvolumen charakterisieren, das durch die Exzentrerschneckenpumpe gefördert werden soll. Dies bedeutet, dass von Beginn bis Ende eines zusammenhängenden Fördervorgangs, also eines Dauerbetriebs der Exzentrerschneckenpumpe, ein bestimmtes Volumen durch die Exzentrerschneckenpumpe gefördert werden soll. Grundsätzlich haben die Erfinder erkannt, dass eine solche exakte Dosierung einer bestimmten Fördermenge aufgrund von Trägheit und Nachlaufeffekten nicht in ausreichend genauer Weise durch eine Steuerung und Regelung des Antriebsmotors, der den Rotor antreibt, erreicht werden kann. Erfindungsgemäß wird stattdessen die Verengung zwischen Rotor und Stator solcher Art verstellt, dass die exakte Dosierung dadurch eingestellt bzw. eingeregelt werden kann. Dies bedeutet insbesondere, dass bei Erreichen der gewünschten Volumenmenge, also des Volumenmengensollwerts, die Verengung solcher Art erweitert wird, dass kein weiteres Volumen durch die Exzentrerschneckenpumpe gefördert wird. Insbesondere kann die Einstellung oder Einregelung der Verengung zwischen Rotor und Stator solcher Art erfolgen, dass dann, wenn nur noch ein geringer Anteil des gewünschten Sollwertvolumens zu fördern ist, eine Erweiterung der Verengung zwischen Rotor und Stator eingestellt wird und auf diese Art und Weise die Fördermenge in einer oder zwei Stufen oder kontinuierlich verringert wird. Das Istwertvolumen kann hierbei durch einen entsprechenden Volumenmengemesser erfasst werden oder kann rechnerisch aus der Anzahl der Umdrehungen der Exzentrerschnecken-

pumpe und dem Maß der Verengung zwischen Rotor und Stator über den Förderzeitraum berechnet werden. Als Volumenmengensignal kann ein Sollwertsignal von der Verstelleinrichtung erfasst werden bzw. in die Verstelleinrichtung eingegeben werden, in diesem Fall erfolgt die Berechnung der Stellgröße für die Verengung zwischen Rotor und Stator innerhalb der Verstelleinrichtung und kann durch interne Berechnung oder zusätzliche Eingabe von Istwerten in die Verstelleinrichtung ausgeführt werden. Das Volumenmengensignal kann auch ein Differenzsignal sein, das aus Sollwert und Istwert ermittelt wurde, um hieraus direkt eine Stellgrößenberechnung innerhalb der Verstelleinrichtung zu ermöglichen. Es ist weiter bevorzugt, dass die Verstelleinrichtung ausgebildet ist, um die axialen Relativposition von Rotor zum Stator zu verstellen, während der Rotor sich relativ zum Stator dreht. Diese Ausgestaltung zur Axialverstellung im laufenden Betrieb der Pumpe kann beispielsweise durch eine von außen zugängliche oder von außen ansteuerbare Verstelleinrichtung verwirklicht sein. Die Verstelleinrichtung kann als ein energiebetriebener Aktuator ausgeführt sein und so die Verstellung während der Rotation des Rotors ermöglichen, beispielsweise indem ein hydraulisch, pneumatisch oder elektrisch betriebener Aktuator an der Pumpe bereitgestellt ist für die Axialverstellung zwischen Rotor und Stator.

[0037] Gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung wird die eingangs genannte Aufgabe gelöst durch ein Verfahren zum Betrieb einer Exzentrerschneckenpumpe nach wenigstens einer der vorstehend beschriebenen bevorzugten Ausführungsformen einer Exzentrerschneckenpumpe gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung, mit den Schritten: Antreiben des Rotors zum Fördern einer Flüssigkeit; Erweitern der Verengung zwischen Rotor und Stator durch relatives axiales Verschieben von Rotor und Stator zueinander. Es soll verstanden werden, dass die Exzentrerschneckenpumpe gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung sowie das Verfahren gemäß dem zweiten Aspekt der Erfindung gleiche und ähnliche bevorzugte Ausgestaltungen aufweisen, wie sie insbesondere in den Unteransprüchen niedergelegt sind. Insofern wird vollumfänglich auf die obige Beschreibung des ersten Aspekts der Erfindung Bezug genommen.

[0038] Das Verfahren weist ferner bevorzugt den Schritt: Einstellen eines Leckagespalts zwischen Rotor und Stator auf. Das Einstellen des Leckagespalts wird bevorzugt während des Antreibens des Rotors zum Fördern einer Flüssigkeit ausgeführt. Das heißt, das Verschieben des Rotors und Stators zueinander, wie auch das Einstellen eines Leckagespalts findet bevorzugt während des Betriebs statt, bevorzugt nämlich dann, wenn ein Betriebsparameter einen Schwellenwert erreicht oder überschreitet.

[0039] Bevorzugt umfasst das Verfahren ferner den Schritt: Messen einer Temperatur des Rotors und/oder des Stators; und in Abhängigkeit von der gemessenen Temperatur, relatives axiales Verschieben von Rotor und Stator. Wird beispielsweise eine Schwellwerttemperatur,

die vorbestimmt ist, überschritten, werden in Abhängigkeit dieses Überschreitens Rotor und Stator relativ zueinander axial verschoben, sodass die Verengung erweitert wird. Es kann auch vorgesehen sein, dass bei sinkender Temperatur wiederum eine Verkleinerung der Verengung, bis hin zu einem Kontakt unter Vorspannung ausgeführt wird, um so eine Leckage gering zu halten. Bevorzugt wird die Temperatur des Rotors und/oder des Stators permanent gemessen, bevorzugt in vorbestimmten kleinen Zeitabständen. In Abhängigkeit dieser Messungen wird dann bevorzugt dynamisch eine Verschiebung zwischen Rotor und Stator ausgeführt, sodass die zwischen Rotor und Stator vorhandene Verengung und somit die Spaltgeometrie stets im Einklang mit der gemessenen Temperatur ist, sodass Verschleiß verhindert werden kann.

[0040] Bevorzugt werden weiterhin die Schritte ausgeführt: Bestimmen eines Flüssigkeitsstands am Einlass des Stators; und in Abhängigkeit des bestimmten Flüssigkeitsstands, relatives axiales Verschieben von Rotor und Stator. Der Flüssigkeitsstand wird vorzugsweise mittels eines Flüssigkeitssensors bestimmt. Es kann vorgesehen sein, dass der Flüssigkeitsstand nur bezüglich einer bestimmten Schwelle bestimmt wird, beispielsweise die Hälfte des maximalen Einlassstroms. Basierend auf dem bestimmten Flüssigkeitsstand wird dann ein relatives axiales Verschieben von Rotor und Stator, vorzugsweise um einen vorbestimmten festen Wert, ausgeführt. Hierdurch wird die Verengung erweitert und so Verschleiß vorgebeugt. Es kann auch vorgesehen sein, dass bei erneutem Steigen des Flüssigkeitsstands die Verengung wieder verringert wird, d.h. ein kleiner Spalt oder Kontakt eingestellt wird, um so eine optimale Spaltgeometrie und Förderung zu erzielen. In einer bevorzugten weiteren Ausführungsform weist das Verfahren ferner auf: Bestimmen eines geförderten Flüssigkeitsvolumens pro Umdrehung des Rotors; und in Abhängigkeit des bestimmten Flüssigkeitsvolumens, relatives axiales Verschieben von Rotor und Stator. Ein geringes gefördertes Flüssigkeitsvolumen pro Umdrehung des Rotors deutet darauf hin, dass ein relativ hoher Anteil an Gas gefördert wird. Eine Förderung von Gas verhindert einerseits die Schmierung zwischen den sich berührenden Teilen, andererseits auch eine Kühlung. In diesem Fall, wenn relativ viel Gas gefördert wird und wenig Flüssigkeit pro Umdrehung des Rotors, ist bevorzugt, dass die Verengung erweitert wird, um so Verschleiß vorzubeugen.

[0041] Das Verfahren kann weiterhin fortgebildet werden, indem die Verengung zwischen Rotor und Stator zu Beginn eines Anlaufens eines Antriebsmotors zum Rotieren des Rotors erweitert ist, und die Verengung zwischen Rotor und Stator nach Beginn eines Anlaufens des Antriebsmotors verringert wird. Mit dieser Verfahrensfortbildung wird ein sanftes Anlaufverhalten mit einer nicht schlagartigen Erhöhung von Fördervolumen und Förderdruck erreicht. Zu den Vorteilen, Varianten und Aspekten dieser Fortbildung wird auf die voranstehende Beschreibung zu der hierzu korrespondierenden Ausge-

staltung der Exzentrerschneckenpumpe Bezug genommen.

[0042] Weiter ist es bevorzugt, wenn ein Druck mittels eines Drucksensors erfasst wird, und die Verengung zwischen Rotor und Stator in Abhängigkeit des Drucks erweitert oder verringert wird. Mit dieser Ausführungsform des Verfahrens wird eine exakte Einregelung eines Drucks, eines Druckverlaufs oder die Einhaltung eines Mindestdrucks und/oder eines Maximaldrucks erreicht, indem die Verengung zwischen Rotor und Stator entsprechend eingestellt wird. Dies ermöglicht eine spontane und exakte Druckregelung. Hierzu wird Bezug auf die entsprechende korrespondierende Ausgestaltung der Exzentrerschneckenpumpe und die voranstehende Beschreibung hierzu genommen.

