



Europäisches  
Patentamt  
European  
Patent Office  
Office européen  
des brevets



(11)

EP 2 551 450 A1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
30.01.2013 Patentblatt 2013/05

(51) Int Cl.:  
**F01D 1/36 (2006.01)**  
**F03B 5/00 (2006.01)**  
**F04D 5/00 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: 12159454.3

(22) Anmeldetag: 14.03.2012

(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**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME**

(30) Priorität: 26.07.2011 UA 2011009336  
26.07.2011 UA 2011009337

(71) Anmelder: Technische Universität Dresden  
01069 Dresden (DE)

(72) Erfinder:  

- Kunze, Klaus, Dr.-Ing.**  
01157 Dresden (DE)
- Stelmakh, Alexander**  
Kiew-113, 033113 (UA)

(74) Vertreter: Pfenning, Meinig & Partner GbR  
Patent- und Rechtsanwälte  
An der Frauenkirche 20  
01067 Dresden (DE)

### (54) Vorrichtung zur Erzeugung einer Druckdifferenz für ein Fluid oder ein Mehrphasenstoffsystem

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Erzeugung einer Druckdifferenz für ein Fluid oder ein Mehrphasenstoffsystem. Es ist ein Einsatz als Verdichter oder einer Pumpe möglich um eine jeweils gewünschte Erhöhung oder Reduzierung eines Druckes zu erreichen. Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung sind ein um eine Rotationsachse rotierender Gegenkörper, der rotations-symmetrisch in Bezug zur Rotationsachse ausgebildet ist und eine konkav gekrümmte Oberfläche aufweist und mindestens ein stationärer Grundkörper vorhanden. Der/die Grundkörper weist/weisen eine parallel zur radial äußeren Oberfläche des Gegenkörpers ausgerichtete Oberfläche auf, die eine planare ebene Oberfläche oder eine konkav gekrümmte, der radial äußeren Oberfläche des Gegenkörpers zugewandte Oberfläche bildet, wobei der Krümmungsradius dann größer als der Krümmungsradius des Gegenkörpers ist. Am Grundkörper ist mindestens eine Durchbrechung mit jeweils mindestens einer Öffnung durch den Grundkörper ausgebildet. Durch die Öffnung(en) und eine Durchbrechung kann ein Fluid oder Mehrstoffphasensystem an der Diffusorseite des Grundkörpers bei rotierendem Gegenkörper angesaugt und/oder ein Fluid oder ein Mehrphasenstoffsystem durch die auf der Konfusorseite angeordnete(n) Öffnung (en) und die Durchbrechung mit erhöhtem Druck abgeführt werden. Die Oberflächen von Gegenkörper und Grundkörper sind im Bereich von Öffnungen der Durchbrechung(en) in einem definierten Abstand zueinander angeordnet oder stehen in gleitendem Festkörperkontakt zueinander.

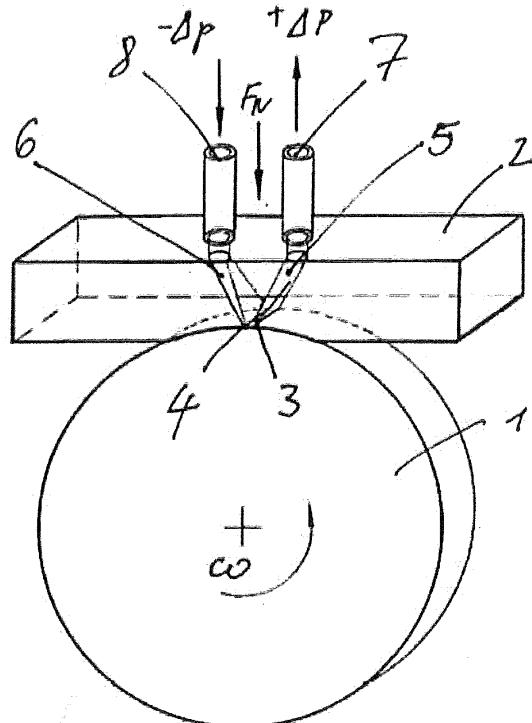


Fig. 2

**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Erzeugung einer Druckdifferenz für ein Fluid oder ein Mehrphasenstoffsystem. Es ist ein Einsatz als Verdichter oder einer Pumpe möglich um eine jeweils gewünschte Erhöhung oder Reduzierung eines Druckes zu erreichen. Dabei kann ein Unterdruck, bis hin zum Vakuum, in einem angeschlossenen Behälter, eine entsprechende Druckerhöhung in einem angeschlossenen Behälter aber auch eine Förderung eines Fluids oder eines Mehrphasensystems erreicht werden.

**[0002]** Bei Fluiden handelt es sich dabei um Flüssigkeiten oder Gase, die auch ein Gemisch davon sein können. Ein Mehrphasenstoffsystem kann eine Suspension oder eine Emulsion sein, in dem flüssige, feste oder viskoelastische Komponenten, weitere Flüssigkeiten, Dämpfe, Aerosole oder Partikel in einer Flüssigkeit enthalten sein können.

**[0003]** Herkömmliche Vorrichtungen unterliegen dabei häufig einem erhöhten Verschleiß, der durch Reibung sich berührender Oberflächen hervorgerufen wird. Werden Druckdifferenzen mit Strömungsmaschinen erzeugt, bei denen keine bzw. eine geringe Reibwirkung auftritt, ist deren Wirkungsgrad begrenzt oder die Herstellung ist aufwändig und kostenintensiv.

**[0004]** In der Regel sind solche Systeme oder Vorrichtungen nur in eine Richtung effektiv betreibbar, so dass entweder eine Druckerhöhung oder eine Druckreduzierung in eine Richtung mit entsprechend hohem Wirkungsgrad erreicht werden kann.

**[0005]** Es ist daher Aufgabe der Erfindung eine Vorrichtung zur Verfügung zu stellen, die einfach und kostengünstig aufgebaut ist, einem reduzierten Verschleiß unterliegt und die flexibel einsetzbar ist.

**[0006]** Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe mit einer Vorrichtung, die die Merkmale des Anspruch 1 aufweist, gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung können mit in untergeordneten Ansprüchen bezeichneten Merkmalen realisiert werden.

**[0007]** Die Erfindung kann dabei ein tribologisches System darstellen, bei dem Relativbewegungen starrer Körper im Bereich eines sich verengenden Spaltes zu einer Druckveränderung führen, die in Richtung der Bewegung vor dem Spalt (Konfusorseite) zu einer Druckerhöhung und in Richtung nach dem Spalt (Diffusorseite) durch tribologisch initiierte Strömungen zu einer Druckverringerung führen. Insbesondere bei einer Rotationsbewegung eines Körpers kann eine Verringerung des Spaltabstandes zwischen der Oberfläche des rotierenden Körpers, der nachfolgend als Gegenkörper bezeichnet werden soll, und der Oberfläche eines stationär angeordneten Grundkörpers durch die Rotationsbewegung ausgenutzt werden. Der Druck des Zwischenstoffs wird durch die Relativbewegung und des sich dabei verengenden Spaltes zwischen den Oberflächen des Gegenkörpers und des/der Grundkörper, die aufeinander zu gewandt sind, an der Konfusorseite erhöht. In Bewegungsrichtung des Gegenkörpers hinter der Konfusorseite ist die Diffusorseite angeordnet. Dort kann der Druck reduziert werden.

