

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 841 486 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
13.05.1998 Patentblatt 1998/20

(51) Int. Cl.⁶: F04F 1/06

(21) Anmeldenummer: 97118953.5

(22) Anmeldetag: 30.10.1997

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC
NL PT SE
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV RO SI

(71) Anmelder:
SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
80333 München (DE)

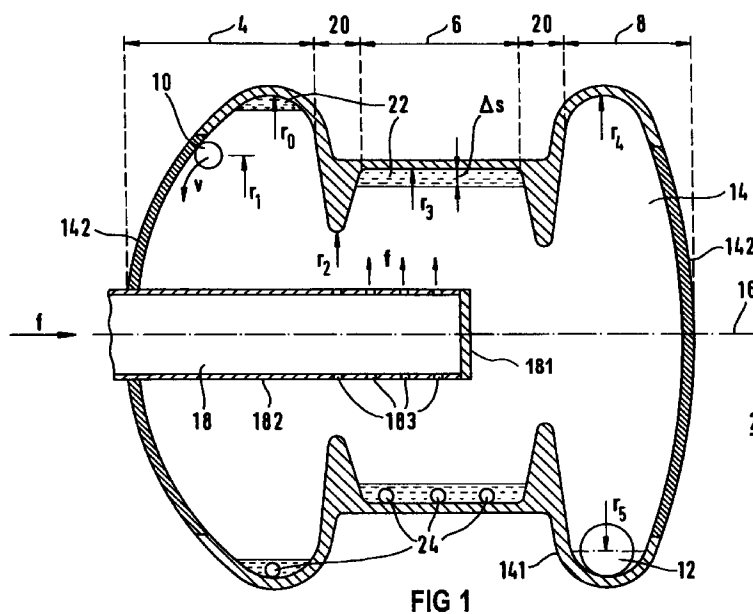
(72) Erfinder: Meseth, Johann, Dr.
64807 Dieburg (DE)

(30) Priorität: 08.11.1996 DE 19646232

(54) Vorrichtung und Verfahren zum Pumpen eines fluiden Mediums

(57) Bei dem Verfahren zum Pumpen eines fluiden Mediums (f) gemäß der Erfindung wird das fluide Medium (f) gefördert, indem es mit einem rotierenden Pumpfluid (v) in Kontakt gebracht wird. Dadurch wird das fluide Medium (f) in eine Rotationsströmung ver-

setzt und erfährt dabei Zentrifugalkräfte, infolge derer der Druck zum Fördern des fluiden Mediums (f) aufgebaut wird.



EP 0 841 486 A2

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Pumpen eines fluiden Mediums und eine Pumpe für ein fluides Medium, insbesondere um Kühl- oder Notkühlwasser in einen Reaktordruckbehälter eines Kernkraftwerkes zu pumpen.

Die Sicherheitsaspekte für ein Kernkraftwerk fordern, daß der Reaktor zu jeder Zeit kontrollierbar ist. Bei allen ernsteren Störungen bzw. Störfällen des Reaktorbetriebes muß daher gewährleistet sein, daß der Kernreaktor ausreichend gekühlt wird. Hierzu wird ein Kühlmedium, beispielsweise Wasser, in den Reaktordruckbehälter bzw. in die Dampferzeuger eingespeist und der entstehende Dampf abgeführt. Moderne Entwicklungen für die Sicherheitskomponenten zielen darauf ab, möglichst passive, d.h. ohne bewegliche Teile ausgestattete Sicherheitssysteme einzusetzen, die ohne externe Versorgung funktionsfähig sind. Für ein solches Sicherheitssystem besteht die Forderung, daß es ohne jegliche elektrische Energie oder externe Eingriffe zur Steuerung auskommt. Der Vorteil von passiven gegenüber aktiven Bauelementen ist ihre auch in Grenzsituationen hohe Zuverlässigkeit. So werden heutzutage Sicherheitskonzepte entwickelt, bei denen die Sicherheitsbaugruppen ihre nötige Energie beispielsweise aus Gravitationskräften oder aus der bei einem Störfall frei werdenden Energie beziehen, um von externen Versorgungsquellen unabhängig zu sein. Dies hat zur Folge, daß selbst bei einem Ausfall aller externen Versorgungen die Sicherheitskomponenten funktionsfähig bleiben.

Zur Kühlung eines Kernreaktors bei einem Störfall bietet es sich an, die bei dem Störfall entstehende Wärmeenergie und insbesondere den entstehenden Dampf zum Betreiben von beispielsweise Notkühlpumpen einzusetzen. Ein bekanntes Konzept zum Pumpen einer Flüssigkeit mittels eines Dampfes bietet hierzu die Dampfstrahlpumpe, wie sie beispielsweise aus Meyers Lexikon „Technik und exakte Naturwissenschaften“, 1. Band, Mannheim 1969, Seiten 519 bis 520, bekannt ist.

Aus der GB 2 259 329 A ist eine Vorrichtung zum Mitnehmen eines Fluids bekannt, bei der ein erstes Mitnehmerfluid in eine Rotation versetzt wird. Im Zentrum der Rotationsströmung entsteht dabei ein Unterdruck, durch den ein zweites Fluid angesaugt und mit dem Mitnehmerfluid vermischt wird. Die Pumpwirkung dieser Vorrichtung beschränkt sich daher auf das Ansaugen des zweiten Fluids.

Bei einem Siedewasserreaktor treten bei einem Störfall Betriebsdrücke zwischen 70 und 3 bar auf, für die die Pumpe ausgelegt sein muß. Zudem muß sie in der Lage sein, gegen den im Reaktordruckbehälter herrschenden Druck Kühlwasser aus einem Kühlwasserreservoir selbständig zu fördern, ohne auf eine externe Starthilfe angewiesen zu sein. Die Dampfstrahlpumpe ist hierfür nur bedingt geeignet. Problematisch ist der hohe Betriebsdruck, der bei Störfällen starken

Schwankungen unterworfen ist. Darüber hinaus ist auch der Startvorgang bei einer Dampfstrahlpumpe problematisch, da bis zum Aufbau des nötigen Gegendruckes für die Einspeisung von Kühlwasser in den Reaktordruckbehälter sogenanntes Schlabbwasser über ein Schlabbventil abgeführt werden muß. Erst bei ausreichend hohem Druck kann auf das druckführende System umgeschaltet werden, wozu eine Regelung des Startvorganges nötig wird. Die Leistung einer Dampfstrahlpumpe ist von der Ausbildung der verwendeten Düse sowie vom Druck und der Temperatur des Dampfes abhängig.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zum Pumpen eines fluiden Mediums und eine Pumpe für ein fluides Medium anzugeben, wobei die Pumpwirkung zuverlässig und unabhängig von der Zufuhr externer Hilfsenergie ist.