[0043] Noch weiter ist es bevorzugt, wenn eine Sollvolumenmenge erfasst wird, und die Verengung zwischen Rotor und Stator in Abhängigkeit der Sollvolumenmenge erweitert oder verringert wird. Gemäß dieser Ausführungsform wird die Exzentrerschneckenpumpe als exakte Dosierpumpe eingesteuert bzw. eingeregelt. Hierzu wird eine Sollvolumenmenge eingegeben bzw. durch die Exzentrerschneckenpumpe aufgenommen und die Verengung zwischen Rotor und Stator in Abhängigkeit dieser Sollvolumenmenge erweitert oder verringert. Diese Erweiterung bzw. Verringerung der Verengung zwischen Rotor und Stator wird dabei solcher Art eingestellt, dass bei Erreichen der Sollvolumenmenge das Fördervolumen auf 0 reduziert ist. Dies kann durch eine entsprechende Erweiterung der Verengung erfolgen oder kann in Verbindung mit einer solchen Erweiterung und einem Beenden der Rotation des Rotors erfolgen. Insbesondere kann durch eine stufenweise oder kontinuierliche Erweiterung oder Verengung eine exakte Dosierung auf die gewünschte Sollvolumenmenge erfolgen, wenn eine solche Erweiterung dann durchgeführt wird, wenn nur noch ein geringer Anteil der Sollvolumenmenge gefördert werden muss, um die Sollvolumenmenge zu erreichen. Auch zu dieser Ausführungsform wird Bezug genommen auf die voranstehende Erläuterung der hierzu korrespondierenden Ausführungsform der Exzentrerschneckenpumpe.

[0044] Nachstehend wird die Erfindung anhand von fünf Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beiliegenden Figuren näher erläutert. Dabei zeigen:

- Fig. 1 einen schematischen Querschnitt durch eine Exzentrerschneckenpumpe gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel;
- Fig. 2a einen schematischen Querschnitt durch eine Exzentrerschneckenpumpe entlang der Längsachse bei eingestellter Dichtlinie;
- Fig. 2b einen schematischen Querschnitt senkrecht zur Längsachse gemäß Figur 2a;
- Fig. 2c einen schematischen Querschnitt senkrecht

zur Längsachse gemäß Figur 2a;

- Fig. 3a einen schematischen Querschnitt durch eine Exzentrerschneckenpumpe entlang der Längsachse bei eingestelltem Leckagespalt;
- Fig. 3b einen schematischen Querschnitt senkrecht zur Längsachse gemäß Figur 3a;
- Fig. 3c einen schematischen Querschnitt senkrecht zur Längsachse gemäß Figur 3a;
- Fig. 4 einen schematischen Querschnitt durch eine Exzentrerschneckenpumpe gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel;
- Fig. 5 einen schematischen Querschnitt durch eine Exzentrerschneckenpumpe gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel;
- Fig. 6 einen schematischen Querschnitt durch eine Exzentrerschneckenpumpe gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel;
- Fig. 7 einen schematischen Querschnitt durch eine Exzentrerschneckenpumpe gemäß einem fünften Ausführungsbeispiel; und
- Fig. 8 ein Flussdiagramm eines Ausführungsbeispiels eines Verfahrens zum Betrieb einer Exzentrerschneckenpumpe.

[0045] Eine Exzentrerschneckenpumpe 1 weist einen Stator 2 und einen Rotor 4 auf. Der Stator hat eine Zentralachse Li, die sich zentral durch eine innere Kavität 6 des Stators 2 erstreckt. Der Stator 2 weist eine Innenwand 8 auf, die die Kavität 6 begrenzt und aus einem Elastomermaterial gebildet ist. Die innere Kontur der Wand 8 ist so gebildet, dass sie eine doppelgängige Schraubenlinie definiert. Der Rotor 4 ist ebenfalls insgesamt schraubenförmig gebildet, wobei die Steigung der Schraubenlinienform des Stators 2 eine doppelte Steigung mit Bezug auf den Rotor 4 aufweist. Hierdurch bilden sich einzelne Kammern 5, die durch eine Verengung 7 getrennt sind.

[0046] Der Stator 2 weist ferner einen Einlass 10 und einen Auslass 12 auf. Der Einlass 10 ist mit einem Einlassgehäuse 14 verbunden, welches einen Einlassflansch 16 aufweist, an dem ein Einlassrohr 18 angeflanscht ist. Der Auslass 12 ist weiterhin mit einem Auslassgehäuse 20 versehen, welches einen Auslassflansch 22 aufweist, an welchem ein Auslassrohr 24 angeflanscht ist.

[0047] Durch das Einlassgehäuse 14 erstreckt sich eine Antriebswelle 26, die über ein erstes Kardangelen 28 mit dem Rotor 4 verbunden ist, und mit einem zweiten Kardangelen 30 mit einer Abtriebswelle 32 eines Getriebes 34 in Verbindung steht. Anstelle einer solchen

Antriebswelle 26 mit zwei Kardangelenken 28, 30 ist es ebenso bevorzugt eine dünne Biegewelle zu verwenden, die den exzentrischen Antrieb erlaubt. Das Getriebe 34 ist eingangsseitig mit einem Antriebsmotor 36 verbunden, der gemäß diesem Ausführungsbeispiel als Elektromotor ausgebildet ist.

[0048] Die Exzentrerschneckenpumpe 1 weist erfindungsgemäß eine Verstelleinrichtung 39 zum Erweitern der Verengung 7 zwischen Rotor 4 und Stator 2 auf, um eine optimale Spaltgeometrie einzustellen. Gemäß diesem Ausführungsbeispiel (Fig. 1) ist die Verstelleinrichtung 39 so ausgebildet, dass der Stator 2 axial verschieblich gelagert ist. Der Stator 2 ist entlang der Längsachse L_1 verschieblich, wie durch den Pfeil 38 angezeigt. Dazu ist der Stator 2 in Abschnitten des Einlassgehäuses 14 und des Auslassgehäuses 20 aufgenommen, welche mit einer Dichtung 40, 42 abgedichtet sind. Zum Verschieben des Stators 2 weist die Verstelleinrichtung 39 einen Eingriffsabschnitt 44 auf, der mit einem dafür vorgesehenen Antrieb in Verbindung stehen kann.

[0049] Die Fig. 2a, 2b und 2c sowie 3a, 3b und 3c illustrieren die Änderung der Spaltgeometrie, das heißt die Erweiterung der Verengung 7 anhand einer schematischen Darstellung.

[0050] Während die Fig. 2a - 2c eine Spaltgeometrie mit einem Dichtspalt zeigen, bei dem Kontakt zwischen Rotor 4 und Stator 2 besteht, illustrieren die Fig. 3a - 3c eine Erweiterung der Verengung 7, sodass ein Leckagespalt S eingestellt ist. Fig. 2b zeigt einen Schnitt entlang der Längsachse L_1 , wie auch in Fig. 1 dargestellt. Der Rotor 4 ist in einer maximal oberen Position bezogen auf die Fig. 2a - 2c, was sich insbesondere anhand der Fig. 2a und 2c erkennen lässt, die jeweils Schnitte senkrecht zur Längsachse L_1 zeigen. Fig. 2a zeigt einen Schnitt nahe des Einlasses 10 und Fig. 2c einen Schnitt am Auslass 12. Wie insbesondere anhand der Fig. 2a und 2c zu erkennen ist, liegt der Rotor 4 mit einem Abschnitt seiner Umfangsfläche 3 an einer Innenwand 9 des Stators 2 an. Durch den Kontakt ist eine Dichtlinie D in der Verengung 7 gebildet. In der Regel ist vorgesehen, dass der Rotor 4 derart axial in dem Stator 2 positioniert ist, dass sich eine Verspannung in radialer Richtung ergibt. Der Stator 2 ist aus einem flexiblen Material wie insbesondere einem Elastomer gebildet. Eine Vorspannung in radialer Richtung führt folglich zu einer elastischen Verformung des Stators 4 im Bereich der Dichtlinie D. Hierbei ist die Reibung verhältnismäßig hoch. Hohe Reibung führt auch zu hohem Verschleiß. Im Betrieb kann es dazu kommen, dass diese radiale Vorspannung weiter zunimmt, beispielsweise aufgrund eines Quellens des Materials des Stators 2 oder aufgrund einer Ausdehnung der Materialien durch Wärmeeintrag.

[0051] Auch bei scherempfindlichen Medien ist es beispielsweise bevorzugt, eine Dichtlinie D auszubilden und gleichzeitig auch eine verhältnismäßig hohe radiale Vorspannung zu erzielen, sodass Medium an den Dichtlinien D zwischen den Kammern 5 klar getrennt ist und wenig Scherung stattfindet.

[0052] Durch eine axiale Verstellung des insgesamt konisch ausgebildeten Rotors 4 ist es möglich, die Verengung 7 zu erweitern und so eine radiale Vorspannung zu reduzieren oder sogar einen Leckagespalt S anstelle einer Dichtlinie D einzustellen. Es soll verstanden werden, dass auch ein Leckagespalt S abdichtet; der Rotor 4 schwimmt in diesem Zustand auf einem Flüssigkeitsfilm in der Verengung 7. Die Erweiterung der Verengung wird dadurch erreicht, dass der Rotor 4 in Richtung der konischen Erweiterung verschoben wird, das heißt in Bezug auf die Fig. 2a - 3c nach links. Hierdurch wird die Verengung 7 erweitert, und es kann sich ein Leckagespalt S ausbilden.

[0053] Im umgekehrten Fall ist es auch möglich, die Verengung 7 zu verkleinern, das heißt weiter zu verengen, um zum Beispiel einen Leckagespalt S zu entfernen und eine Dichtlinie einzustellen. Dies kann beispielsweise bei hohen Drücken zweckdienlich sein. Hohe Drücke können dazu führen, dass der Stator 2 radial aufgeweitet wird und sich selbsttätig ein Leckagespalt S einstellt. Um dann immer noch die optimale Spaltgeometrie zu erhalten, ist in einem solchen Fall eine axiale Verschiebung in Richtung der konischen Verengung, das heißt in Bezug auf die Fig. 2a - 3c nach rechts, erforderlich.

[0054] Die Exzentrizität e_1 , e_2 ist in diesem Ausführungsbeispiel (Fig. 2a-3c) konstant, während der Durchmesser D_1 , D_2 des Rotor 4 in Richtung des Auslasses 12 abnimmt. Das heißt, e_1 und e_2 sind identisch, während D_1 größer als D_2 ist. Es sind aber auch Ausführungsformen umfasst, bei denen der Durchmesser konstant ist, also D_1 identisch zu D_2 ist, und sich die Exzentrizität verändert, d.h. beispielsweise dass e_1 größer als e_2 ist. Der Effekt beim axialen Verschieben ist dann entsprechend.