**[0008]** Dabei stellen ein Gegenkörper und mindestens ein Grundkörper ein Gleitsystem dar, zwischen den ein Zwischenstoff, als Fluid oder Mehrphasenstoffsystem vorhanden ist, dessen Druck mit der Vorrichtung verändert werden soll.

**[0009]** Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Erzeugung einer Druckdifferenz für ein Fluid oder ein Mehrphasenstoffsystem weist einen um eine Rotationsachse rotierenden Gegenkörper auf, der rotationssymmetrisch in Bezug zur Rotationsachse ausgebildet ist, den man auch Rotor bezeichnen kann. Seine radial nach außen weisende Oberfläche ist konkav gekrümmmt.

**[0010]** Außerdem ist mindestens ein stationärer Grundkörper vorhanden.

**[0011]** Der/die Grundkörper weist/weisen eine parallel zur radial äußeren Oberfläche des Gegenkörpers ausgerichtete Oberfläche auf. Diese Oberfläche kann in einer Alternative eine planare ebene Oberfläche sein.

**[0012]** In einer weiteren Alternative kann sie an der der radial äußeren Oberfläche des Gegenkörpers zugewandte Oberfläche konkav gekrümmmt sein, wobei der Krümmungsradius dann größer als der Krümmungsradius des Gegenkörpers ist.

**[0013]** An einem Grundkörper ist mindestens eine Durchbrechung (Kanal) mit jeweils mindestens einer Öffnung durch den Grundkörper ausgebildet.

**[0014]** Durch die Öffnung(en) und die eine Durchbrechung kann ein Fluid oder Mehrstoffphasensystem an der Diffusorseite des Grundkörpers bei rotierendem Gegenkörper angesaugt werden.

**[0015]** Ein Fluid oder ein Mehrphasenstoffsystem kann auch durch die auf der Konfusorseite angeordnete(n) Öffnung(en) und die Durchbrechung mit erhöhtem Druck abgeführt/gefordert werden.

**[0016]** Die Oberflächen von Gegenkörper und Grundkörper sind im Bereich von Öffnungen der Durchbrechung(en) in einem definierten Abstand zueinander angeordnet oder sie stehen miteinander in gleitendem Festkörperkontakt.

**[0017]** An einem Grundkörper kann lediglich eine Öffnung vorhanden sein, die die Mündung einer Durchbrechung in Richtung des Inneren der Vorrichtung darstellt. Dabei ist alles in einem abgedichteten Gehäuse aufgenommen und die Durchbrechung ist nach außen geführt. Je nach Anordnung bzw. der Drehrichtung des Grundkörpers der Öffnung auf der Diffusor- oder der Konfusorseite kann dann eine Strömung durch die Durchbrechung in das Innere des Gehäuses oder aus dem Gehäuse heraus erzeugt werden, die zu einer entsprechenden Druckdifferenz führt. Dabei kann ein zusätzlicher Zu- oder Abfluss für das Fluid oder Mehrphasenstoffsystem am Gehäuse zumindest dann vorhanden, wenn

ein inkompressibles Fluid oder Mehrphasenstoffsystem genutzt wird. Durch eine an der Durchbrechung außerhalb des Gehäuses angeschlossene Leitung kann dort je nach dem ein erhöhter oder reduzierter Druck des Zwischenstoffs (Fluid oder Mehrphasenstoffsystem) erreicht werden. An einem Zu- oder Abfluss kann dabei ein Ventil vorhanden sein.

[0018] Es besteht aber auch die Möglichkeit, an einem Grundkörper mindestens zwei Öffnungen, die jeweils einer Durchbrechung zugeordnet sind, vorzusehen, wobei dann jeweils mindestens eine Öffnung auf der Diffusorseite und die mindestens eine andere Öffnung auf der Konfusorseite angeordnet ist. In diesem Fall kann die Strömung eines Fluids oder eines Mehrphasenstoffsystems von einer Durchbrechung über die Öffnungen zu der anderen Durchbrechung erreicht werden, so dass eine Durchbrechung eine Saugseite und die andere Durchbrechung die Druckseite der Vorrichtung bilden kann.

[0019] Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung kann gezielt Einfluss auf die erreichbare Druckdifferenz und den zu fördernden Volumenstrom genommen werden. Durch eine einfache Drehrichtungsumkehr des Gegenkörpers kann wegen der ansonsten symmetrischen Verhältnisse eine Umkehrung der Strömungsrichtung und des erzeugbaren Druckgefälles erreicht werden. Einfluss kann auch durch die Drehzahl und eine Veränderung des Abstandes der aufeinander zu gewandten Oberflächen von Gegen- und Grundkörpern genommen werden. Dabei kann der Spalt so eingestellt werden, dass sich die tribologisch beeinflussten Strömungsverhältnisse auf diese Parameter in der gewünschten Form auswirken. Bei größerer Spaltbreite reduziert sich die erreichbare Druckdifferenz und auch der zu fördernde Volumenstrom verkleinert sich.

[0020] Die Drücke an der Konfusor- und an der Diffusorseite sowie die erreichbare Volumenstrom können durch mehrere Parameter beeinflusst werden. So ist eine proportionale Abhängigkeit von der dynamischen Viskosität  $\eta$  [Nsm<sup>-2</sup>] des zu fördernden Fluids oder Mehrphasenstoffsystems, der Geschwindigkeit  $v$  [ms<sup>-1</sup>] der damit gebildeten Schicht im Spalt zwischen Grund- und Gegenkörper, die wiederum eine Funktion der Relativgeschwindigkeit der Gleitpartner Grund- und Gegenkörper ist, zu berücksichtigen. Außerdem ist die Druckdifferenz umgekehrt proportional zur Dicke  $\Delta h$  der Schicht des Fluids oder Mehrphasenstoffsystems im Spalt zwischen Grund- und Gegenkörper. Druckdifferenz und Volumenstrom sind auch vom Quotienten des aktiven Oberflächensegments  $A_R$  [m<sup>2</sup>] des Gegenkörpers und der Summe der Flächen der freien Querschnitte  $A_D$  [m<sup>2</sup>] bzw.  $A_K$  [m<sup>2</sup>] der Öffnungen am Grundkörper, abhängig. Dabei ist das aktive Oberflächensegment  $A_R$  des Gegenkörpers das Produkt des optimalen Abstandes A-B (siehe Fig. 1) und der Breite des Systems, das durch die Breite der Öffnungen am Grundkörper gekennzeichnet ist.

