



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
06.06.2012 Patentblatt 2012/23

(51) Int Cl.:
F04B 3/00 (2006.01) **F04B 15/08** (2006.01)
F04B 23/06 (2006.01) **F04B 25/00** (2006.01)
F04B 39/00 (2006.01) **F04B 41/06** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **11008958.8**

(22) Anmeldetag: **10.11.2011**

(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

(72) Erfinder:
• **Adler, Robert**
2201 Gerasdorf (AT)
• **Pfandl, Martin**
3451 Rust im Tullnerfeld (AT)
• **Siebert, Georg**
1070 Wien (AT)

(30) Priorität: **01.12.2010 DE 102010053091**

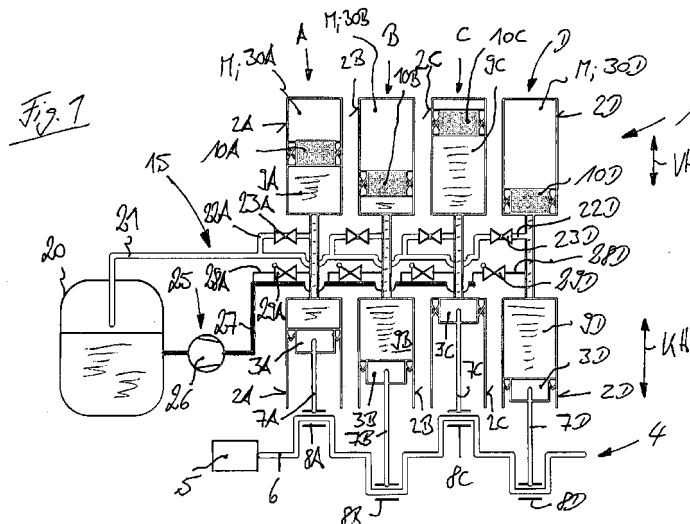
(71) Anmelder: **Linde AG**
80331 München (DE)

(74) Vertreter: **Kasseckert, Rainer**
Linde AG
Legal Services Intellectual Property
Dr.-Carl-von-Linde-Strasse 6-14
82049 Pullach (DE)

(54) **Mehrstufiger Kolbenverdichter**

(57) Die Erfindung betrifft einen mehrstufiger Kolbenverdichter (1) für ein gasförmiges oder tiefkalt verflüssigtes Medium (M) mit mindestens zwei Verdichterstufen (A; B; C; D), die zum gemeinsamen Antrieb mit einem gemeinsamen Antriebsstrang (4) in Wirkverbindung stehen, wobei jede Verdichterstufe (A; B; C; D) einen mit dem Antriebsstrang (4) mechanisch verbundenen Kolben (3A; 3B; 3C; 3D) aufweist, der in einem Verdichterzylinder (2A; 2B; 2C; 2D) längsverschiebbar angeordnet ist. Die Aufgabe, einen derartigen mehrstufigen Verdichter zur Verfügung zu stellen, bei dem die Verdichterstufen unabhängig voneinander betreibbar sind und der hinsichtlich des Verschleißes und der Energieeffizienz

verbessert ist, wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass der Kolben (3A; 3B; 3C; 3D) der jeweiligen Verdichterstufe (A; B; C; D) mit einer in dem Verdichterzylinder (2A; 2B; 2C; 2D) angeordneten Flüssigkeitssäule (9A; 9B; 9C; 9D) einer inkompressiblen Flüssigkeit in Verbindung steht, die die Kolbenhubbewegung des Kolbens (3A; 3B; 3C; 3D) in eine Bewegung eines in dem Verdichterzylinder (2A; 2B; 2C; 2D) längsverschiebbar angeordneten Verdichterkolbens (10A; 10B; 10C; 10D) wandelt, wobei die Flüssigkeitssäule (9A; 9B; 9C; 9D) zur Veränderung des Verdichters (VH) des Verdichterkolbens (10A; 10B; 10C; 10D) mit einem Ablauf (15) in Verbindung bringbar ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen mehrstufigen Kolbenverdichter für ein gasförmiges oder tiefkalt verflüssigtes Medium mit mindestens zwei Verdichterstufen, die zum gemeinsamen Antrieb mit einem gemeinsamen Antriebsstrang in Wirkverbindung stehen, wobei jede Verdichterstufe einen mit dem Antriebsstrang mechanisch verbundenen Kolben aufweist, der in einem Verdichtierzylinder längsverschiebbar angeordnet ist.

[0002] Ein gattungsgemäßer mehrstufiger Kolbenverdichter ist aus der 10 2006 042 122 A1 bekannt.

[0003] Derartige Verdichter werden zum Verdichten von gasförmigen oder flüssigen Medium, beispielsweise Wasserstoff, Stickstoff oder Erdgas in gasförmigem oder flüssigem Zustand eingesetzt.