Die auf das Verfahren gerichtete Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren zum Pumpen eines fluiden Mediums gemäß Patentanspruch 1. Bei diesem Verfahren wird das fluide Medium durch Kontakt mit einem rotierenden Pumpfluid gefördert. Dem Verfahren liegt die prinzipielle Idee zugrunde, ein zu pumpendes fluide Medium in Kontakt mit einem rotierenden Pumpfluid zu bringen, um den Impuls des Pumpfluides aus der Rotationsströmung auf das fluide Medium zu übertragen. Dadurch wird das fluide Medium ebenfalls in eine Rotationsströmung versetzt und erfährt dabei Zentrifugalkräfte, die das fluide Medium radial nach außen beschleunigen. So entsteht ein radiales Druckgefälle, das zum Fördern des fluiden Mediums verwendet wird. Das fluide Medium wird dabei getrennt von dem Pumpfluid abgeführt und kann gegen einen Druck gefördert werden. Die Bedeutung dieses Verfahrens ist darin zu sehen, daß der Druck zum Fördern des fluiden Mediums vorrangig durch Zentrifugalkräfte aufgebaut wird.

In einer vorteilhaften Weise wird bei dem Verfahren die Rotationsgeschwindigkeit und damit die Zentrifugalkraft durch eine Verengung des Strömungsquerschnitts, d.h. der durchströmten Querschnittsfläche senkrecht zur Rotationsachse, erhöht. Aufgrund der Drehimpulserhaltung für das strömende Pumpfluid bietet die Pumpe daher in einfacher Weise die Möglichkeit, die Geschwindigkeit des Pumpfluides und damit die Pumpwirkung zu erhöhen. Gegenüber einer Dampfstrahlpumpe, bei der die Geschwindigkeit des Pumpfluides durch die Form der Düse begrenzt wird, können durch die Verengung der Querschnittsfläche bei einer solchen Pumpe selbst hohe Überschallgeschwindigkeiten mühelos erreicht werden.

Bevorzugt wird die Rotationsgeschwindigkeit durch eine in Richtung der Rotationsachse nachfolgende Erweiterung des Strömungsquerschnitts wieder erniedrigt, so daß die Zentrifugalbeschleunigung verringert wird.

Das Pumpfluid wird vorteilhafterweise tangential zur Rotationsströmung und im wesentlichen senkrecht

zur Rotationsachse zugeführt, um den Aufbau der Rotationsströmung zu unterstützen und zusätzlich Rotationsenergie in Druckenergie umzuwandeln.

Insbesondere wird bei dem Verfahren das fluide Medium bevorzugt tangential zur Rotationsströmung und in Strömungsrichtung des Pumpfluids abgeführt. Dadurch wird zum Fördern des fluiden Mediums der statische Druck, der durch die Zentrifugalkräfte entsteht, um einen zusätzlichen Staudruck infolge der Rotationsgeschwindigkeit erhöht. Die kinetische Energie des fluiden Mediums wird dadurch weitgehend in Druckenergie umgewandelt.

Vorteilhafterweise wird bei dem Verfahren das fluide Medium durch einen aufgrund der Rotationsströmung entstehenden Unterdruck bevorzugt im Bereich der Verengung des Strömungsquerschnitts angesaugt, wodurch das fluide Medium aus einem tiefer liegenden Reservoir gefördert werden kann.

Zur Erhöhung des Pumpdrucks, also des Drucks, mit dem das fluide Medium gegen einen äußeren Druck gepumpt werden kann, wird das fluide Medium nach dem Trennen bevorzugt gesammelt.

Die auf die Pumpe gerichtete Aufgabe wird gelöst durch eine Pumpe für ein fluides Medium mit einer Kammer, die eine Zuleitung für das fluide Medium und einen Einlaß für ein Pumpfluid aufweist, welches durch diesen Einlaß unter Ausbildung einer Rotationsströmung einströmbar ist. Das fluide Medium ist durch Kontakt mit dem Pumpfluid radial zur Rotationsachse der Rotationsströmung nach außen beschleunigbar und an einem radial von der Rotationsachse beabstandeten Mantel der Kammer ist ein Auslaß angeordnet, durch den das fluide Medium getrennt von dem Pumpfluid aus der Kammer abführbar ist.

Durch den Kontakt des fluiden Mediums mit dem Pumpfluid erfährt das fluide Medium einen Impulsübertrag und wird ebenfalls in eine Rotationsströmung versetzt. Die Kammer der Pumpe ist bevorzugt eine im wesentlichen gerundete Kammer. Insbesondere ist sie rotationssymmetrisch oder zylindrisch. Anstatt eines kreisrunden Querschnittes der Kammer kann dieser aber auch beispielsweise oval, also nicht rotationssymmetrisch, sein. Diese im wesentlichen gerundete Kammer ermöglicht in einfacher Weise die Ausbildung einer weitgehend reibungsfreien Rotationsströmung. Unter Ausnutzung der dabei wirkenden Zentrifugalkräfte baut sich in der Kammer an ihrer radial angeordneten Mantelfläche ein Pumpdruck auf, mit dem das fluide Medium gepumpt oder gefördert werden kann. Der Pumpdruck hängt im wesentlichen von der Dichte des fluiden Mediums und der Zentrifugalbeschleunigung ab. An dem Mantel der Kammer bildet sich eine aus dem fluiden Medium bestehende ringförmige Schicht, d.h. das fluide Medium wird aufgefangen oder auch gesammelt. Mit zunehmender Schichtdicke wächst der Druck in dieser Schicht. Dieser Druck wird als Pumpdruck zum Fördern des fluiden Mediums verwendet und kann den Druck des Pumpfluides um ein Vielfaches übersteigen. Die

Anordnung eines oder mehrerer Auslässe im Bereich des radial von der Rotationsachse beabstandeten und um diese herum verlaufenden Mantels stellt sicher, daß die entstehenden Zentrifugalkräfte zum Pumpen für das fluide Medium optimal ausgenutzt werden.

In einer bevorzugten Ausgestaltung weist die Kammer entlang der Rotationsachse in einem Teilbereich eine Querschnittsverengung auf, um die Rotationsgeschwindigkeit und damit die Pumpwirkung zu erhöhen.

Bevorzugt ist zum Aufbau der Rotationsströmung der Einlaß tangential zum Mantel der Kammer und annähernd senkrecht zur Rotationsachse angeordnet.

In einer besonders vorteilhaften Ausführung umfaßt die Kammer eine Eintritts- und eine Austrittskammer für das Pumpfluid sowie eine dazwischen angeordnete Wechselwirkungskammer, wobei die Wechselwirkungskammer eine geringere Querschnittsfläche als die Eintrittskammer aufweist. Damit wird eine Erhöhung der Geschwindigkeit der Rotationsströmung in der Wechselwirkungskammer erreicht, wodurch die Pumpleistung erhöht wird.