[0021] Diesen Sachverhalt gibt folgende Gleichung wieder:

$$\Delta p = (\eta * v / \Delta h) * (A_R / (A_D + A_K)).$$

[0022] Das mit Grund- und Gegenkörper gebildete Gleitsystem kann so angeordnet oder eingestellt sein, dass sich die Oberflächen berühren oder dort ein Spalt vorhanden ist, bei dem kein Festkörperkontakt besteht.

[0023] Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung können mehrere Grundkörper über den Umfang verteilt angeordnet sein. Dadurch lassen sich der Wirkungsgrad und zumindest der Volumenstrom erhöhen. Schwankungen des erzeugten Druckes und Volumenstroms können weitestgehend dadurch reduziert werden. Grundkörper können dafür mit jeweils gleichen Winkelabständen zueinander über den Umfang des Gegenkörpers verteilt angeordnet werden.

[0024] An einem Grundkörper können auf der Diffusorseite mindestens eine Öffnung einer Durchbrechung und in einem Abstand zu dieser in Rotationsrichtung mindestens eine weitere Öffnung einer Durchbrechung angeordnet sein.

[0025] Dabei können mehrere Durchbrechungen, die auf der Diffusorseite von Grundkörpern angeordnet sind, und/oder mehrere Durchbrechungen, die auf der Konfusorseite von Grundkörpern angeordnet sind, über eine Ringleitung miteinander verbunden sein.

[0026] Bei der Erfindung besteht die Möglichkeit einen Gegenkörper mit einer mindestens zweifach abgestuften äußeren Oberfläche auszubilden, dadurch sind unterschiedliche Außendurchmesser in den einzelnen Stufen vorhanden. Ein Gegenkörper kann dabei einteilig mit unterschiedlichen Außendurchmessern oder durch eine Anordnung mehrerer einzelner Gegenkörper in Reihe mit einer gemeinsamen Rotationsachse, ausgebildet sein.

[0027] Ein Gegenkörper kann auch in Form eines Kegels oder Kegelstumpfes ausgebildet sein.

[0028] In diesen beiden Fällen kann/können an einem oder mehreren Grundkörper(n) Öffnungen von Durchbrechungen in unterschiedlichen Ebenen senkrecht zur Rotationsachse des Gegenkörpers angeordnet sein. Dadurch werden Öffnungen mit unterschiedlichen Abständen zur Rotationsachse wirksam. Dadurch treten an den entsprechend angeordneten Öffnungen zwischen den Gleitpartnern Grund- und Gegenkörper je nach Abstand andere Geschwindigkeiten auf, die wiederum zu unterschiedlichen Druckdifferenzen und Volumenströmen führen können.

[0029] Der/die Grundkörper können dabei ebenfalls mit entsprechend den gestuften Außendurchmessern des Gegenkörpers angeordneten Oberflächen ausgebildet sein. In einer anderen Gestaltungsmöglichkeit können mehrere Grundkörper in den einzelnen Außendurchmesserstufen des Gegenkörpers entsprechenden Ebenen angeordnet sein.

Grundkörper können in diesen Fällen auch in einer komplementär zu einem Kegel ausgebildeten Form ausgebildet sein.

**[0030]** Dadurch besteht die Möglichkeit, Durchbrechungen mit in unterschiedlichen Ebenen angeordneten Öffnungen miteinander zu verbinden, so dass eine kaskadierte Druckdifferenz erzeugung erreichbar ist. Es kann so der Druck von einem Druckniveau auf ein höheres oder niedrigeres Druckniveau in Stufen erhöht oder verringert werden, je nach dem in welche Richtung die Vorrichtung betrieben wird.

**[0031]** Im Allgemeinen kann Einfluss auf die erreichbare Druckdifferenz bzw. den geförderten Volumenstrom auch durch eine gezielte Veränderung des Abstands der radial äußeren Oberfläche des Gegenkörpers zur Oberfläche des/der Grundkörper(s), die der Oberfläche des Gegenkörpers zugewandt ist/sind, genommen werden, wie dies bereits mit der möglichen Veränderung des Spaltes zwischen Grund- und Gegenkörpern zum Ausdruck gebracht worden ist.

**[0032]** Druckdifferenz und Volumenstrom sind auch abhängig von der Beschaffenheit, insbesondere von der Topographie, der Oberfläche des Gegenkörpers. Entsprechend des jeweils zu fördernden Fluids oder Mehrphasenstoffsystems sollte diese Oberfläche dahingehend gestalten sein, dass die oberflächennahe Schicht am Gegenkörper, deren Stärke maßgeblich den Druckauf- bzw. -abbau beeinflusst, in Hinsicht auf die Effektivität der Vorrichtung optimal ausgebildet ist.

**[0033]** Bei der Erfindung können Öffnungen einen rechteckförmigen freien Querschnitt aufweisen und/oder es können mehrere Öffnungen eine Reihenanordnung bilden, wobei eine Ausrichtung der Öffnungen oder einer Reihenanordnung senkrecht zur Rotationsbewegung des Gegenkörpers eingehalten sein sollte. Die Rechteckform kann so gewählt werden, dass ein großer Teil der Flächen von Grund- und Gegenkörpern im Diffusor- und/oder Konfusorbereich nutzbar sind. Öffnungen sollten daher nahezu vollständig über die gesamte Breite parallel zur Rotationsachse, bis auf kleine Bereiche in Richtung der äußeren Stirnseiten der Grundkörper geführt sein und in Richtung des Bewegungsvektors eine begrenzte Breite im Vergleich zur senkrecht dazu ausgerichteten Richtung aufweisen.

**[0034]** Sind Öffnungen in einer Reihenanordnung vorhanden, können sie sowohl eine rechteckige Form, wie auch eine andere geometrische Form, beispielsweise eine Kreisform aufweisen. Auch in diesem Fall sollten aber die Bemerkungen zur Ausbildung von rechteckigen Öffnungen sinngemäß berücksichtigt werden.

**[0035]** Bei der Erfindung kann vorteilhaft die radial äußere Oberfläche des Gegenkörpers mit einer Beschichtung aus diamantähnlichem Kohlenstoff versehen sein und dann Grundkörper aus faserverstärktem, bevorzugt kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff zumindest teilweise im Bereich, der dem Gegenkörper zugewandt ist, bestehen.

**[0036]** Eine solche Werkstoffpaarung kann aber auch mit radial äußeren Oberflächen von Grundkörpern, die an zugewandten Oberflächen von Grundkörpern mit einer Beschichtung aus diamantähnlichem Kohlenstoff versehen sind und einem Gegenkörper, der zumindest im Bereich, der den Grundkörpern zugewandt ist, aus faserverstärktem, bevorzugt kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff besteht, erreicht werden. Der Einsatz solcher faserverstärkten Kunststoffe in Kombination mit einer Beschichtung aus diamantähnlichem Kohlenstoff ist besonders vorteilhaft, wenn es beim Betrieb zu einem Festkörperkontakt an der Reibpaarung Grund- und Gegenkörper kommt.