[0055] Fig. 4 zeigt ein gegenüber Fig. 1 verändertes Ausführungsbeispiel, wobei ähnliche Elemente mit demselben Bezugszeichen bezeichnet sind. Insofern wird vollumfänglich auf die obige Beschreibung zum ersten Ausführungsbeispiel (Fig. 1) Bezug genommen. In Bezug auf die Geometrie des Spalts in der Verengung 7 wird auf die Figuren 2a bis 3c verwiesen.

[0056] Im Unterschied zum ersten Ausführungsbeispiel ist in diesem Ausführungsbeispiel (Fig. 4) die Verstelleinrichtung 39 so ausgebildet, dass der Rotor 4 axial verschieblich ist, und zwar mitsamt dem kompletten Antriebsstrang 25, der gemäß diesem Ausführungsbeispiel aus der Antriebswelle 26, dem Getriebe 34 und dem Antriebsmotor 36 besteht. Insofern zeigt der Pfeil 37 an, dass auch der Antriebsmotor 36 mitverschoben wird. Dazu ist das Gehäuse 46 des Getriebes 34 in einem dem Einlass 10 des Stators 2 gegenüberliegenden Abschnitt 48 des Einlassgehäuses 14 verschieblich gelagert und durch eine Dichtung 50 gegenüber der Umgebung abgedichtet.

[0057] Zum Verschieben des Rotors 4 in axialer Richtung ist hierzu ein separater Antrieb 52 vorgesehen, der über einen Spindeltrieb 54 (nur schematisch gezeigt) den Antriebsstrang 25 so verschieben kann, dass die Ver-

gung 7 zwischen Rotor 4 und Stator 2 erweitert wird. Wenn dies erforderlich ist, kann die Verengung 7 so weit erweitert werden, dass sich zwischen Rotor 4 und Stator 2 ein Leckagespalt S im Bereich der Dichtlinie D ergibt. Hierbei ist eine Vorspannung zwischen Rotor 4 und Stator 2 meist nicht vollständig aufgehoben, da ein Gegen-
druck der geförderten Flüssigkeit besteht.

[0058] Über eine Signalleitung 56 ist der Antrieb 52 dazu vorzugsweise mit einer Steuerung verbunden. Vorzugsweise ist die Steuerung integriert oder verbunden mit einer Steuerung 58, beispielsweise über die Signalleitung 60. Die Steuerung verfügt vorzugsweise über eine Eingangsschnittstelle, über welche Steuerungs- oder Regelungsdaten eingegeben werden und ist dazu ausgebildet, um die Steuerung oder Regelung in Abhängigkeit dieser Steuerungs- oder Regelungsdaten auszuführen. Beispielsweise kann über diese Schnittstelle ein Sollvolumen oder eine Differenz zwischen einem Sollvolumen und einem Istvolumen in die Steuerung eingegeben werden. Die Schnittstelle kann dabei eine Benutzerschnittstelle oder eine Schnittstelle zum Anschluss eines Sensors oder Schalters sein. Die Steuerung 58 dient dazu zu bestimmen, ob und wie stark die Spaltgeometrie verändert, also die Verengung 7 zwischen Rotor 4 und Stator 2 erweitert werden soll. In diesem Ausführungsbeispiel ist die Steuerung 58 dazu zunächst mit einem Sensor 62 verbunden, der in dem Stator 2 angeordnet ist. Der Sensor 62 ist als Temperatursensor ausgebildet und dient dazu, die Temperatur des Stators 2 zu erfassen. Es soll verstanden werden, dass der Sensor 62 auch so angeordnet sein kann, dass er die Temperatur des Rotors 4 erfasst. Dazu kann der Sensor 62 entweder die äußere Oberfläche des Rotors 4 detektieren, oder dieser Sensor oder ein zusätzlicher kann in dem Rotor 4 angeordnet sein. Die Steuerung 58 bestimmt dann basierend auf der Temperatur, die durch den Sensor 62 gemessen wurde, ob eine Schwellwerttemperatur erreicht wurde und basierend darauf, ob und wie stark die Spaltgeometrie verändert werden soll. Dieses Ergebnis wird in Form eines Verstellsignals über die Leitung 60 und 56 an den Antrieb 52 gesandt, sodass der Antriebsstrang 25 verschoben wird, um die Verengung 7 zwischen Rotor 4 und Stator 2 zu erweitern.

[0059] In diesem Ausführungsbeispiel (Fig. 4) weist die Exzentrerschneckenpumpe 1 ferner einen Füllstandsensor 64 auf, der den Füllstand an Flüssigkeit am Einlass 10 des Stators 2 bestimmt. Auch dieser Sensor 64 ist mit der Steuerung 58 verbunden. Die Steuerung 58 bestimmt basierend auf dem empfangenen Füllstand eine Verschiebung des Rotors 4 gegenüber dem Stator 2 und sendet ein entsprechendes Signal an den Antrieb 52 zum Verstellen des Antriebsstrangs 25.

[0060] Weiterhin weist die Exzentrerschneckenpumpe 1 gemäß diesem Ausführungsbeispiel (Fig. 4) einen Durchflusssensor 66 auf, der einen Durchfluss an Flüssigkeit durch den Stator 2 misst. Auch dieser Sensor 66 ist mit der Steuerung 58 verbunden, die Steuerung 58 bestimmt basierend auf dem Signal des Sensors 66 und

der Drehzahl des Rotors 4 die Durchflussmenge, bzw. das Durchflussvolumen pro Umdrehung. Ist dieses gering, spricht dies auch dafür, dass relativ viel Gas gefördert wird, wodurch die Reibung zwischen Rotor 4 und Stator 2 erhöht ist und gleichzeitig auch die Kühlung verringert ist. Dies führt in der Regel zu einer höheren Materialausdehnung und wiederum zu einer erhöhten Vorspannung zwischen Rotor 4 und Stator 2 und in der Folge zu erhöhtem Verschleiß. Eine Anpassung der Spaltgeometrie ist dann bevorzugt. Anstelle des Durchflusssensors 66 kann auch ein Drucksensor 66 vorgesehen sein, der eine Druckregelung mittels der Verstellung der Verengung zwischen Rotor und Stator ermöglicht. Mit einem solchen Drucksensor kann auch die Einhaltung eines Minimaldrucks oder eines Maximaldrucks mittels Verstellung der Verengung eingeregelt oder gesteuert werden. Grundsätzlich ist zu verstehen, dass ein solcher Drucksensor auch zusätzlich zu dem Durchflusssensor 66 vorgesehen sein kann. Der Drucksensor kann zudem auch im Bereich des Stators oder einlassseitig angeordnet sein.

[0061] Es soll verstanden werden, dass auch Ausführungsformen bevorzugt sind, bei denen nur einer der drei Sensoren 62, 64, 66 vorhanden ist. Es soll ferner verstanden werden, dass die Steuerung 58 auch in die Steuerung des Antriebs 52 und/oder in die Steuerung des Antriebsmotors 36 integriert sein kann.

[0062] Fig. 5 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel, das grundsätzlich ähnlich zu dem Ausführungsbeispiel aus Fig. 4 ist. Gleiche und ähnliche Elemente sind wiederum mit gleichen Bezugszeichen versehen, sodass vollumfänglich auf die obige Beschreibung Bezug genommen wird. Es soll verstanden werden, dass die Sensoren 62, 64, 66, die mit Bezug auf die Fig. 4 beschrieben wurden, ebenso bei den Ausführungsbeispielen der Figuren 1, 5, 6 und 7 eingesetzt werden können, separat oder in Kombination.

[0063] Gemäß diesem Ausführungsbeispiel (Fig. 5) ist wiederum der Rotor 4 verschieblich zum ortsfesten Stator 2 angeordnet. Allerdings ist in diesem Ausführungsbeispiel der Antriebsmotor 36 ebenfalls ortsfest und nicht verschieblich. Insgesamt ist die Abtriebswelle 26 wiederum über ein Kardangelenk 30 mit der Abtriebswelle 32 des Antriebsmotors 36 gekoppelt. Um eine Verschiebung von Rotor 4 und Abtriebswelle 26 zu ermöglichen, ist die Abtriebswelle 32 axial verschieblich in dem Abtriebszahnrad 68 des Getriebes 34 gelagert. Das Zahnrad 68 ist mit einer axialverschieblichen Welle-Nabe-Verbindung mit der Abtriebswelle 32 gekoppelt. Das Getriebe 34 ist also mit einem als Hohlwelle ausgeführten Zahnrad 68 ausgestattet, in welchem die Welle 32 verschoben werden kann. Die Abtriebswelle 32 ist ihrerseits durch eine Dichtung 70 geführt, sodass keine Flüssigkeit von dem Antriebsseingehäuse 14 in das Getriebe 34 dringen kann. An einem äußerlich liegenden Abschnitt 72 der Abtriebswelle 32 kann wiederum ein Antrieb 52 (vgl. Fig. 4) angeordnet sein, um die axiale Verschiebung der Abtriebswelle 32 und in Folge des Rotors 4 zu ermöglichen.

chen.

[0064] Eine weitere, demgegenüber veränderte Ausführungsform ist in Fig. 6 dargestellt. wiederum sind gleiche und ähnliche Elemente mit gleichen Bezugszeichen versehen, sodass vollumfänglich auf die obige Beschreibung Bezug genommen wird.