Vorteilhafterweise ist zwischen Wechselwirkungs- und Eintrittskammer und/oder zwischen Wechselwirkungs- und Austrittskammer ein Übergangsbereich angeordnet, dessen Querschnittsfläche zur Querschnittsfläche der Wechselwirkungskammer reduziert ist. Hierdurch kann sich in der Wechselwirkungskammer im Bereich des Mantels das abzentrifugierte fluide Medium ansammeln, wodurch der zum Pumpen zur Verfügung stehende statische Druck erhöht wird.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung erstreckt sich die Zuleitung für das fluide Medium entlang der Rotationsachse in die Wechselwirkungskammer und ist mit einer Anzahl von radialen Bohrungen versehen. Durch die zentrale Anordnung der Zuleitung wird der dort bestehende Unterdruck zum Fördern des fluiden Mediums aus beispielsweise einem Reservoir bewirkt. Durch die radialen Bohrungen wird das fluide Medium beim Eintritt in die Pumpe zerstäubt.

Vorzugsweise strömt das Pumpfluid unter Druck durch wenigstens einen als Düse ausgebildeten Einlaß in die Eintrittskammer, um eine Rotationsströmung mit möglichst hoher Geschwindigkeit zu erzeugen. Da die Geschwindigkeit bei dieser Pumpe zusätzlich durch eine Querschnittsverengung der Kammer erhöht werden kann, muß die Düse, beispielsweise eine Lavaldüse, nicht zwingend auf maximale Geschwindigkeit ausgelegt sein. Denn die Optimierung von solchen Lavaldüsen, wie sie i.d.R. in Dampfstrahlpumpen eingesetzt werden, ist beispielsweise für Sattedampf problematisch. Des weiteren ist es für die Pumpwirkung nicht wie bei der Dampfstrahlpumpe ausschlaggebend, daß das eingeströmte Medium vollständig auskondensiert. Daher ist die Pumpwirkung von der Temperatur des fluiden Mediums und des Pumpfluides weitgehend unabhängig. Auch ist das Massenstromverhältnis zwischen Pumpfluid und fluidem Medium im Vergleich zur Dampfstrahlpumpe in weiteren Grenzen wählbar.

Vorteilhafterweise ist in der Wechselwirkungs- und in der Eintrittskammer jeweils mindestens ein Auslaß angeordnet, um das dort abzentrifugierte fluide Medium aus der Pumpe herausführen zu können.

Insbesondere ist es von Vorteil, den Auslaß für das fluide Medium tangential zum Mantel der Kammer und in Strömungsrichtung des Pumpfluides anzuordnen, um den dadurch entstehenden zusätzlichen Staudruck des fluiden Mediums ebenfalls zum Pumpen heranzuziehen.

Vorzugsweise ist im Auslaß ein Rückschlagventil, beispielsweise eine Rückschlagklappe, angeordnet, wodurch das fluide Medium auch gegen einen äußeren Druck selbstregulierend gepumpt werden kann. Dieses Merkmal erlangt im Hinblick auf Sicherheitstechnische Aspekte eine wesentlich Bedeutung, da der Startvorgang bei einer Pumpe mit einer solch relativ einfachen Rückschlagklappe vollkommen unproblematisch ist und keine aufwendigen Regelmechanismen notwendig sind.

Vorteilhafterweise wird eine solche Pumpe in einem Kraftwerksreaktor beispielsweise als Einspeisepumpe eingesetzt, um Kühlmittel in den Reaktor zu pumpen. Für weitere Anwendungszwecke, bei denen beispielsweise der Druck des Pumpfluides vor dem Einströmen in die Pumpe konstant ist, kann die Pumpe für die jeweiligen Einsatzgebiete beispielsweise auf maximalen Förderdruck oder auf maximales Massenstromverhältnis optimiert werden.

Es ist insbesondere vorteilhaft, eine solche Pumpe als Notpumpe für Kühlwasser in einem Kernkraftwerk einzusetzen, da die Pumpe bei einem Störfall selbsttätig und ohne äußere Antriebs- oder Energiequellen ein Kühlmittel in den Reaktorblock pumpt. Insbesondere ist hierbei der vollkommen unproblematische Startvorgang, die automatische Regulierung des nötigen Druckaufbaues in der Pumpe für das fluide Medium sowie die Unabhängigkeit von externen, beispielsweise elektrischen, Versorgungsleitungen bzw. Hilfsaggregaten hervorzuheben.

Die Erfindung wird im folgenden anhand der Ausführungsbeispiele der Zeichnung näher erläutert. Es zeigten:

- FIG 1 eine Pumpe gemäß der Erfindung, die schematisch in einem Längsschnitt veranschaulicht ist;
- FIG 2 bis FIG 5 alternative Ausführungsformen der Pumpe mit einfachem konstruktiven Aufwand in einer schematischen Darstellung.
- FIG 6 veranschaulicht schematisch ein Kühl- oder Notkühlsystem eines Kernkraftwerkes.

Gemäß der FIG 1 umfaßt die Pumpe 2 eine rotationssymmetrische, hohle Kammer 14, die aus einer Eintrittskammer 4, einer Wechselwirkungskammer 6 und

einer Austrittskammer 8 gebildet wird. Die Eintritts- 4 und Austrittskammer 8 sind jeweils mit der Wechselwirkungskammer 6 in axialer Richtung entlang einer Rotationsachse 16 der Kammer 14 verbunden. Durch einen Einlaß 10 tritt ein Pumpfluid v in die Eintrittskammer 4 ein und strömt durch die Wechselwirkungskammer 6 in die Austrittskammer 8, wo das Pumpfluid v durch eine Austrittsöffnung 12 aus der Rotationspumpe 2 wieder austritt. Das Pumpfluid v kann beispielsweise Wasserdampf aus einem Reaktordruckbehälter eines Siedewasserreaktors sein. Dieser Dampf kann nach dem Durchströmen der Pumpe 2 beispielsweise einer Kondensationskammer zugeleitet oder abgeblasen werden. Eine solche Pumpe 2, bei der Dampf als Pumpfluid v verwendet wird, kann in Analogie zur Dampfstrahlpumpe als Dampfrotationspumpe bezeichnet werden.