**[0037]** Diese Werkstoffpaarung ist besonders geeignet, wenn bei der Vorrichtung die Gegen- und Grundkörper so zueinander angeordnet sind, dass es zu Festkörperkontakt kommt, da sie ein äußerst günstiges reibverschleißarmes Verhalten erreichen und kleine Reibkräfte wirken.

**[0038]** Bei einer erfindungsgemäßen Vorrichtung kann der Abstand zwischen der radial äußeren Oberfläche des Gegenkörpers und der Oberfläche des/der Grundkörper so eingestellt und die Anordnung von Grundkörpern dabei so gewählt sein, dass in Drehrichtung des Gegenkörpers in einer Alternative vor mindestens einer Öffnung auf der Konfusorseite Festkörperkontakt besteht. In diesem Fall sollten keine weitere(n) Öffnung(en) auf der Diffusorseite vorhanden sein.

**[0039]** Der Abstand und die Anordnung kann in einer weiteren Alternative auch so gewählt werden, dass in Drehrichtung des Gegenkörpers nach mindestens einer Öffnung auf der Diffusorseite Festkörperkontakt besteht, wobei dann keine Öffnung(en) auf der Konfusorseite vorhanden sein sollte(n).

**[0040]** Bei einer dritten Alternative, die sicher am häufigsten eingesetzt werden sollte, kann der Abstand und die Anordnung so gewählt werden, dass zwischen den Öffnungen auf der Konfusorseite und auf der Diffusorseite Festkörperkontakt besteht und Grund- und Gegenkörper eine Reibpaarung bilden.

**[0041]** Bei einer Ausführung, bei der Festkörperkontakt vorkommt oder vorkommen kann, ist die Werkstoffpaarung diamantähnlicher Kohlenstoff und kohlenstofffaserverstärkter Kunststoff besonders günstig.

**[0042]** In einer vorteilhaften Ausführung können Gegenkörper und Grundkörper relativ zueinander bewegt werden. Diese Bewegung kann eindimensional, bevorzugt aber auch zweidimensional erfolgen. Durch eine Relativbewegung in einer Achse die ausgehend von der Rotationsachse radial nach außen gerichtet ist, kann der Abstand der aufeinander zugewandten Oberflächen von Gegen- und Grundkörper und somit der Spalt zwischen beiden verändert werden, wodurch wiederum die erreichbare Druckdifferenz und der Volumenstrom beeinflusst werden können.

**[0043]** Eine eindimensionale Bewegung kann aber auch senkrecht zu dieser Achsrichtung erfolgen, was im einfachsten Fall durch eine translatorische Bewegung eines Grundkörpers erreicht werden kann. In diesem Fall kann nicht nur der Abstand von Gegen- und Grundkörpern zueinander verändert werden. Es ist auch eine Veränderung des Abstandes zwischen der Position des kleinsten Spaltes zwischen Gegenkörper und Grundkörper und mindestens einer Öffnung

am Grundkörper, durch die ein Fluid oder Mehrphasensystem angesaugt oder mit erhöhtem Druck gefördert wird, möglich. Auch dadurch kann Einfluss auf die erreichbare Druckdifferenz und Volumenstrom genommen werden, da sich die bei der Erfindung ausgenutzten Druckverhältnisse auf der Konfusor- und der Diffusorseite auch durch diesen Abstand beeinflusst werden.

5 [0044] Mit der Erfindung erschließt sich die Möglichkeit einen kontinuierlichen Betrieb auch bei fehlendem oder geringem Festkörperkontakt durchzuführen. Dadurch kann der Verschleiß in Folge von Reibung reduziert werden. Es können eine nahezu konstante Druckdifferenz und ein geförderter Volumenstrom, die frei von Schwankungen sind, erreicht werden.

10 [0045] Es sind nur wenige mechanisch bewegte Teile vorhanden, auf Ventile oder ähnlich wirkende Elemente kann ganz verzichtet werden. Die Herstellung und Montage kann mit geringem Aufwand erfolgen, wodurch die Kosten entsprechend gering sind.

[0046] Nachfolgend soll die Erfindung beispielhaft näher erläutert werden.

[0047] Dabei zeigen:

15 Figur 1 in schematischer Form die zwischen einem Gegenkörper und einem Grundkörper in unterschiedlichen Bereichen und Abständen erreichbaren Drücke bei konstanter Winkelgeschwindigkeit und konstantem Abstand der aufeinander zu gewandten Oberflächen eines Grund- und eines Gegenkörpers;

20 Figur 2 in schematischer Form ein erstes Beispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung;

Figur 3 in schematischer Form ein weiteres Beispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung und

Figur 4 in schematischer Form ein drittes Beispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung.

25 [0048] Mit Figur 1 sollen die physikalisch-technischen Grundlagen zum Verständnis der Wirkungsweise der Vorrichtung verdeutlicht werden.

[0049] Die Figur 1 zeigt einen Grundkörper 2, der als Stator ausgebildet ist und einen sich um eine Rotationsachse mit der Winkelgeschwindigkeit  $\omega$  drehenden Gegenkörper (Rotor) 1. Im Bereich des Berührungs punktes bzw. des geringsten Spaltes zwischen dem Grund- und dem Gegenkörper wirkt die Normalkraft  $F_N$ . Dieser Punkt ist **dadurch gekennzeichnet**, dass der Druckverlauf im dem Fluid oder Mehrphasenstoffsystem, das sich zwischen dem Grund- und Gegenkörper befindet, einen Null durchgang aufweist.

[0050] In Bewegungsrichtung vor dem Berührungs punkt bzw. dem geringsten Spalt zwischen dem Grund- und dem Gegenkörper baut sich in dem Fluid oder Mehrphasenstoffsystem durch den sich verengenden Spalt ein Überdruck auf. Der Bereich dieses Druckaufbaus wird durch den Begriff Konfusor technisch beschrieben.

35 [0051] Im Gegensatz dazu baut sich in Bewegungsrichtung nach dem Berührungs punkt bzw. dem geringsten Spalt zwischen dem Grund- und dem Gegenkörper in dem Fluid oder dem Mehrphasenstoffsystem ein Unterdruck auf. Dieser Diffusorbereich der Vorrichtung ist gekennzeichnet durch einen sich öffnenden Spalt.

[0052] In Umfangsrichtung bildet sich jeweils in einer charakteristischen Entfernung von dem Berührungs punkt bzw. dem kleinsten Spalt zwischen dem Grundkörper 2 und dem Gegenkörper 1 ein Druckmaximum (Punkt A auf der Konfusorseite) bzw. ein Druckminimum (Punkt B auf der Diffusorseite) im Fluid oder im Mehrphasenstoffsystem aus. Der Abstand in Umfangsrichtung ist die Strecke A-B zwischen den beiden Druckextremwerten gekennzeichnet. Diese Strecke A-B bezeichnet bei der hier beschriebenen Vorrichtung den optimalen Abstand der Öffnungen auf der Diffusorseite und der Konfusorseite.