[0065] Auch im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 6 ist der Rotor 4 verschieblich, während der Stator 2 ortsfest in dem Einlassgehäuse 4 und dem Auslassgehäuse 20 aufgenommen ist. Gemäß diesem Ausführungsbeispiel ist die Antriebswelle 26 zweiteilig ausgebildet und weist einen ersten Teil 74 und einen zweiten Teil 76 auf. Die beiden Teile 74, 76 sind teleskopartig ineinander geschoben und zwischen den beiden Teilen 74, 76 ist in einer Ausnehmung 78 in dem ersten Element 74 ein Expansionsglied 80 ausgebildet. Das Expansionsglied 80 dient dazu, die axiale Länge der Antriebswelle 26 durch Verschiebung des zweiten Wellenteils 76 zum ersten Wellenteil 74 zu ermöglichen. Durch die Expansion des Expansionsglieds 80 oder Verkleinerung des Expansionsglieds 80 ist ein Verschieben des Rotors 4 ermöglicht.

[0066] Es ist denkbar das Expansionsglied 80 als passives Expansionsglied, wie insbesondere als Hydraulik, auszubilden. Eine Hydraulik dient dazu, eine Vorspannung zwischen Rotor 4 und Stator 2 in etwa gleich zu halten, sodass die Vorspannkraft, die auf den Rotor 4 wirkt, im Wesentlichen konstant ist. Bei Ausdehnen des Materials des Stators 2 und/oder des Rotors 4 ist es so möglich, dass der Rotor 4 in Bezug auf Fig. 4 nach links ausweichen kann, Ausgleich mittels der Hydraulik im Expansionsglied 80. Hierdurch wird ein übermäßiger Verschleiß ebenso verhindert, wie durch ein aktives, durch einen Antrieb gesteuertes Verstellen von Rotor 4 und/oder Stator 2. Der in der Hydraulik wirkende Druck kann dann an den Pumpendruck angepasst werden.

[0067] Fig. 7 zeigt schließlich ein Ausführungsbeispiel der Exzentrerschneckenpumpe 1, das wiederum eine Verschiebung des Rotors 4 gegenüber dem Stator 2 erlaubt. In diesem Ausführungsbeispiel ist die Antriebswelle 26 wiederum wie in den ersten drei Ausführungsbeispielen der Figuren 1, 4 und 5 einteilig ausgebildet. Die Antriebswelle 26 ist mittels eines Kardangelenks 30 mit der Abtriebswelle 32 verbunden.

[0068] In dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 7 ist der Wellenstummel 82, der das Kardangelenk 28 mit dem Rotor 4 verbindet zweiteilig ausgebildet und weist einen ersten Teil 84 auf, der starr mit dem Rotor 4 verbunden ist und einen zweiten Teil 86, der mit dem Kardangelenk 28 verbunden ist. Die Teile 84 und 86 sind teleskopartig ineinander geschoben und in dem Teil 84 ist ein Expansionsglied 80, entsprechend dem Expansionsglied 80 gemäß Fig. 4, ausgebildet. Dieses Expansionsglied 80 kann wiederum aktiv oder passiv sein, passiv beispielsweise in Form einer Hydraulik. Alternativ kann auch vorgesehen sein, dass an der Stirnseite 88 des Rotors 4 ein Antrieb angreift, der den Rotor 4 axial verschiebt.

[0069] In Fig. 8 ist ein beispielhafter Ablauf eines Verfahrens zum Betrieb einer Exzentrerschneckenpumpe

gemäß einer der vorstehend beschriebenen bevorzugten Ausführungsformen einer Exzentrerschneckenpumpe gemäß einem der Ausführungsbeispiele 1 bis 7 beschrieben. In Schritt 100 wird die Exzentrerschneckenpumpe 1 gestartet und der Rotor 4 in Rotation versetzt. Schritt 102 bezeichnet das Fördern von Flüssigkeit vom Einlass 10 zum Auslass 12 des Stators 2, durch Rotation des Rotors 4. Während dieses Schritts des Förderns 102 wird mittels eines Temperatursensors in Schritt 104 die Temperatur des Stators 2 gemessen.

[0070] Diese gemessene Temperatur wird mit einem oder mehreren Schwellwerten in Schritt 106 verglichen. Im Schritt 108 wird dann bestimmt, ob der eine oder welcher der mehreren Schwellwerte überschritten wurde und wenn kein Schwellwert überschritten wurde, oder bereits die Vorspannung, d.h. auch die axiale Position des Rotors relativ zum Stator und damit die Spaltgeometrie also die Geometrie der Verengung 7 mit dem in Schritt 106 bestimmten Schwellwert übereinstimmt, in Schritt 108 die Wahl getroffen, weiterhin Flüssigkeit zu fördern und zurück zu Schritt 102 gekehrt. Andernfalls wird in Schritt 110 eine entsprechende Vorspannung eingestellt. Nachdem in Schritt S110 gegebenenfalls eine Neueinstellung der Spaltgeometrie erfolgt, kann der Ablauf zu Schritt S102 zurückkehren.

[0071] Beispielsweise ist denkbar, dass in Schritt 106 die in Schritt 104 gemessene Temperatur gegenüber einer Mehrzahl an Schwellwerten bestimmt wird, wobei jeder Schwellwert ein Äquivalent zu einer relativen axialen Position von Rotor 4 und Stator 2 zueinander darstellt. In Schritt 110 wird dann die entsprechende axiale Position, die zu dem in 106 bestimmten Schwellwert vorgesehen ist, eingestellt. Gleichzeitig wird weiterhin in Schritt 102 Flüssigkeit gefördert.

[0072] Grundsätzlich wird zu Beginn eines Fördervorgangs, also bevor die Drehbewegung des Rotors relativ zum Stator startet, die Verengung zwischen Rotor und Stator so stark erweitert, dass aufgrund der inneren Leckage keine oder nur eine geringe Förderrate erfolgt. Die Verengung wird dann über einen zeitlich begrenzten Anlaufvorgang von ca. 1,5 Sekunden soweit verringert, dass eine gewünschte Förderrate oder ein gewünschter Förderdruck damit erzielt wird.

[0073] Im Folgenden werden weitere Beispiele der vorliegenden Offenbarung beschreiben:

Beispiel 1. Exzentrerschneckenpumpe 1 zur Förderung von mit Feststoffen beladenen Flüssigkeiten, mit einem schraubenförmig gewundenen Rotor 4, einem Stator 2, mit einem Einlass 10 und einem Auslass 12, in dem der Rotor 4 drehbar um eine Längsachse L1 des Stators 2 angeordnet ist, und der eine mit dem Rotor 4 korrespondierende schraubenförmige Innenwand 8 aufweist, wobei der Rotor 4 eine sich zum Auslass 12 oder Einlass 10 hin verjüngende, vorzugsweise konische, Form und/oder eine sich verändernde Exzentrizität e_1 , e_2 aufweist, und wobei Rotor 4 und Stator 2 derart zueinander angeord-

net und ausgebildet sind, dass wenigstens eine Kammer 5 gebildet ist, die zur Beförderung der Flüssigkeit dient, und die Kammer 5 durch eine Verengung 7, insbesondere Dichtlinie D, abgetrennt ist, gekennzeichnet durch eine Verstelleinrichtung zum Verstellen einer axialen Relativposition von Rotor 4 und Stator 2, wobei die Verstelleinrichtung 39 dazu ausgebildet ist die Verengung 7 zwischen Rotor 4 und Stator 2 zu erweitern.

Beispiel 2. Exzentrerschneckenpumpe nach Beispiel 1, wobei die Verstelleinrichtung 39 dazu eingerichtet ist, die Verengung 7 zwischen Rotor und Stator so weit zu erweitern, dass ein Leckagespalt S zwischen Rotor 4 und Stator 2 ausgebildet ist.

Beispiel 3. Exzentrerschneckenpumpe nach Beispiel 1 oder 2, wobei die Verstelleinrichtung 39 dazu eingerichtet ist, die Erweiterung der Verengung 7 in Abhängigkeit von einem oder mehreren vorbestimmten Betriebsparametern durchzuführen.

Beispiel 4. Exzentrerschneckenpumpe nach Beispiel 3, wobei einer der Betriebsparameter die Temperatur des Stators 2 und/oder des Rotors 4 ist.

Beispiel 5. Exzentrerschneckenpumpe nach Beispiel 3 oder 4, wobei einer der Betriebsparameter das geförderte Flüssigkeitsvolumen ist.

Beispiel 6. Exzentrerschneckenpumpe nach Beispiel 3, 4 oder 5, wobei einer der Betriebsparameter ein Flüssigkeitsstand am Einlass 10 des Stators 2 ist.

Beispiel 7. Exzentrerschneckenpumpe nach einem der vorstehenden Beispiele, wobei der Stator 2 axial verschieblich gelagert ist und die Verstelleinrichtung 39 dazu eingerichtet ist, den Stator 2 axial zu verschieben, um wenigstens teilweise die Verengung 7 zwischen Rotor 4 und Stator 2 zu erweitern.

Beispiel 8. Exzentrerschneckenpumpe nach einem der vorstehenden Beispiele, wobei der Rotor 4 axial verschieblich gelagert ist und die Verstelleinrichtung 39 dazu eingerichtet ist, den Rotor 4 axial zu verschieben, um wenigstens teilweise die Verengung 7 zwischen Rotor 4 und Stator 2 zu erweitern.

Beispiel 9. Exzentrerschneckenpumpe nach Beispiel 8, wobei ein Antriebsstrang 25, umfassend einen Antriebsmotor 36 und eine Antriebswelle 26, des Rotors 4 gemeinsam mit dem Rotor 4 verschieblich ist.

Beispiel 10. Exzentrerschneckenpumpe nach Beispiel 8, wobei der Rotor 4 samt Antriebswelle 26 gegenüber einem Antriebsmotor 36 verschieblich ist.

Beispiel 11. Exzentrerschneckenpumpe nach Bei-

spiel 10, wobei zwischen der Antriebswelle 26 und dem Antriebsmotor 36 ein Getriebe 34 angeordnet ist und das Getriebe 34 eine Axialverschiebung der Antriebswelle 26 erlaubt.

Beispiel 12. Exzentrerschneckenpumpe nach Beispiel 10, wobei die Antriebswelle 26 wenigstens zweiteilig ist und ein Expansionsglied 80 aufweist, welches ein Verlängern und Verkürzen der Antriebswelle 26 zum axialen Verschieben des Rotors 4 erlaubt.