Die aus den drei Einzelkammern 4, 6, 8 gebildete Kammer 14 umfaßt einen Mantel 141 und je eine Stirnseite 142, die die Eintrittskammer 4 bzw. die Austrittskammer 8 begrenzt. Eine Zuleitung 18 für ein fluides Medium f mündet durch die Stirnseite 142 auf der Seite der Eintrittskammer 4 in die Kammer 14 und erstreckt sich entlang der Rotationsachse 16 bis in die Wechselwirkungskammer 6. Das fluide Medium f kann beispielsweise Wasser aus einer Kondensationskammer eines Kraftwerkes sein. Prinzipiell können eine Vielzahl von Gasen und Flüssigkeiten als fluides Medium f oder Pumpfluid v dienen, sofern zumindest die spezifische Dichte des fluiden Mediums f höher ist als die des Pumpfluides v. Die Zuleitung 18 ist vorteilhafterweise zylindrisch und wird an ihrem Ende in der Wechselwirkungskammer 6 von einer geschlossenen Stirnseite 181 begrenzt. Das fluide Medium f strömt bevorzugt aus einer Anzahl von radial angeordneten Bohrungen 183 oder Öffnungen durch einen Zylindermantel 182 im Bereich der Wechselwirkungskammer 6 in die Kammer 14 ein.

Die Eintrittskammer 4 weist einen maximalen Radius r_0 auf, der größer ist als der maximale Radius r_3 der Wechselwirkungskammer 6. Die Austrittskammer 8 weist einen Radius r_4 auf, der ebenfalls größer als der Radius r_3 ist, wobei der Radius r_4 mit dem Radius r_0 der Eintrittskammer 4 übereinstimmen kann. Die Querschnittsfläche der Kammer 14, deren Flächennormale von der Rotationsachse 16 gebildet ist, wird in je einem Übergangsbereich 20 zwischen der Eintritts- 4 und der Wechselwirkungskammer 6 bzw. zwischen der Wechselwirkungs- 6 und der Austrittskammer 8 auf einen Radius r_2 , der kleiner ist als der Radius r_3 der Wechselwirkungskammer 6, reduziert. Der Radius der Querschnittsfläche im Übergangsbereich 20 zwischen Eintritts- 4 und Wechselwirkungskammer 6 muß dabei nicht zwingend mit dem Radius im Übergangsbereich 20 zwischen der Austrittskammer 8 und der Wechselwirkungskammer 6 übereinstimmen.

Der Einlaß 10 für das Pumpfluid v ist in der Eintrittskammer 4 bevorzugt in einem Abstand r_1 von der Rotationsachse 16, der kleiner als der Radius r_0 der

Eintrittskammer 4 ist, an der Stirnseite 142 der Kammer 14 angeordnet. Um den Aufbau einer Rotationsströmung des Pumpfluides v, die auch als Drallströmung bezeichnet werden kann, zu begünstigen, ist der Einlaß 10 insbesondere tangential zum Mantel 141 oder zur Wand der Eintrittskammer 4 und annähernd senkrecht zur Rotationsachse 16 angeordnet, so daß die Rotationsachse 16 der Kammer 14 zugleich auch die Rotationsachse der Rotationsströmung des Pumpfluides v ist. Besonders vorteilhaft ist die Ausbildung des Einlasses 10 als Düse, die beispielsweise eine Lavaldüse sein kann. Zum Zwecke einer optimalen Förderleistung der Pumpe ist die Düse dahingehend optimiert, daß das Pumpfluid v mit einer möglichst hohen Geschwindigkeit in die Eintrittskammer 4 eintritt. Mit einer einfachen Düse ist bei überkritischem Druckgefälle schon eine Geschwindigkeit von ca. 450 m/s zu erreichen.

Ist das Pumpfluid v Dampf, so kondensiert dieser infolge der Zunahme der Strömungsgeschwindigkeit teilweise aus und es entstehen in der Eintrittskammer 4 Wassertröpfchen. Diese werden aufgrund der hohen Rotationsgeschwindigkeit und der damit verbundenen Zentrifugalkraft abzentrifugiert und sammeln sich am Außenrand der Eintrittskammer 4 an der Innenseite des Mantels 141. Es bildet sich also eine ringförmige Wasserschicht mit einer Dicke Δs , in der sich der statische Druck erhöht. In dem speziellen Fall, in dem das Pumpfluid v und das fluide Medium f die gleiche stoffliche Zusammensetzung besitzen und eventuell lediglich als verschiedene Phasen vorliegen, können sich das fluide Medium f und das Pumpfluid v ununterscheidbar vermischen. Ein Teil des Pumpfluides v kann dann zugleich als fluide Medium f, das gepumpt werden soll, verwendet werden. Für diesen Teil des Pumpfluides v ist dann eine Unterscheidung zwischen fluidem Medium f und Pumpfluid v nicht mehr möglich.

Der Druckaufbau Δp_f eines fluiden Mediums f in einer solchen ringförmigen Schicht 22 wird bestimmt von dem Produkt aus der Dichte ρ_f des fluiden Mediums f, der Zentrifugalkraft b_z und der Höhe Δs der Schicht 22 gemäß folgender Gleichung:

$$\Delta p_f = \rho_f \cdot b_z \cdot \Delta s = \rho_f \cdot \frac{w_i^2}{r_i} \cdot \Delta s$$

w_i ist hierbei die Rotationsgeschwindigkeit und r_i der Radius des rotierenden fluiden Mediums f.

Der Druckaufbau Δp_f nimmt demnach mit zunehmender Dicke Δs der Schicht 22 zu. In der Eintrittskammer 4 ist bevorzugt bei dem Maximalradius r_0 an der Kammerwand bzw. am Mantel 141, ein Auslaß 24 für das fluide Medium f vorgesehen. Durch diesen Auslaß kann die abzentrifugierte Flüssigkeit austreten.

In einer besonders bevorzugten Ausführung wird der Auslaß 24 tangential an der Kammerwand und zwar in Strömungsrichtung des Pumpfluides v angeordnet, so daß die auskondensierte Flüssigkeit direkt in den

Auslaß 24 strömen kann. Der Auslaß 24 kann hierzu auch in die Kammer 14 hineinreichen. Mit dieser Anordnung wird eine Erhöhung des Förderdruckes erzielt, da die kinetische Energie weitgehend in Druckenergie in Form eines Staudruckes umgewandelt wird. Durch den zusätzlichen Staudruck wird eine wesentliche Effizienzsteigerung der Pumpe 2 erreicht.

Die Drall- oder Rotationsströmung in der Pumpe 2 entspricht weitgehend einem Potentialwirbel und ist daher nahezu reibungsfrei. Lediglich aufgrund von Reibungsverlusten an der Kammerwand oder an der Oberfläche der aus dem fluiden Medium f gebildeten Schicht 22 oder auch an einzelnen beispielsweise auskondensierten Tropfen verliert ein gewisser Anteil der Rotationsströmung kinetische Energie, d.h. die Rotationsgeschwindigkeit dieses Anteiles verringert sich. Aufgrund der dann geringeren Zentrifugalkräfte gleitet dieser Anteil des Pumpfluides v entlang der beispielsweise nach außen gekrümmten Stirnseite 142 in Richtung Rotationsachse 16. Somit steht grundsätzlich der Anteil des Pumpfluides v aus der Rotationsströmung mit der höchsten Geschwindigkeit in Kontakt mit der Schicht 22. Daher wird trotz der Reibungsverluste eine hohe Rotationsgeschwindigkeit des fluiden Mediums f aufrecht erhalten.