[0053] Diese physikalischen Gegebenheiten werden in der Figur 1 sowohl durch Messergebnisse, als auch durch Berechnungsergebnisse in Form von entsprechenden Diagrammen aufgezeigt. Diese graphischen Darstellungen zeigen den Druckverlauf im Fluid oder im Mehrphasenstoffsystem in Abhängigkeit vom Abstand von der Krafteinleitung x, also dem Berührungs punkt bzw. dem kleinsten Spalt zwischen dem Grundkörper 2 und dem Gegenkörper 1.

[0054] In Figur 2 ist ein erstes einfaches Beispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung gezeigt. Diese Vorrichtung wird gemäß der Darstellung als Pumpe genutzt.

50 [0055] Dabei ist ein Gegenkörper 1 vorhanden, der um eine Rotationsachse drehbar ist. Der Gegenkörper 1 hat die Form eines Zylinders bzw. einer Zylinderscheibe, seine radial äußere Oberfläche ist parallel zur Rotationsachse ausgerichtet. Bei diesem Beispiel ist ein Grundkörper 2 in Form einer Platte oder eines Quaders vorhanden, dessen ebene planare Oberfläche, die dem Gegenkörper 1 zugewandt ist, ebenfalls parallel zur Rotationsachse ausgerichtet.

55 [0056] Durch den Grundkörper 2 sind zwei kanalförmige Durchbrechungen 5 und 6 ausgebildet, die an der dem Gegenkörper 1 zugewandten Oberfläche in jeweils eine Öffnung 3 und 4 münden. An die Durchbrechungen 5 und 6 sind Anschlussstutzen 7 und 8 angeschlossen. Bei rotierendem Gegenkörper 1, wie dies mit dem Pfeil gekennzeichnet ist, kann so eine Saug- und Druckwirkung gemäß den Pfeilen an den Anschlussstutzen 7 und 8 erreicht werden. So wird über den Anschlussstutzen 8, die Durchbrechung 6 und die Öffnung 4 eine Saugwirkung und am Anschlussstutzen 8

ein Unterdruck erzeugt. So angesaugtes Fluid oder ein Mehrphasensystem gelangt dann mittels der Kraftwirkung auf der Konfusorseite durch die Öffnung 3, die Durchbrechung 5 und den Anschlussstutzen 7 nach außen, aus der Vorrichtung mit erhöhtem Druck heraus.

**[0057]** Der Gegenkörper 1 besteht aus gehärtetem Stahl, seine radial äußere Oberfläche ist geschliffen und mit einer dünnen geschlossenen Beschichtung aus diamantähnlichem Kohlenstoff versehen. Er hat einen Außendurchmesser von 60 mm und kann mit einer Drehzahl von  $3000 \text{ min}^{-1}$  gedreht werden. Der Grundkörper 2 besteht aus kohlenstofffaserverstärktem Epoxidharz und wird mit einer Normalkraft  $F_N$  von 10 N an den Gegenkörper 1 gedrückt.

**[0058]** Die Öffnungen 3 und 4 weisen einen rechteckigen Querschnitt auf, wobei die längeren Kanten des Rechtecks parallel zur Rotationsachse ausgerichtet sind. Sie haben die Abmessungen von 3 mm \* 30 mm und sind in Bezug zur Breite des Gegenkörpers 1 und des Grundkörpers 2 zentriert angeordnet.

**[0059]** Diese Vorrichtung kann auch mit entgegengesetzter Drehrichtung ohne Weiteres betrieben werden. Dabei verändern sich die Förderrichtung und die Drücke entgegengesetzt und aus dem Anschlussstutzen 8 wird das Fluid oder Mehrphasensystem heraus gepumpt und an der Seite des Anschlussstutzens 7 kann dann durch den dort wirkenden Unterdruck ein Fluid oder Mehrphasensystem angesaugt oder aus einem Behälter abgepumpt werden.

**[0060]** Die Figur 3 zeigt ein Beispiel einer Vorrichtung mit einem Gegenkörper 1, der wieder in Form eines Zylinders mit einem Durchmesser von 120 mm und einer Breite von 50 mm aus Edelstahl hergestellt ist und um eine Rotationsachse rotiert. Über seinen Umfang sind bei diesem Beispiel vier Grundkörper 2 mit jeweils gleichen Winkelabständen zueinander verteilt angeordnet, die ebenfalls als plattenförmige Elemente ausgebildet sind. Die aufeinander zu gewandten Oberflächen von Gegenkörper 1 und Grundkörpern 2 haben einen Abstand von 0,4 % des Außendurchmessers des Gegenkörpers 1, so dass kein Festkörperkontakt durch den entsprechend schmalen Spalt auftreten kann.

**[0061]** Die Grundkörper 2 sind bei diesem Beispiel aus gegossenem duromeren Polyurethan gebildet. Die Öffnungen 3 und 4 haben an den vier Grundkörpern 2 jeweils freie Querschnittsflächen mit den Abmessungen 3 mm \* 40 mm. Sie sind wieder parallel zur Rotationsachse ausgerichtet. Die Öffnungen 3 und 4 münden wieder jeweils in Durchbrechungen 5 und 6, die wiederum in Anschlussstutzen 7 und 8 münden.

**[0062]** Die Förderrichtung und die Druckverhältnisse an den einzelnen Anschlussstutzen 7 und 8 können einfach mit den angebrachten Pfeilen bei der eingezeichneten Drehrichtung erkannt werden.

**[0063]** Die Öffnungen 3 sind dabei auf der Konfusorseite und die Öffnungen 4 auf der Diffusorseite angeordnet. Bei einer entgegengesetzten Drehrichtung des Gegenkörpers 1 verändern sich die Druck- und Strömungsverhältnisse entgegengesetzt zur Darstellung. Die Aussagen zu dem in Figur 2 gezeigten Beispiel treffen dabei sinngemäß zu.

**[0064]** In Figur 4 ist ein drittes Beispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung gezeigt. Auch hier ist wieder ein um eine Rotationsachse rotierender Gegenkörper 1 vorhanden, über dessen Umfang verteilt wieder mehrere Grundkörper 2 angeordnet sind. Dieses Beispiel ist für die Förderung einer Suspension/Emulsion von Wasser mit Mineralöl geeignet. Die Grundkörper 2 bestehen aus Epoxidharz. Ihre der radial äußeren Oberfläche des Gegenkörpers 1 zugewandten Oberflächen sind konkav gekrümmmt und weisen die Form einer Zylinderkalotte auf. Der Krümmungsradius ist dabei größer als der Krümmungsradius des Gegenkörpers 1 an seiner Oberfläche.

**[0065]** Außerdem sind alle Durchbrechungen 5 und alle Durchbrechungen 6 jeweils mit einer Ringleitung 9 und 12 verbunden. Die Ringleitung 12 weist einen Eintrittsstutzen 11 und die Ringleitung 9 weist einen Austrittsstutzen 10 auf. Dementsprechend wird ein Fluid über alle Öffnungen 4 auf der Diffusorseite durch die Ringleitung 12 und die Durchbrechungen 6 angesaugt und über die Öffnungen 3 in die Durchbrechungen 5 und die Ringleitung 9 mit erhöhtem Druck gefördert.