Beispiel 13. Exzentrerschneckenpumpe nach einem der vorstehenden Beispiele, wobei die Längsachse L_1 des Stators im Betrieb im Wesentlichen vertikal ausgerichtet und der Auslass 12 des Stators 2 oben ist.

Beispiel 14. Exzentrerschneckenpumpe nach einem der vorstehenden Beispiele, wobei der Stator 2 wenigstens im Bereich der Innenwand 8 aus einem nachgiebigen Material, insbesondere einem Elastomer, gebildet ist.

Beispiel 15. Exzentrerschneckenpumpe nach einem der vorstehenden Beispiele, wobei die Verstelleinrichtung ausgebildet ist, um die Verengung zwischen Rotor und Stator vor Beginn eines Anlaufvorgangs oder während oder nach einem Auslaufvorgang eines Antriebsmotors zur Drehung des Rotors zu erweitern, und um die Verengung zwischen Rotor und Stator vor Beginn während des Anlaufvorgangs des Antriebsmotors zu verringern.

Beispiel 16. Exzentrerschneckenpumpe nach einem der vorstehenden Beispiele, wobei die Verstelleinrichtung eine Eingangsschnittstelle zum Empfang eines Drucksignals aufweist und ausgebildet ist, um die Verengung zwischen Rotor und Stator in Abhängigkeit des Drucksignals zu erweitern oder zu verringern.

Beispiel 17. Exzentrerschneckenpumpe nach einem der vorstehenden Beispiele, wobei die Verstelleinrichtung eine Eingangsschnittstelle zum Empfang eines Volumenmengensignals aufweist und ausgebildet ist, um die Verengung zwischen Rotor und Stator in Abhängigkeit des Volumenmengensignals solcherart zu erweitern, dass bei einem Wert des Volumenmengensignals, der signalisiert, dass ein seit Beginn eines Fördervorgangs gefördertes Volumen einem Sollvolumen entspricht, die Verengung zwischen Rotor und Stator solcherart erweitert wird, dass keine weitere Förderung eines Volumens aus dem Auslass des Stators mehr stattfindet.

Beispiel 18. Exzentrerschneckenpumpe nach einem der vorstehenden Beispiele, dadurch gekennzeich-

net, dass die Verstelleinrichtung ausgebildet ist, um die axialen Relativposition von Rotor 4 zum Stator 2 zu verstellen, während der Rotor sich relativ zum Stator dreht.

Beispiel 19. Verfahren zum Betrieb einer Exzenter-schneckenpumpe 1 nach wenigstens einem der Beispiele 1 bis 14, mit den Schritten: Antreiben des Rotors 4 zum Fördern einer Flüssigkeit; Erweitern der Verengung 7 zwischen Rotor 4 und Stator 2 durch relatives axiales Verschieben von Rotor 4 und Stator 2 zueinander.

Beispiel 20. Verfahren nach Beispiel 19, wobei der Schritte des Erweiterns der Verengung 7 umfasst: Einstellen eines Leckagespalts S zwischen Rotor 4 und Stator 2.

Beispiel 21. Verfahren nach Beispiel 19 oder 20, ferner aufweisend: Messen einer Temperatur des Rotors 4 und/oder des Stators 2; in Abhängigkeit der gemessenen Temperatur, relatives axiales Verschieben von Rotor 4 und Stator 2.

Beispiel 22. Verfahren nach einem der Beispiele 19 bis 21, ferner aufweisend: Bestimmen eines Flüssigkeitsstands am Einlass 10 des Stators 2; in Abhängigkeit des bestimmten Flüssigkeitsstands, relatives axiales Verschieben von Rotor 4 und Stator 2.

Beispiel 23. Verfahren nach einem der Beispiele 19 bis 22, ferner aufweisend: Bestimmen eines geförderten Flüssigkeitsvolumens pro Umdrehung des Rotors 4; in Abhängigkeit des bestimmten Flüssigkeitsvolumens, relatives axiales Verschieben von Rotor 4 und Stator 2.

Beispiel 24. Verfahren nach einem der Beispiele 19 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Verengung zwischen Rotor und Stator zu Beginn eines Anlaufens eines Antriebsmotors zum Rotieren des Rotors erweitert ist, und die Verengung zwischen Rotor und Stator nach Beginn eines Anlaufens des Antriebsmotors verringert wird.

Beispiel 25. Verfahren nach einem der Beispiele 19 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass ein Druck mittels eines Drucksensors erfasst wird, und die Verengung zwischen Rotor und Stator in Abhängigkeit des Drucks erweitert oder verringert wird.

Beispiel 26. Verfahren nach einem der Beispiele 19 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass eine Sollvolumenmenge erfasst wird, und die Verengung zwischen Rotor und Stator in Abhängigkeit der Sollvolumenmenge erweitert oder verringert wird.

Beispiel 27. Verfahren nach einem der Beispiele 19

bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass der Rotor relativ zum Stator in axialer Richtung entlang der Drehachse verstellt wird, während der Rotor zum Fördern der Flüssigkeit relativ zum Stator in eine Drehbewegung um die Drehachse angetrieben wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb einer Exzenter-schneckenpumpe (1) zur Förderung von mit Feststoffen beladenen Flüssigkeiten, mit

- einem schraubenförmig gewundenen Rotor (4),
- einem Stator (2), mit einem Einlass (10) und einem Auslass (12), in dem der Rotor (4) drehbar um eine Längsachse (Li) des Stators (2) angeordnet ist, und der eine mit dem Rotor (4) korrespondierende schraubenförmige Innenwand (8) aufweist,
- wobei der Rotor (4) eine sich zum Auslass (12) oder Einlass (10) hin verjüngende, vorzugsweise konische, Form und/oder eine sich verändernde Exzentrizität (e_1 , e_2) aufweist, und
- wobei Rotor (4) und Stator (2) derart zueinander angeordnet und ausgebildet sind, dass wenigstens eine Kammer (5) gebildet ist, die zur Beförderung der Flüssigkeit dient, und die Kammer (5) durch eine Verengung (7), insbesondere Dichtlinie (D), abgetrennt ist,
- und mit einer Verstelleinrichtung zum Verstellen einer axialen Relativposition von Rotor (4) und Stator (2),

wobei das Verfahren die Schritte aufweist:

- Antreiben des Rotors (4) zum Fördern einer Flüssigkeit;
- Erweitern der Verengung (7) zwischen Rotor (4) und Stator (2) durch relatives axiales Verschieben von Rotor (4) und Stator (2) mittels der Verstelleinrichtung zueinander; und
- Einstellen einer radialen Vorspannung des Stators (2) durch relatives axiales Verschieben von Rotor (4) und Stator (2) mittels der Verstelleinrichtung zueinander.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritte des Erweiterns der Verengung (7) umfasst:

- Einstellen eines Leckagespalts (S) zwischen Rotor (4) und Stator (2).

3. Verfahren nach Anspruch 2, **gekennzeichnet durch**

- Einstellen des Leckagespalts (S) während des

- Antriebs des Rotors (4) zum Fördern einer Flüssigkeit.
4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, ferner aufweisend: 5
- Messen einer Temperatur des Rotors (4) und/oder des Stators (2); und
 - in Abhängigkeit der gemessenen Temperatur, relatives axiales Verschieben von Rotor (4) und Stator (2). 10
5. Verfahren nach Anspruch 4, **gekennzeichnet durch**
- Messen der Temperatur des Rotors (4) und/oder des Stators (2) in vorbestimmten Zeitabständen; und
 - in Abhängigkeit der gemessenen Temperatur, dynamisches, relatives axiales Verschieben von Rotor (4) und Stator (2). 20
6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, **gekennzeichnet durch**
- Messen der Temperatur an mehreren Stellen des Rotors (4) und/oder des Stators (2). 25
7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, ferner aufweisend: 30
- Bestimmen eines Flüssigkeitsstands am Einlass (10) des Stators (2);
 - in Abhängigkeit des bestimmten Flüssigkeitsstands, relatives axiales Verschieben von Rotor (4) und Stator (2). 35
8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, ferner aufweisend: 40
- Bestimmen eines geförderten Flüssigkeitsvolumens pro Umdrehung des Rotors (4);
 - in Abhängigkeit des bestimmten Flüssigkeitsvolumens, relatives axiales Verschieben von Rotor (4) und Stator (2). 45
9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**
- die Verengung zwischen Rotor (4) und Stator (2) zu Beginn eines Anlaufens eines Antriebsmotors zum Rotieren des Rotors (4) erweitert ist, und
 - die Verengung zwischen Rotor (4) und Stator (2) nach Beginn eines Anlaufens des Antriebsmotors verringert wird. 50
10. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, 55
- dadurch gekennzeichnet, dass**
- ein Druck mittels eines Drucksensors erfasst wird, und
 - Die Verengung zwischen Rotor (4) und Stator (2) in Abhängigkeit des Drucks erweitert oder verringert wird.
11. Verfahren nach einem Anspruch 10, **gekennzeichnet durch**
- Regelung eines Drucks mittels Verstellung der Verengung zwischen Rotor (4) und Stator (2).
12. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**
- eine Sollvolumenmenge erfasst wird, und
 - Die Verengung zwischen Rotor (4) und Stator (2) in Abhängigkeit der Sollvolumenmenge erweitert oder verringert wird.
13. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rotor (4) relativ zum Stator (2) in axialer Richtung entlang der Drehachse verstellt wird, während der Rotor (4) zum Fördern der Flüssigkeit relativ zum Stator (2) in eine Drehbewegung um die Drehachse angetrieben wird.
14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei der Rotor (4) mit einem Antriebsstrang (25), umfassend einen Antriebsmotor (36) und eine Antriebswelle (26) des Rotors verschoben wird.
15. Verfahren nach Anspruch 13, wobei der Rotor (4) samt Antriebswelle (26) oder einem zweiten mit dem Rotor verbundenen Teil einer zweiteiligen Antriebswelle (26) gegenüber einem Antriebsmotor (36) verschoben wird.