Aus der Eintrittskammer 4 strömt das Pumpfluid v dann durch den Übergangsbereich 20 in die Wechselwirkungskammer 6, die einen kleineren Radius aufweist. Durch die Verringerung des Querschnittes in der Wechselwirkungskammer 6 und im Übergangsbereich 20 wird die Geschwindigkeit der Rotationsströmung erhöht. Sie kann hierbei hohe Überschallgeschwindigkeiten erreichen. Vernachlässigt man zunächst eventuelle Reibungs- bzw. Kondensationseffekte, so muß aufgrund der Erhaltung des Strömungsdrehimpulses das Produkt aus Strömungsgeschwindigkeit w_i und Radius r_i konstant sein. Dies bedeutet bei einer Reduzierung des Radius um den Faktor 2 eine Erhöhung der Geschwindigkeit um denselben Faktor. Da für den Druckaufbau Δp_f der Quotient aus dem Quadrat der Geschwindigkeit w_i und des Radius r_i bestimmend ist, ist eine Geschwindigkeitserhöhung anzustreben.

Infolge der Rotationsströmung um die Rotationsachse 16 nimmt der statische Druck mit Annäherung an die Rotationsachse 16 immer weiter ab. In der Nähe der Rotationsachse besteht ein Unterdruck. Aufgrund dieses Unterdruckes wird das fluide Medium f aus den Bohrungen der Zuleitung 18 angesaugt. Es lassen sich somit mehrere Meter Steighöhe überwinden. So kann beispielsweise Kühlwasser aus einem Reservoir, z.B. aus einer Kondensationskammer, ohne externe Pumpen automatisch angesaugt werden.

Das aus der Zuleitung 18 durch die Bohrungen 183 in die Wechselwirkungskammer 6 versprühte fluide Medium f, beispielsweise Wasser, tritt dort in Kontakt mit der Rotationsströmung des Pumpfluides v und vermischt sich teilweise mit ihm. Dabei wird das in die Kammer gesprühte fluide Medium f, beispielsweise

Wassertropfen, zum einen wegen der anfänglich hohen Geschwindigkeitsunterschiede weiter zerstäubt, zum anderen wird der Strömungsimpuls der Rotationsströmung auf das fluide Medium f übertragen, das dadurch stark beschleunigt wird. Die Umfangsgeschwindigkeit beispielsweise von Wassertropfen kann einige 100 m/s erreichen. Zudem kondensiert ein Teil des Pumpfluides v , beispielsweise Wasserdampf, an den kalten Wassertropfen aus. Gleichzeitig heizt der Dampf diese bis auf Sättigungstemperatur auf. Für die Pumpwirkung ist es dabei jedoch nicht notwendig, daß der Dampf vollständig kondensiert.

Analog zu den Prozessen in der Eintrittskammer 4 werden die versprühten oder auskondensierten Tropfen in der Wechselwirkungskammer 6 abzentrifugiert, so daß sich an der Innenseite des Mantels 141 zwischen den beiden Übergangsbereichen 20 ebenfalls eine Schicht 22 bildet. Durch die Übergangsbereiche 20 wird ein Übertritt des fluiden Mediums f in die benachbarte Eintritts- 4 oder Austrittskammer 8 vermieden und die Ausbildung der Schicht 22 mit der Dicke Δs unterstützt. In der Wechselwirkungskammer 6 sind wiederum ein oder mehrere Auslässe 24 für das fluide Medium f angeordnet. Bevorzugt befindet sich der Auslaß 24 an der Innenseite des Mantels 141 und ist tangential und in Strömungsrichtung des Pumpfluides v bzw. des fluiden Mediums f ausgerichtet, d.h. der Auslaß 24 ist so angeordnet, daß das zu pumpende fluide Medium f in den Auslaß 24 hineinströmt, so daß ein Staudruck entsteht und die kinetische Energie aus der Rotationsströmung zumindest teilweise in Druckenergie umgewandelt wird. Anstatt der in der Figur 1 gezeigten kreisförmigen Auslässen kann natürlich auch ein über den gesamten Bereich der Wechselwirkungskammer 6 langgestreckter Auslaßspalt angeordnet werden.

Im Anschluß an die Wechselwirkungskammer 6 strömt das Pumpfluid v in die Austrittskammer 8. Zuvor wird es durch die Querschnittsverengung im Übergangsbereich 20 beschleunigt, so daß noch einmal Tropfen abzentrifugiert werden können. Die Austrittskammer 8 entspricht in ihrer Geometrie weitgehend der Eintrittskammer 4. Durch die Vergrößerung des Radius auf den Radius r_4 der Austrittskammer 8 nimmt die Rotationsgeschwindigkeit des Pumpfluides v ab. Das Pumpfluid v tritt durch die Austrittsöffnung 12 aus der Pumpe 2 wieder aus. Ist eine Austrittsvorrichtung mit einer Austrittsöffnung 12 tangential und in Richtung der Rotationsströmung angeordnet, so wird die kinetische Energie der Rotationsströmung wiederum weitgehend in Druckenergie zurückverwandelt. Da das Pumpfluid v in der Wechselwirkungskammer 6 allerdings kinetische Energie an das fluide Medium f abgegeben hat, ist nun der Druck beim Austritt aus der Pumpe 2 geringer als beim Eintritt. Ist das Pumpfluid v ursprünglich Satteldampf, so ist dieser beim Verlassen der Pumpe 2 praktisch trocken und leicht überhitzt.

Figur 2 zeigt schematisch eine weitere Ausführungsform einer Rotationspumpe 2, bei der der kon-

struktive Aufwand reduziert ist. Die Kammer 14 dieser Rotationspumpe 2 ist zylinderförmig mit konstantem Radius r_0 . Das Pumpfluid v tritt an einem Ende der Kammer 14 in diese unter Ausbildung einer Rotationsströmung durch einen oder mehrere Einlässe 10 ein. Die Einlässe 10, die vorteilhafterweise als Düsen ausgebildet sind, sind im Abstand r_1 zur Rotationsachse 16 und tangential zum Mantel 141 der Kammer 14 und annähernd senkrecht zur Rotationsachse 16 angeordnet. Der Einlaß 10 kann beispielsweise als Rohr ausgebildet sein, das in die Kammer 14 hineinreicht. Das fluide Medium f tritt durch radial angeordnete Bohrungen 183 aus der Zuleitung 18 in die Kammer 14 ein. In der Nähe des der Einlaßseite gegenüberliegenden zweiten Endes der Kammer 14 befindet sich eine Austrittsöffnung 12 für das Pumpfluid f . Die Austrittsöffnung 12 ist in einem Abstand r_5 zur Rotationsachse 16 und tangential zum Mantel 141 angeordnet. Der Abstand r_5 ist kleiner als der Radius r_0 der zylinderförmigen Kammer 14 und ist so zu wählen, daß durch die Austrittsöffnung 12 für das Pumpfluid f kein fluides Medium v , das sich in der Schicht 22 ansammelt, austreten kann. Am Mantel 141 sind eine oder mehrere Auslässe 24 für das fluide Medium f angeordnet. Je nach Bedarf können die Auslässe 24 tangential am Mantel 141 der zylindrischen Kammer 14 angeordnet werden, um die kinetische Energie der Rotationsströmung zusätzlich in Druckenergie umzuwandeln. Zu diesem Zweck kann der Auslaß 24 auch als Spalt über die gesamte Zylinderlänge ausgebildet werden.