**[0066]** Bei diesem Beispiel ist die Vorrichtung mit integriertem Elektromotor ausgebildet, wobei Elektromagnete 13 direkt am Gegenkörper befestigt sind und die nicht dargestellten elektrischen Spulen an Gehäuseelementen angeordnet sind.

## 45 Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Erzeugung einer Druckdifferenz für ein Fluid oder ein Mehrphasenstoffsystem, bei dem ein um eine Rotationsachse rotierender Gegenkörper (1), der rotationssymmetrisch in Bezug zur Rotationsachse ausgebildet ist und eine konvex gekrümmte Oberfläche aufweist und mindestens ein stationärer Grundkörper (2) vorhanden sind; wobei der/die Grundkörper (2) eine parallel zur radial äußeren Oberfläche des Gegenkörpers (1) ausgerichtete Oberfläche aufweist/aufweisen, die eine planare ebene Oberfläche oder eine konkav gekrümmte, der radial äußeren Oberfläche des Gegenkörpers (1) zugewandte Oberfläche bildet, wobei der Krümmungsradius dann größer als der Krümmungsradius des Gegenkörpers (1) ist; und am Grundkörper (2) mindestens eine Durchbrechung (5, 6) mit jeweils mindestens einer Öffnung (3, 4) durch den Grundkörper (2) ausgebildet ist, wobei durch die Öffnung(en) (3) und die Durchbrechung (5) ein Fluid oder Mehrstoffphasensystem an der Diffusorseite

des Grundkörpers (2) bei rotierendem Gegenkörper (1) angesaugt wird und/oder

ein Fluid oder ein Mehrphasenstoffsystem durch die auf der Konfusorseite angeordnete(n) Öffnung(en) (4) und die Durchbrechung (6) mit erhöhtem Druck abgeführt wird und

5 die Oberflächen von Gegenkörper (1) und Grundkörper (2) im Bereich von Öffnungen (3, 4) der Durchbrechung(en) (5, 6) in einem definierten Abstand zueinander angeordnet sind oder in gleitendem Festkörperkontakt zueinander stehen.

10 2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere Grundkörper (2) über den Umfang verteilt angeordnet sind.

15 3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** an einem Grundkörper (2) auf der Diffusorseite mindestens eine Öffnung (3) einer Durchbrechung (5) und in einem Abstand zu dieser in Rotationsrichtung mindestens eine weitere Öffnung (4) einer Durchbrechung (6) angeordnet sind.

20 4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere Durchbrechungen (5), die auf der Diffusorseite von Grundkörpern (2) angeordnet sind, und/oder mehrere Durchbrechungen (6), die auf der Konfusorseite von Grundkörpern (2) angeordnet sind, über eine Ringleitung (9, 12) miteinander verbunden sind.

25 5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Gegenkörper (1) mit einer mindestens zweifach abgestuften äußeren Oberfläche ausgebildet ist, und dadurch unterschiedliche Außendurchmesser in den einzelnen Stufen vorhanden sind, oder

der Gegenkörper (1) in Form eines Kegels oder Kegelstumpfes ausgebildet ist und an einem oder mehreren Grundkörper(n) (2) Öffnungen (3, 4) von Durchbrechungen (5, 6) in unterschiedlichen Ebenen senkrecht zur Rotationsachse des Gegenkörpers (1) angeordnet sind.

30 6. Vorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der/die Grundkörper (2) ebenfalls mit entsprechend den gestuften Außendurchmessern des Gegenkörpers (1) angeordneten Oberflächen ausgebildet ist oder Grundkörper (2) in den einzelnen Außendurchmesserstufen des Gegenkörpers (1) entsprechenden Ebenen angeordnet sind oder

Grundkörper (2) in einer komplementär zu einem Kegel ausgebildeten Form ausgebildet sind.

35 7. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** Durchbrechungen (5, 6) mit in unterschiedlichen Ebenen angeordneten Öffnungen (3, 4) miteinander verbunden sind, so dass eine kaskadierte Druckdifferenzerzeugung erreichbar ist.

40 8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abstand der radial äußeren Oberfläche des Gegenkörpers (1) zur Oberfläche des/der Grundkörper(s) (2), die der Oberfläche des Gegenkörpers (1) zugewandt ist/sind, veränderbar ist.

45 9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Drehrichtung und/oder die Drehzahl des Gegenkörpers (1) veränderbar ist.

50 10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** Öffnungen (3, 4) einen rechteckförmigen freien Querschnitt aufweisen und/oder mehrere Öffnungen (3, 4) eine Reihenanordnung bilden, wobei eine Ausrichtung der Öffnungen (3, 4) oder einer Reihenanordnung parallel und senkrecht zur Rotationsbewegung des Gegenkörpers (1) eingehalten ist.

55 11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die radial äußere Oberfläche des Gegenkörpers (1) mit einer Beschichtung aus diamantähnlichem Kohlenstoff versehen ist und Grundkörper (2) aus faserverstärktem Kunststoff oder

die der radial äußeren Oberfläche des Gegenkörpers (1) zugewandten Oberflächen von Grundkörpern (2) mit einer Beschichtung aus diamantähnlichem Kohlenstoff versehen sind und der Gegenkörper zumindest im Bereich, der den Grundkörpern (2) zugewandt ist, aus faserverstärktem Kunststoff besteht.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Grundkörper (2) aus kohlenstofffaserverstärk-

## EP 2 551 450 A1

tem Kunststoff oder der Gegenkörper zumindest im Bereich, der den Grundkörpern (2) zugewandt ist, aus kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff besteht.

- 5      13. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abstand zwischen der radial äußeren Oberfläche des Gegenkörpers (1) und der Oberfläche des/der Grundkörper (2) so eingestellt und die Anordnung von Gegenkörper (1) und Grundkörper(n) (2) so gewählt ist, dass in Drehrichtung des Gegenkörpers (1) in einer Alternative

- 10     - vor mindestens einer Öffnung (4) auf der Konfusorseite oder  
      in einer weiteren Alternative  
      - nach mindestens einer Öffnung (3) auf der Diffusorseite oder  
      in einer dritten Alternative  
      - zwischen mindestens einer Öffnung (3) und einer Öffnung (4) Festkörperkontakt besteht.

- 15     14. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** Gegenkörper (1) und Grundkörper (2) mindestens ein-, bevorzugt zweidimensional relativ zueinander bewegbar sind.