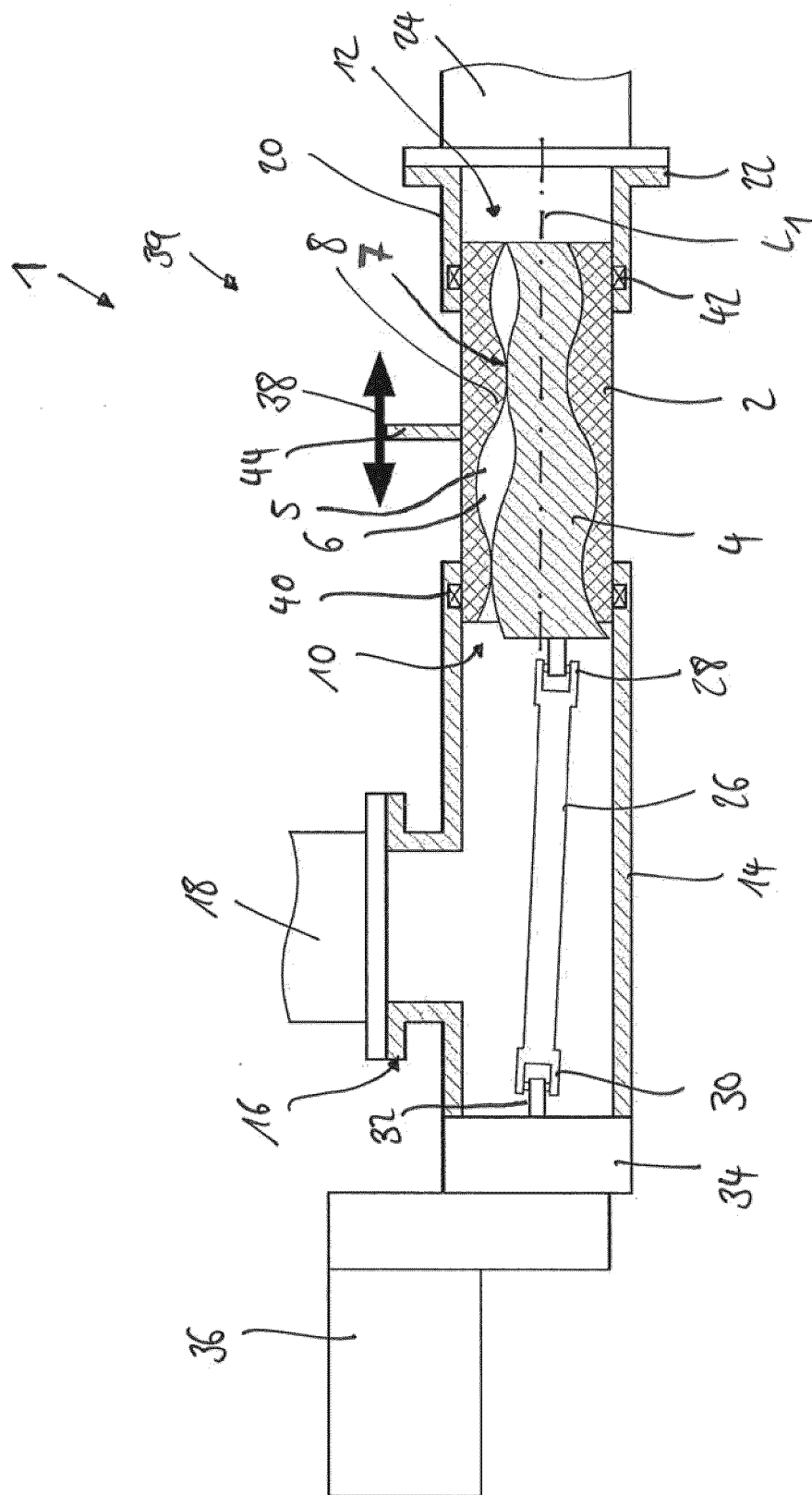


Fig. 1

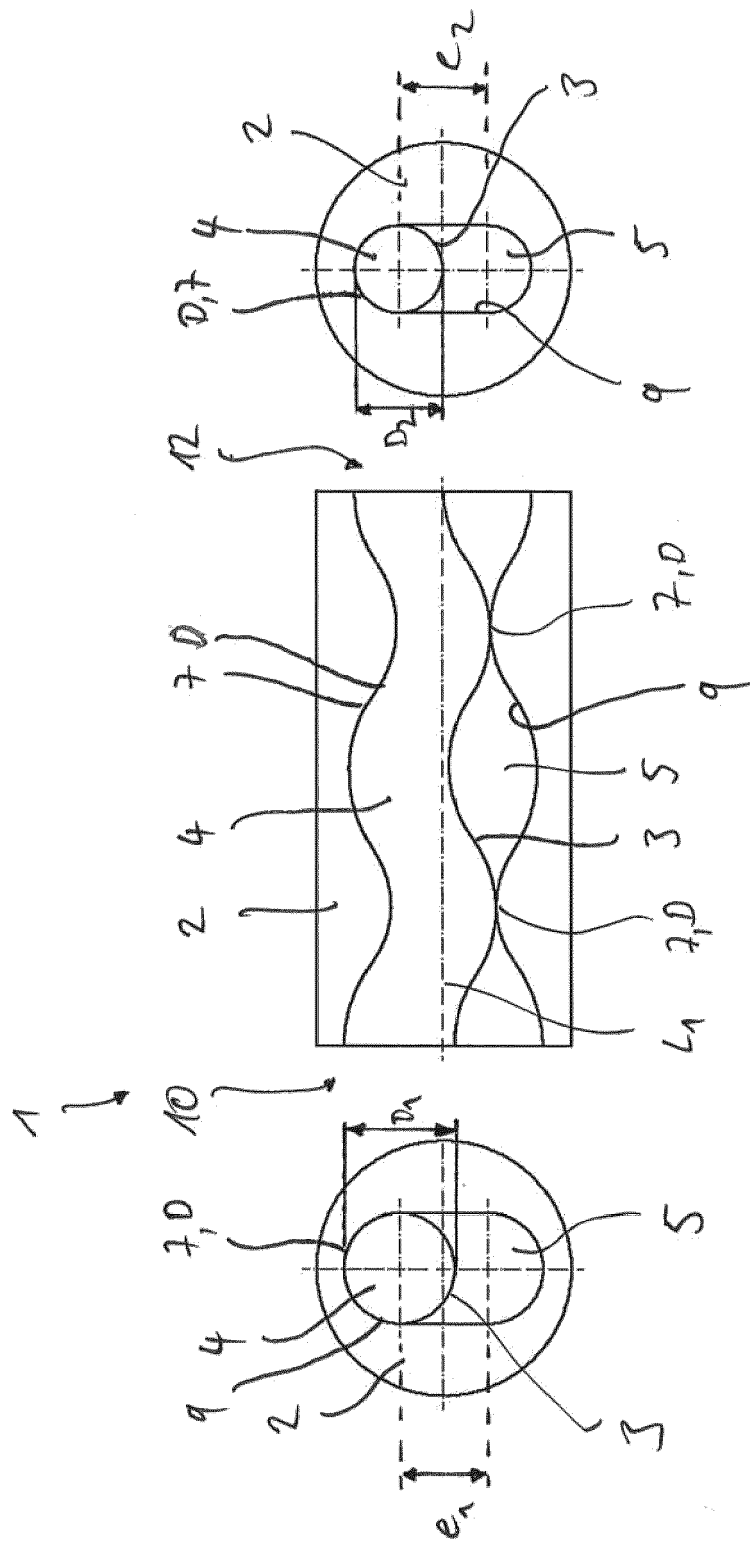


Fig. 2a

Fig. 2b

Fig. 2c

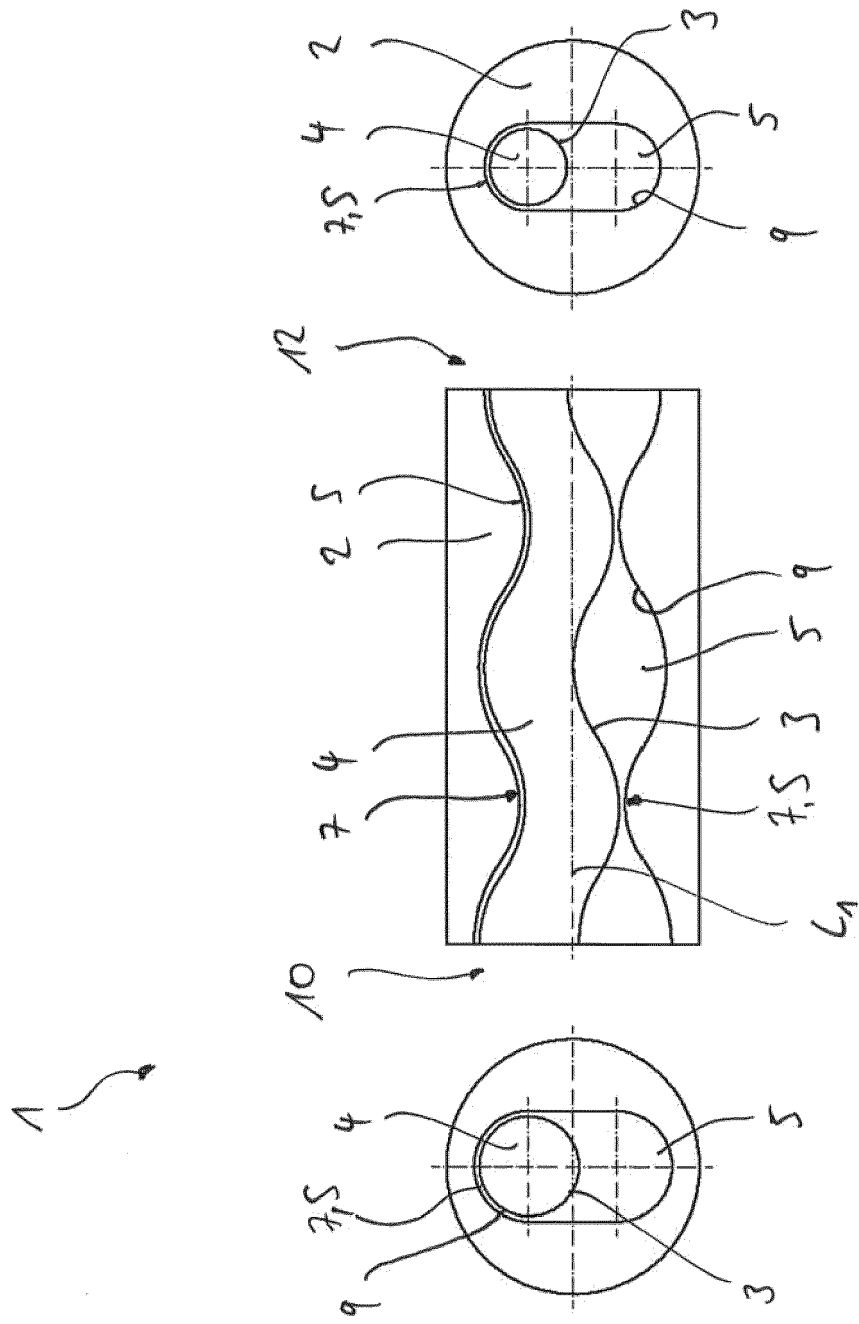


Fig. 3a

Fig. 3b

Fig. 3c

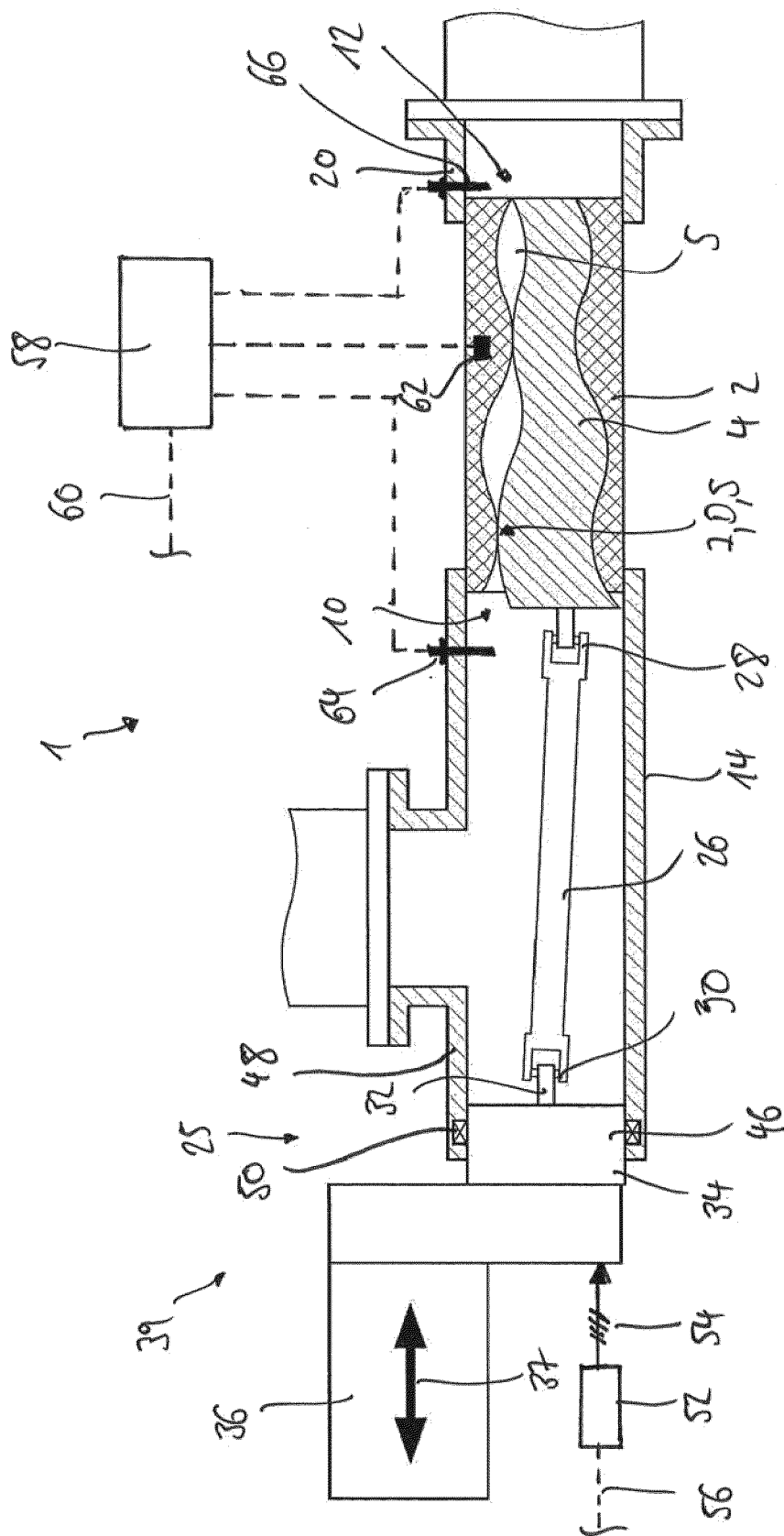


Fig. 4

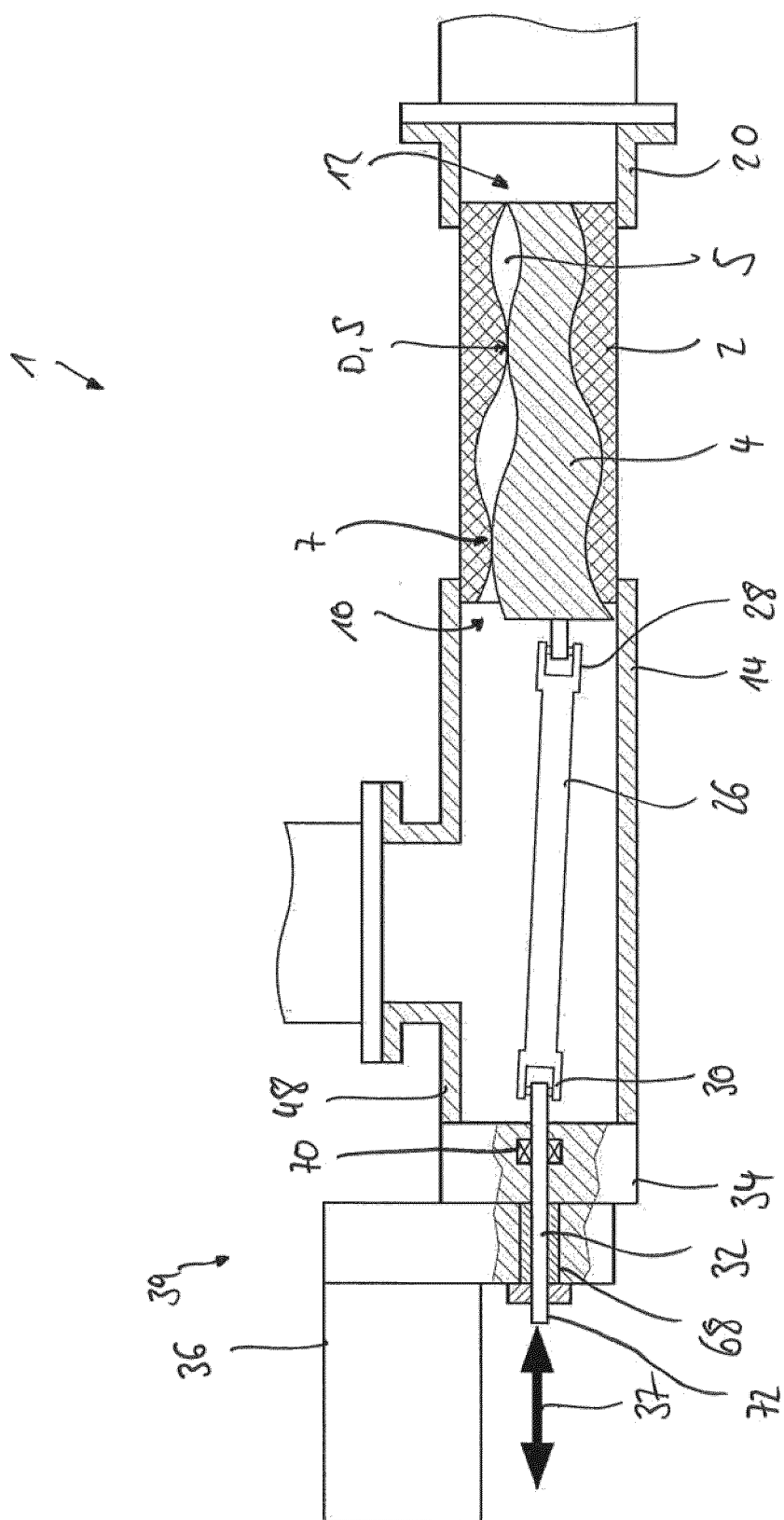


Fig. 5

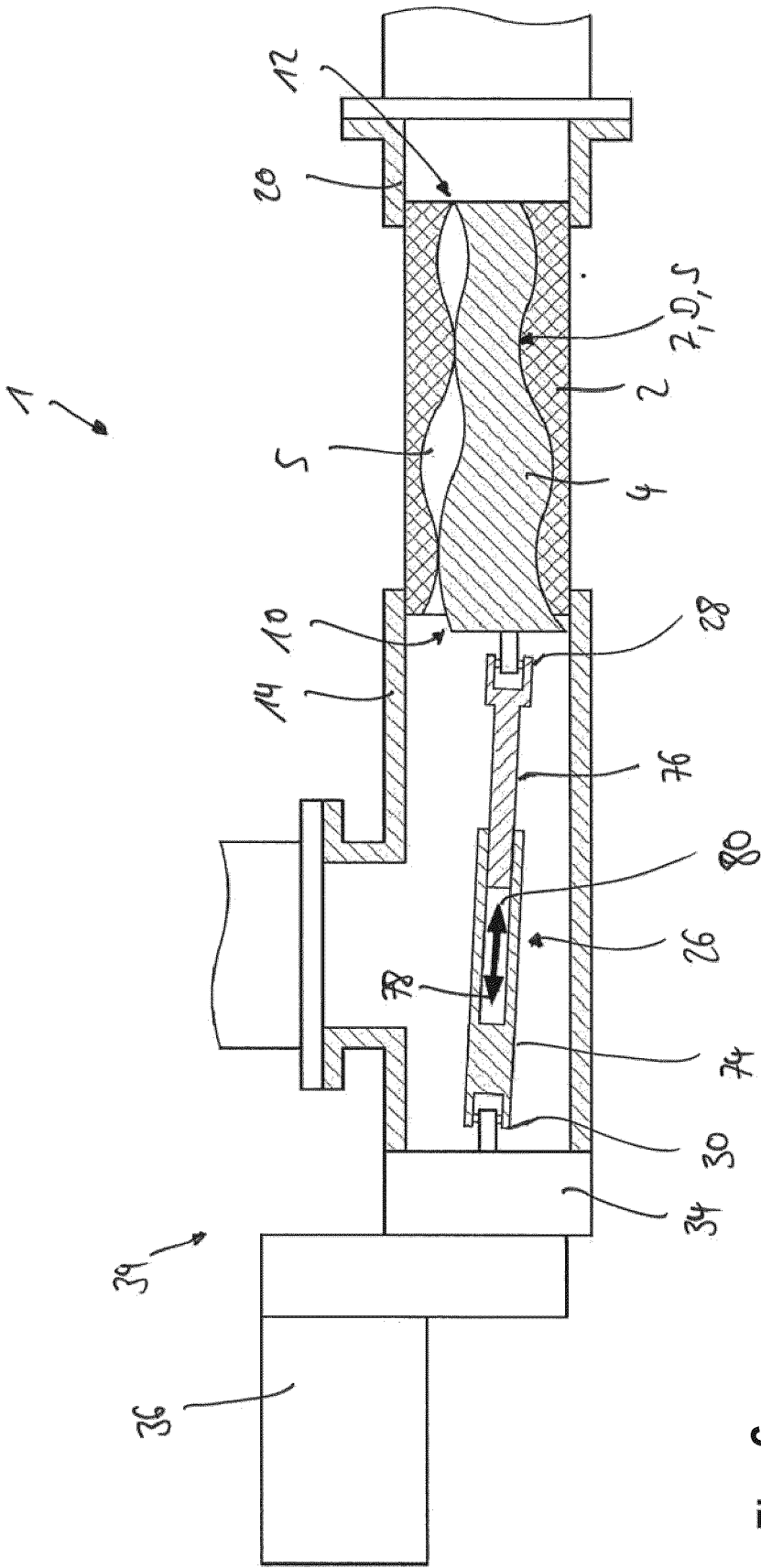


Fig. 6

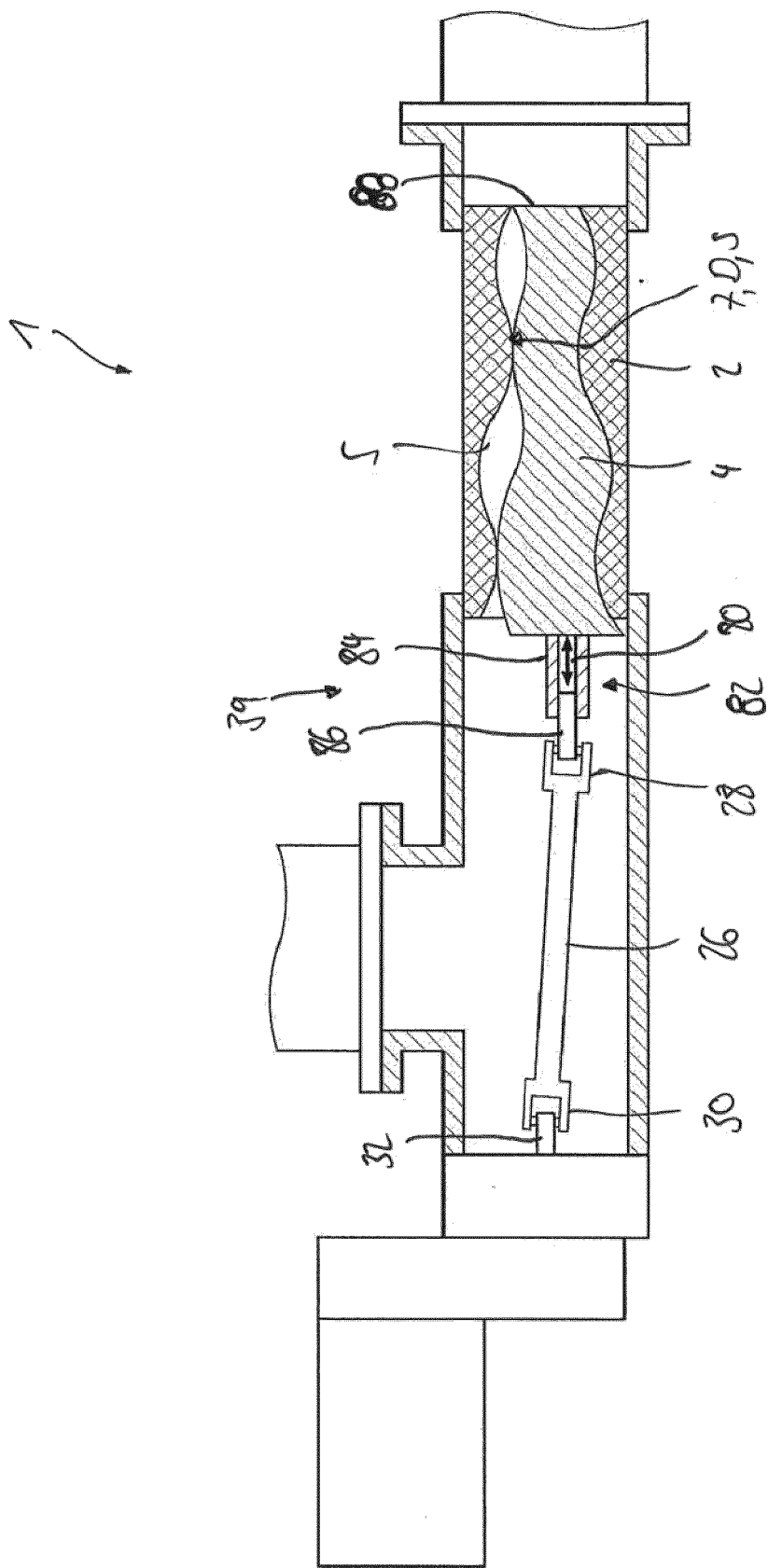


Fig. 7

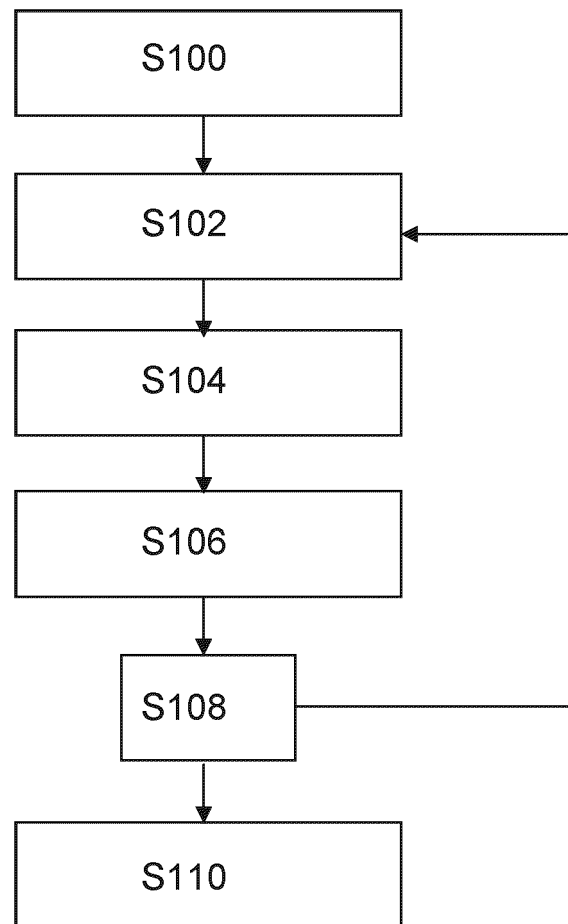


Fig. 8



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 22 19 5723

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (F04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 