Ist es nötig, daß das fluide Medium f gegen einen äußeren Druck gefördert werden muß, so kann im Auslaß 24 eine Rückschlagklappe 23 oder -ventil angeordnet werden. Übertrifft der Außendruck, beispielsweise der Druck in einem Reaktordruckbehälter, in den eine Kühlflüssigkeit eingepumpt werden soll, den Druck oder auch Förderdruck des fluiden Mediums im Inneren der Kammer 14, so schließt die Rückschlagklappe 23. Gleichzeitig erhöht sich die Dicke Δs der Schicht 22 und damit auch der Förderdruck gemäß obiger Gleichung, bis dieser den äußeren Druck übertrifft. Dann öffnet die Rückschlagklappe 23 und die Kühlflüssigkeit kann in den Reaktordruckbehälter fließen. Dabei reduziert sich die Dicke Δs und somit der Förderdruck und die Rückschlagklappe 23 schließt wieder, wenn der Förderdruck den äußeren Druck unterschreitet. Bei geschlossener Rückschlagklappe baut sich der Förderdruck in der Kammer 14 wieder auf. Aufbau eines Förderdruckes und Fördern eines fluiden Mediums wiederholen sich daher in einem kontinuierlichen Prozeß. Dabei ist das Umschalten zwischen der Förderphase und der Druckaufbauphase selbstregulierend. Äußere Steuersysteme oder Eingriffe sind daher nicht notwendig. Solche Rückschlagklappen können natürlich auch in den Auslässen 24 der Eintritts- 4 oder Wechselwirkungskammer 6 angeordnet sein.

In Figur 3 ist die Kammer 14 in einer weiteren Ausführungsform schematisch im Querschnitt skizziert. Die

Kammer 14 wird aus einer Anzahl von Kammersegmenten 145 gebildet. Die Kammersegmente 145 erstrecken sich entlang der Rotationsachse 16 über die gesamte Kammer. Sie weisen eine nahezu kreisförmige Krümmung auf, und sind derart angeordnet, daß sie sich gegenseitig unter Belassung eines Spaltes zwischen den einzelnen Kammersegmenten überlappen. In anderen Worten: sich überlappende Mantelsegmente eines Zylinders bilden die zylinderförmige Kammer 14. Die Kammersegmente 145 sind dabei so angeordnet, daß bei einem definierten Drehsinn 147 ein bestimmtes Kammersegment 145 das vorhergehende Kammersegment 145 überlappt und von einem nachfolgenden überlappt wird. Rotiert das Pumpfluid f mit gleichem Drehsinn, so erfüllen die einzelnen von den sich überlappenden Kammersegmenten 145 gebildeten Spalte 146 die Funktion eines tangential angeordneten Auslasses 24, der in Richtung der Rotationsströmung angeordnet ist. Gemäß der Figur 3 ist die Kammer 14 von einem Gehäuse 26 umgeben. In diesem Gehäuse 26 wird das fluide Medium f aufgefangen und kann es über einen Auslaß 24 verlassen. Ist das fluide Medium f gegen einen äußeren Druck zu pumpen, kann in dem Auslaß 24 eine Rückschlagklappe 23 angeordnet werden, so daß sich das fluide Medium f innerhalb des Gehäuses 26 ansammelt. Es bildet sich innerhalb der Kammer 14 eine Schicht mit der Dicke Δs , so daß bei einem ausreichenden Druck das fluide Medium f die Pumpe 2 über die Austrittsöffnung 12 verläßt.

Gemäß der Figur 4, die die Kammer 14 im Querschnitt zeigt, ist der Mantel 141 der Kammer 14 offen. Der Mantel 141 weist also einen Anfang und ein Ende auf. Anfang und Ende des Mantels 141 überlappen sich, so daß der Mantel 141 eine schneckenförmige Gestalt annimmt. Die Öffnung des Mantels 141 erfüllt die Funktion des Auslasses 24. In Längsrichtung der Rotationsachse 16 betrachtet erstreckt sich daher zumindest in einem Teilbereich der Kammer 14 an dem Mantel 141 ein Spalt, der als Auslaß ausgebildet ist. Um den Pumpdruck für das fluide Medium f um einen Staudruck zu erhöhen, ist die Öffnung im Mantel 141, d.h. der Spalt, in Strömungsrichtung des fluiden Mediums f angeordnet. In der Figur 4 ist der Drehsinn 147 einer solchen Rotationsströmung angedeutet.