20

25

30

35

40

45

50

55

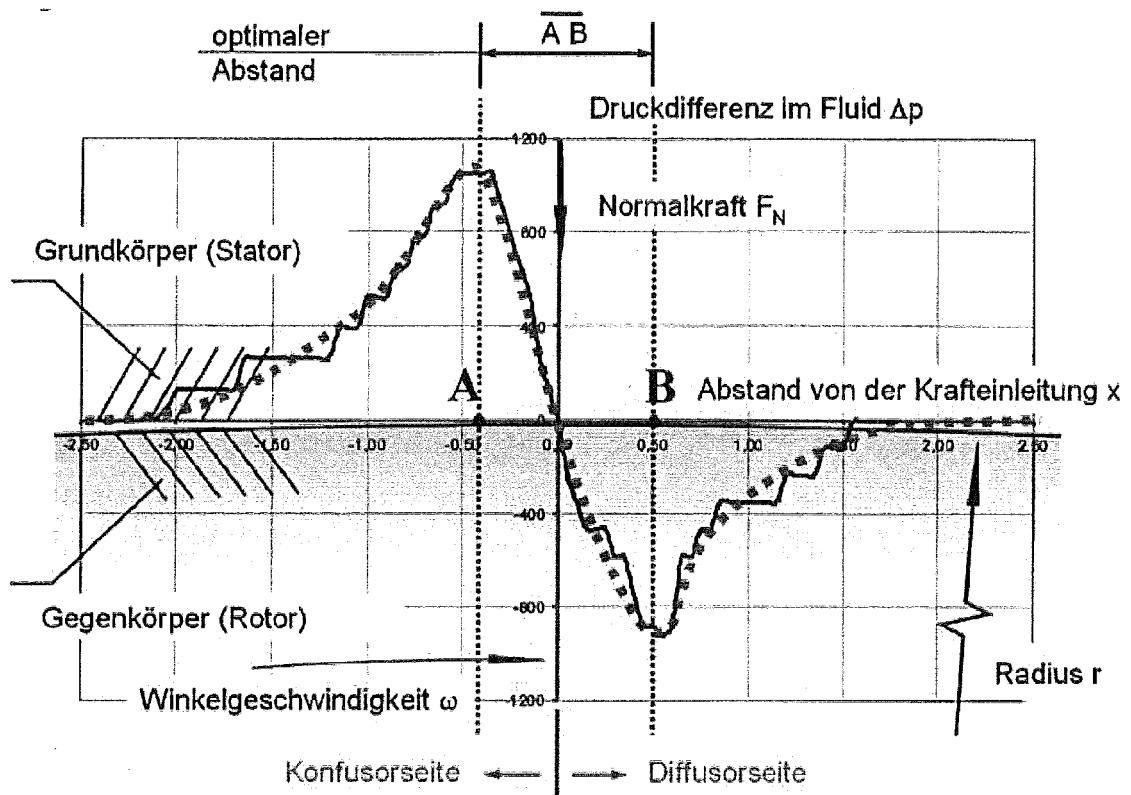


Fig. 1

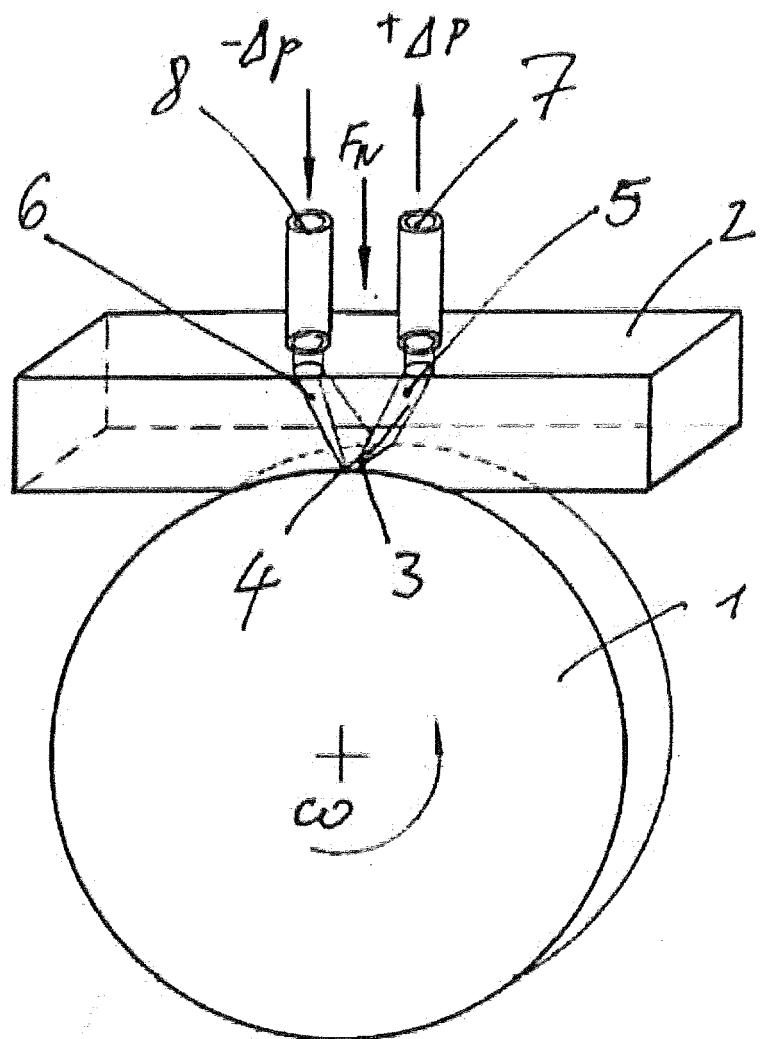


Fig. 2

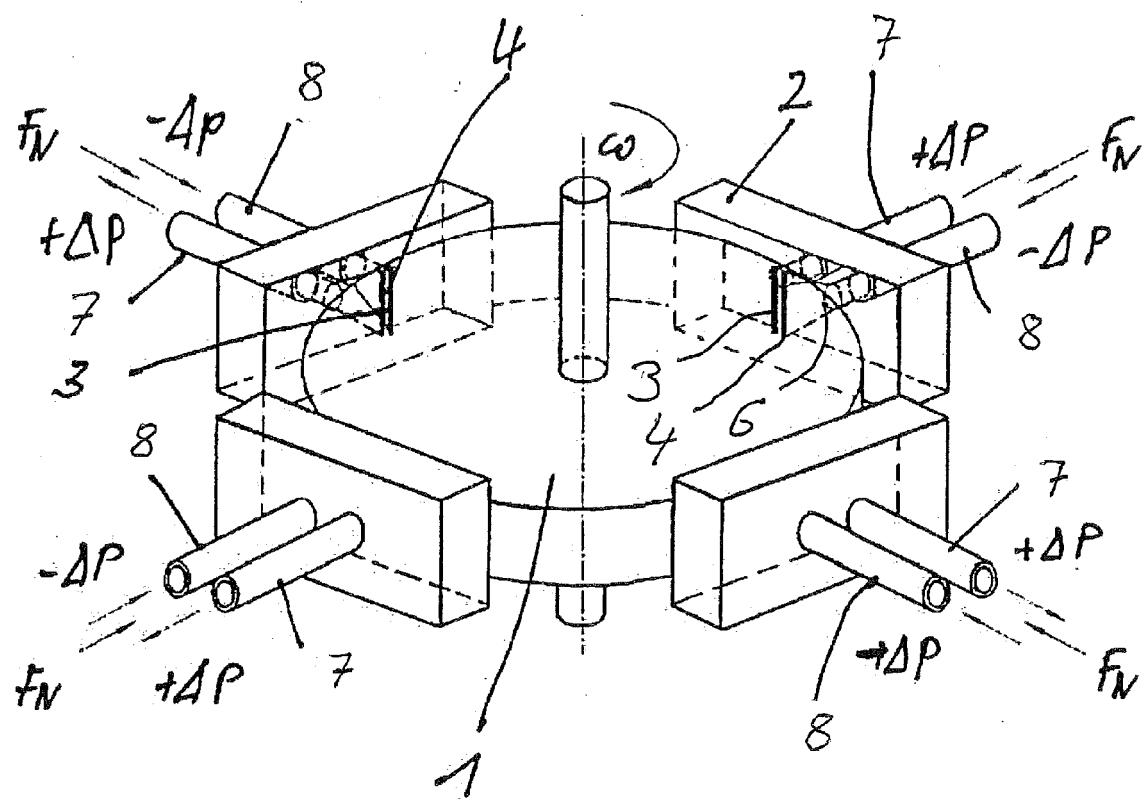


Fig. 3

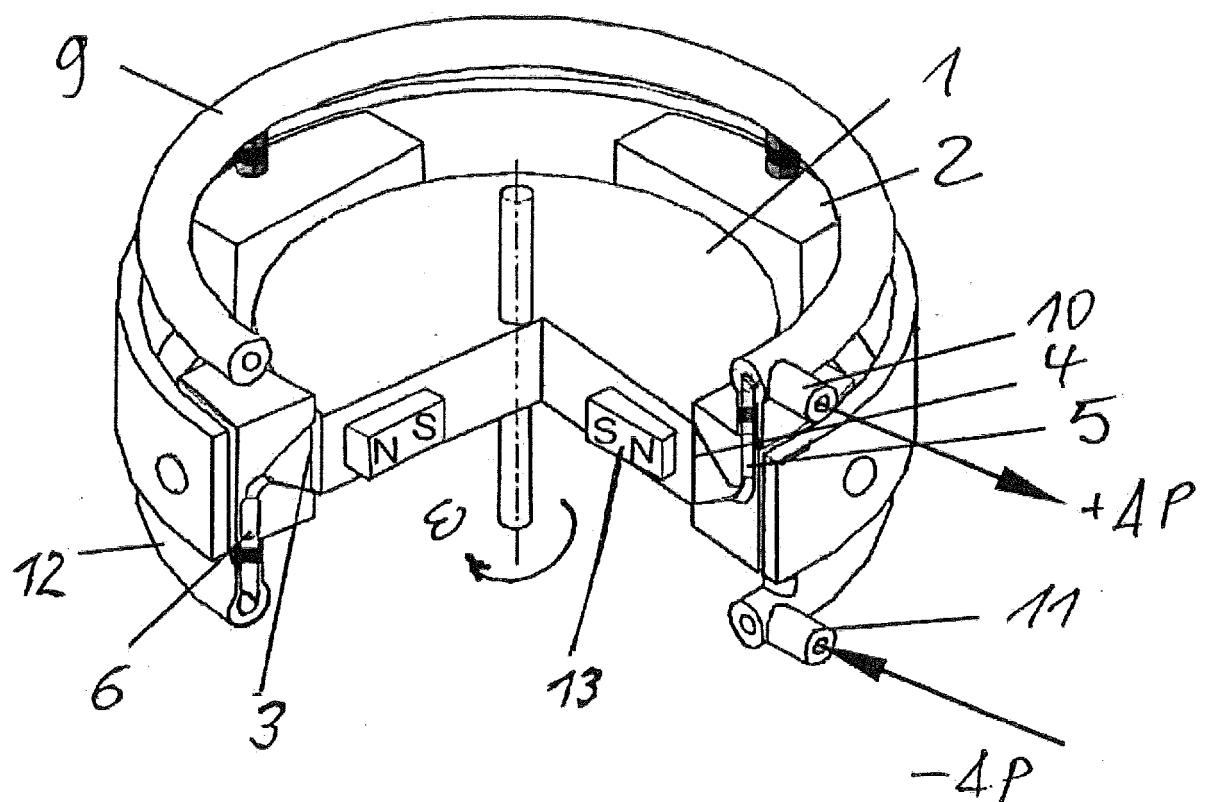


Fig. 4



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 12 15 9454

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	
X	FR 2 229 287 A5 (WORTHINGTON FRANCE [FR]) 6. Dezember 1974 (1974-12-06)	1,3-10, 13,14	INV. F01D1/36
Y	* Abbildungen 1-7 * * Seite 2, Zeile 21 - Seite 4, Zeile 20 * * Seite 5, Zeile 2 - Seite 6, Zeile 23 * -----	11,12	F03B5/00 F04D5/00
X	US 3 794 447 A (BULLOUGH W) 26. Februar 1974 (1974-02-26)	1,3, 8-10,13, 14	
	* Abbildungen 1,8-12 * * Spalte 4, Zeile 57 - Zeile 67 * * Spalte 5, Zeile 58 - Zeile 62 * * Spalte 6, Zeile 3 - Zeile 7 *		
X	US 3 037 457 A (BENO STERNLICHT) 5. Juni 1962 (1962-06-05)	1,3,8,9, 13,14	
	* Abbildungen 1-3 * * Spalte 2, Zeile 33 - Zeile 65 * * Spalte 3, Zeile 9 - Zeile 20 *		
X	DE 24 28 932 A1 (GLYCO METALL WERKE) 18. Dezember 1975 (1975-12-18)	1-3,13, 14	RECHERCHIERTE SACHGEBiete (IPC)