1 988 288 A1 (GRUNDFOS MANAGEMENT AS [DK]) 5. November 2008 (2008-11-05)	1-3, 9	INV. F04C2/107
Y	* Abbildung 7 * * Absatz [0018] - Absatz [0022] * * Absatz [0037] *	4	F04C3/06 F04C15/00 F04C14/06
Y	DE 10 2014 117483 A1 (NETZSCH ERICH HOLDING [DE]) 15. Oktober 2015 (2015-10-15) * das ganze Dokument * * Absatz [0007] * * Absatz [0011] - Absatz [0014] * * Absatz [0017] - Absatz [0019] * * Absatz [0029] - Absatz [0033] * * Absatz [0049] *	4	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F04C F01C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 21. Oktober 2022	Prüfer Tietje, Kai
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 22 19 5723

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

21-10-2022

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
	EP 1988288	A1	05-11-2008	AT 502214 T		15-04-2011
				EP 1988288 A1		05-11-2008
15				WO 2008135116 A1		13-11-2008

	DE 102014117483 A1		15-10-2015	DE 102014117483 A1		15-10-2015
				WO 2015158320 A2		22-10-2015

20						
25						
30						
35						
40						
45						
50						
55						

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 2632716 [0003]
- AT 223042 [0004]
- DE 102015112248 A1 [0005]
- DE 102014117483 A1 [0006]
- WO 2010100134 A2 [0007]