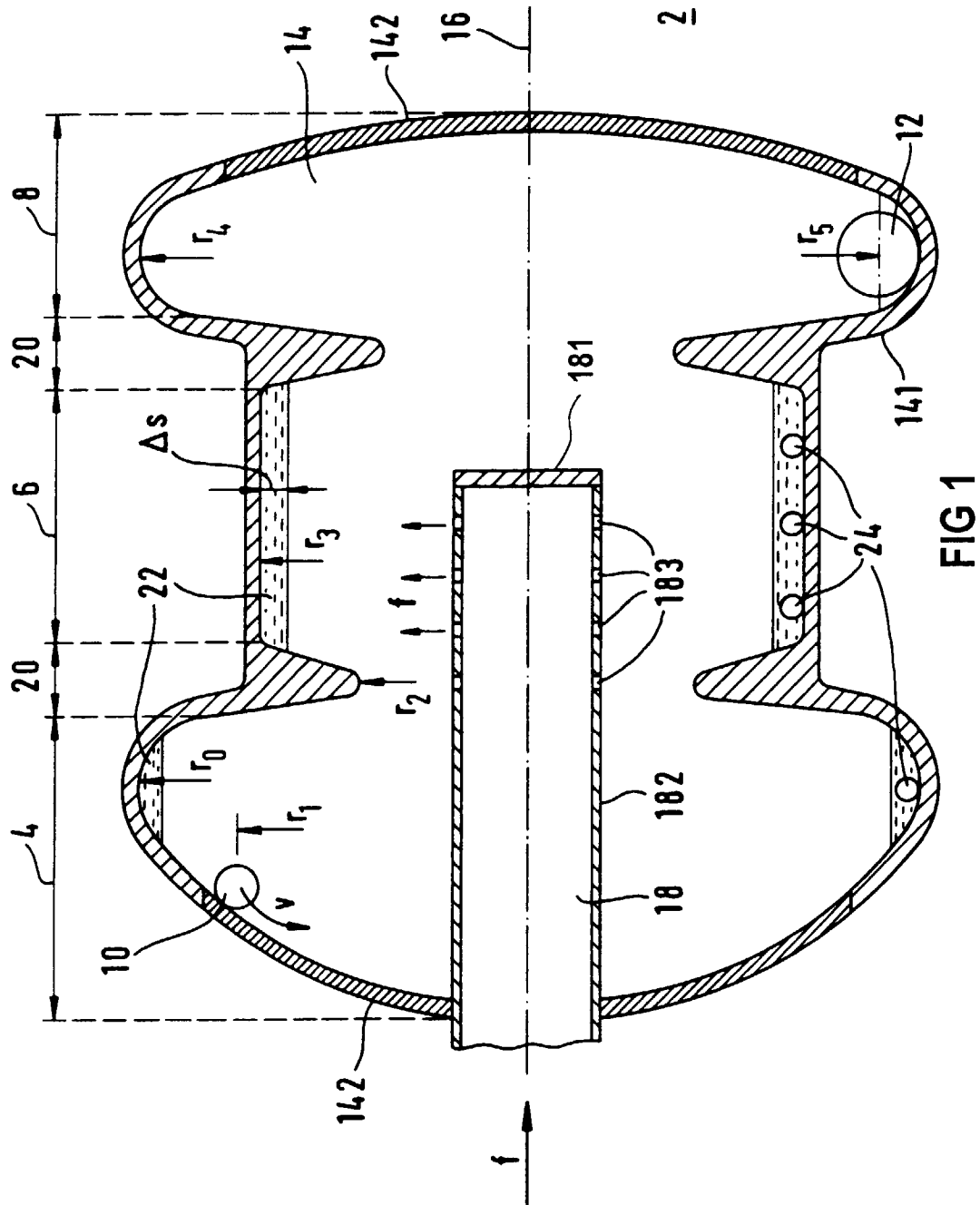
In Figur 5 wird ein Kühlkreislauf bzw. ein Notkühlkreislauf in einem Kernkraftwerk schematisch veranschaulicht. Bei einem Störfall oder auch im Normalbetrieb wird der im Reaktordruckbehälter 31, beispielsweise eines Siedewasserreaktors, entstehende Dampf, das Pumpfluid v, über eine Leitung 301 in die Pumpe 2 geleitet. Durch den in der Pumpe 2 entstehenden Unterdruck wird Wasser, das fluide Medium f, über eine Leitung 302 aus einem Kühlmittelreservoir 32, das beispielsweise ein Kondensationsbecken sein kann, in die Pumpe 2 gesaugt. Übersteigt der Druck in der Pumpe 2 den im Reaktordruckbehälter 31 herrschenden Druck, so wird das Kühlwasser über eine Leitung 303 von der Pumpe 2 in den Reaktordruckbehälter

31 gepumpt. Der Dampf verläßt die Pumpe 2 und wird über eine Leitung 304 entweder über Dach abgeblasen oder über eine Leitung 305 beispielsweise in die Kondensationskammer 32 zurückgeleitet.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Pumpen eines fluiden Mediums (f), bei dem ein Pumpfluid (v) unter Ausbildung einer Rotationsströmung entlang einer von der Rotationsströmung gebildeten Rotationsachse (16) strömt, wobei das fluide Medium (f) durch Kontakt mit dem Pumpfluid (v) radial zur Rotationsachse (16) nach außen beschleunigt und getrennt von dem Pumpfluid (v) abgeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Rotationsgeschwindigkeit der Rotationsströmung entlang der Rotationsachse (16) durch eine Verengung des Strömungsquerschnitts erhöht wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem die Rotationsgeschwindigkeit durch eine in Richtung der Rotationsachse (16) nachfolgende Erweiterung des Strömungsquerschnitts wieder erniedrigt wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Pumpfluid (v) tangential zur Rotationsströmung und im wesentlichen senkrecht zur Rotationsachse zugeführt wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das fluide Medium (f) tangential zur Rotationsströmung und in Strömungsrichtung des Pumpfluids (v) abgeführt wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das fluide Medium (f) im Bereich der Verengung des Strömungsquerschnitts in die Kammer (14) angesaugt wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das fluide Medium (f) nach dem Trennen gesammelt wird.
8. Pumpe (2) für ein fluides Medium (f) mit einer Kammer (14), die eine Zuleitung (18) für das fluide Medium (f) und einen Einlaß (10) für ein Pumpfluid (v) aufweist, welches durch diesen Einlaß (10) unter Ausbildung einer Rotationsströmung einströmbar ist, wobei das fluide Medium (f) durch Kontakt mit dem Pumpfluid (v) radial zur Rotationsachse (16) der Rotationsströmung nach außen beschleunigbar ist, und wobei an einem radial von der Rotationsachse beabstandeten Mantel (141) der Kammer (14) ein Auslaß (24) angeordnet ist, durch den das fluide Medium (f) getrennt von dem Pumpfluid aus der Kammer (14) abführbar ist.

9. Pumpe (2) nach Anspruch 8, bei der die Kammer (14) entlang der Rotationsachse (16) mindestens in einem Teilbereich eine Querschnittsverengung aufweist. 5
10. Pumpe (2) nach Anspruch 8 oder 9, bei der der Einlaß (10) tangential zum Mantel (141) der Kammer (14) und annähernd senkrecht zur Rotationsachse (16) angeordnet ist. 10
11. Pumpe (2) nach einem der Ansprüche 8 bis 10, bei der die Kammer (14) eine Eintrittskammer (4) und eine Austrittskammer (8) für das Pumpfluid (v) und eine dazwischen angeordnete Wechselwirkungskammer (6) umfaßt, wobei die Wechselwirkungskammer (6) eine geringere Querschnittsfläche und/oder einen geringeren Radius als die Eintrittskammer (4) aufweist. 15
12. Pumpe (2) nach Anspruch 11, bei der zwischen Wechselwirkungs- (6) und Eintrittskammer (4) und/oder zwischen Wechselwirkungs- (6) und Austrittskammer (8) ein Übergangsbereich (20) angeordnet ist, dessen Querschnittsfläche gegenüber der Querschnittsfläche der Wechselwirkungskammer (6) kleiner ist. 20
25
13. Pumpe (2) nach Anspruch 11 oder 12, bei der sich die Zuleitung (18) für das fluide Medium (f) entlang der Rotationsachse (16) in die Wechselwirkungskammer (6) erstreckt und mit einer Anzahl von radialen Bohrungen (183) versehen ist. 30
14. Pumpe (2) nach einem der Ansprüche 11 bis 13, bei der das Pumpfluid (v) unter Druck durch den Einlaß (10) in die Eintrittskammer (4) einströmbar ist, wobei der Einlaß (10) als Düse ausgebildet ist. 35
15. Pumpe (2) nach einem der Ansprüche 11 bis 14, bei der in der Wechselwirkungs- (6) und in der Eintrittskammer (4) jeweils mindestens ein Auslaß (24) für das fluide Medium (f) angeordnet ist. 40
16. Pumpe (2) nach Anspruch 15, bei der der Auslaß (24) tangential zum Mantel (141) der Kammer (14) und in Strömungsrichtung des Pumpfluides (v) angeordnet ist. 45
17. Pumpe (2) nach Anspruch 15 oder 16, bei der im Auslaß (24) ein Rückschlagventil (23) angeordnet ist. 50
18. Verwendung einer Pumpe (2) nach einem der Ansprüche 8 bis 17 in einem Kraftwerksreaktor. 55
19. Verwendung einer Pumpe (2) nach einem der Ansprüche 8 bis 17 als Notpumpe für Kühlwasser in einem Kernkraftwerk.