	* Abbildungen 1-6 * * Seite 4 - Seite 7 *		F01D F03B F04D
X	GB 2 140 507 A (NAT RES DEV) 28. November 1984 (1984-11-28)	2,4-7	
	* Abbildungen 1-5 * * Seite 2, Zeile 44 - Seite 3, Zeile 56 *		
Y	JP 2004 301225 A (NSK LTD) 28. Oktober 2004 (2004-10-28)	11,12	
	* Zusammenfassung *		
A	US 3 650 632 A (SHANAHAN JOHN L) 21. März 1972 (1972-03-21)	1-6	
	* das ganze Dokument *		
	-----		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
2	Recherchenort München	Abschlußdatum der Recherche 6. Juni 2012	Prüfer Durante, Andrea
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 Anmeldeatum 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 12 15 9454

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente 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.

06-06-2012

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
FR 2229287	A5	06-12-1974	KEINE		
US 3794447	A	26-02-1974	GB 1373955 A US 3794447 A	13-11-1974 26-02-1974	
US 3037457	A	05-06-1962	KEINE		
DE 2428932	A1	18-12-1975	KEINE		
GB 2140507	A	28-11-1984	KEINE		
JP 2004301225	A	28-10-2004	KEINE		
US 3650632	A	21-03-1972	KEINE		