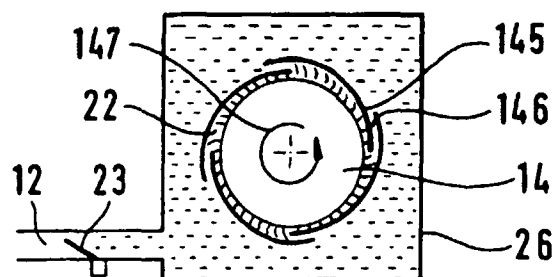
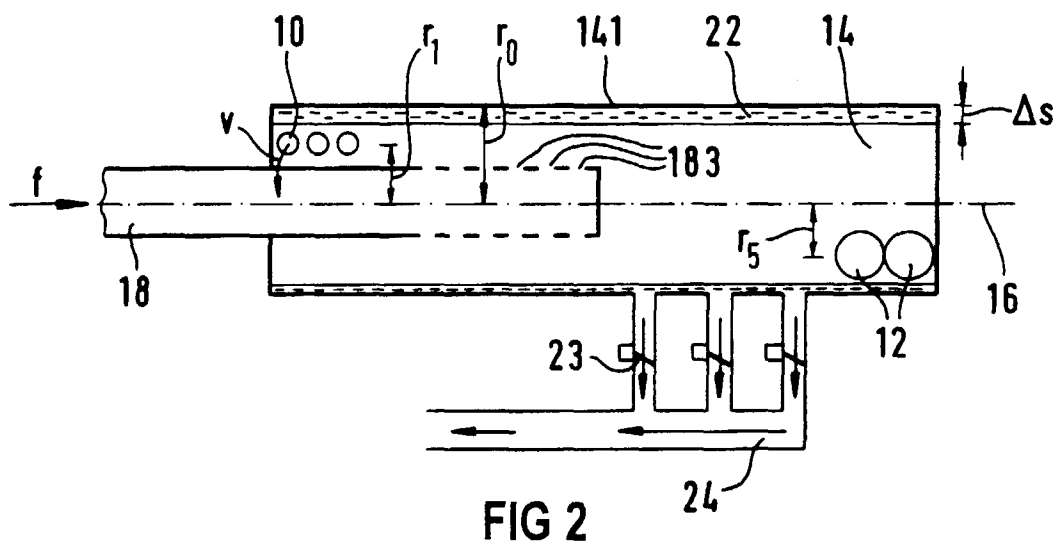


FIG 3

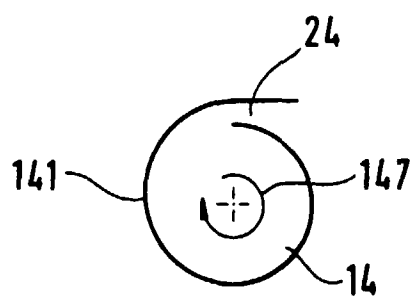


FIG 4

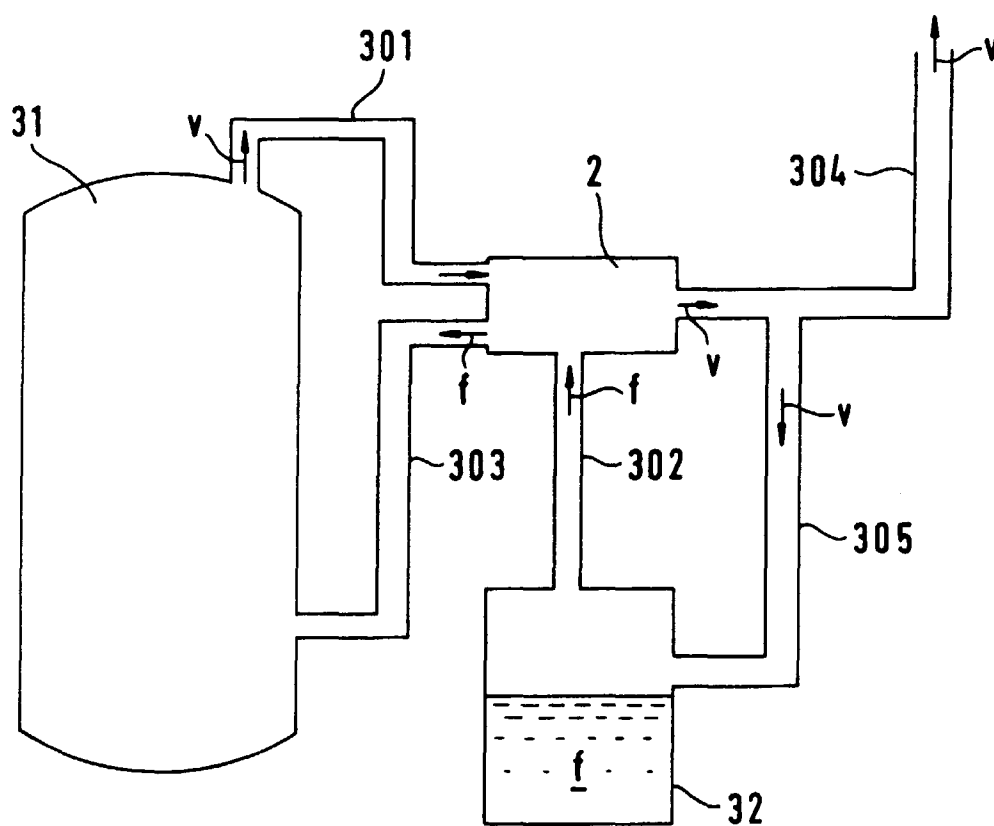


FIG 5