[0004] Bei gattungsgemäßen mehrstufigen Verdichtern, bei denen die Kolben der einzelnen Verdichterstufen mit einem gemeinsamen Antriebsstrang in Verbindung stehen und somit die Kolben der einzelnen Verdichterstufen in mechanischer Weise mit dem Antriebsstrang verbunden sind, werden die Kolben der Verdichterstufen gemeinsam von dem Antriebsstrang angetrieben und führen bei betätigtem Antriebsstrang jeweils eine Kolbenbewegung mit konstantem Kolbenhub durch. Jeder Kolben der entsprechenden Verdichterstufe ist von dem in der entsprechenden Verdichterstufe anstehenden Druck des Mediums beaufschlagt. Sofern eine Verdichterstufe ohne Verdichterleistung mitläuft, beispielsweise in einem Teillastbereich oder lastlosen Zustand, entsteht durch den anstehenden Druck des Mediums an dem mitlaufenden und den Kolbenhub durchführenden Kolben ein zusätzlicher Energiebedarf, der über den Antriebsstrang zum Antrieb des Kolbens aufgebracht werden muss. Zudem belastet der mitlaufende Kolben durch den anstehenden Druck den Antriebsstrang, wodurch insbesondere im Teillastbetrieb oder im lastlosen Betrieb einer Verdichterstufe der Antriebsstrang ungleichmäßig belastet wird. Weiterhin treten an dem im Teillastbetrieb oder lastlos mitlaufenden Kolben einer Verdichterstufe

[0005] Belastungen und mechanischer Verschleiß an zugeordneten Bauteilen auf, beispielsweise den Dichtungseinrichtungen zum Abdichten des Kolbens in dem Verdichtierzylinder, den Lagerungen des Kolbens sowie dem Saugventil und dem Druckventil des zu verdichtenden Mediums. Darüber hinaus tritt durch die Kolbenhubbewegung des mitlaufenden Kolbens einer Verdichterstufe Verschleiß an den entsprechenden Oberflächen zwischen Kolben und Verdichtierzylinder auf.

[0006] Sofern bei einem gattungsgemäßen mehrstufigen Verdichter die Verdichterstufen in Reihe als Stufenverdichter geschaltet sind und eine Verdichterstufe ausgangsseitig mit dem Eingang einer nächsten Verdichterstufe verbunden ist, ergibt sich bei einem gattungsgemäßen Verdichter, bei dem die Kolben der Verdichterstufen mit einem gemeinsamen Antriebsstrang mechanisch gekoppelt sind und synchron angetrieben werden, dass der Eingangsdruckbereich und das Verdichtungsverhältnis

der jeweiligen Verdichterstufe durch den festen und konstanten Kolbenhub der Kolbens der entsprechenden Verdichterstufe auf einen engen Bereich fixiert sind.

[0007] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen gattungsgemäßen mehrstufigen Verdichter zur Verfügung zu stellen, bei dem die Verdichterstufen unabhängig voneinander betreibbar sind und der hinsichtlich des Verschleißes und der Energieeffizienz verbessert ist.

[0008] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass der Kolben der jeweiligen Verdichterstufe mit einer in dem Verdichtierzylinder angeordneten Flüssigkeitssäule einer inkompressiblen Flüssigkeit in Verbindung steht, die die Kolbenhubbewegung des Kolbens in eine Bewegung eines in dem Verdichtierzylinder längsverschiebbar angeordneten Verdichterkolbens wandelt, wobei die Flüssigkeitssäule zur Veränderung des Verdichterhubs des Verdichterkolbens mit einem Ablauf in Verbindung bringbar ist. Erfindungsgemäß steht somit der mechanisch mit dem Antriebsstrang gekoppelte Kolben jeder Verdichterstufe über eine Flüssigkeitssäule einer inkompressiblen Flüssigkeit, beispielsweise einer hydraulischen Flüssigkeit, mit einem Verdichterkolben in Verbindung, der den entsprechenden Verdichterhub zum Verdichten des zu verdichtenden Mediums ausführt. Durch die Verbindung der Flüssigkeitssäule mit einem Ablauf kann in erfindungsgemäßer Weise die Flüssigkeitssäule jeder Verdichterstufe verändert und variiert werden, so dass bei gegebenem konstanten Kolbenhub des mechanisch von dem Antriebsstrang angetriebenen Kolbens der

[0009] Verdichterhub des dem Kolben zugeordneten Verdichterkolbens unabhängig von dem Kolbenhub gesteuert werden kann. Dadurch wird es ermöglicht, einen Verdichterkolben teilweise oder vollständig trotz angetriebenem Kolben abzuschalten und somit den Verdichterkolben bewegungslos stillzusetzen bzw. im Verdichterhub zu steuern. Bei dem erfindungsgemäßen mehrstufigen Kolbenverdichter sind somit bei einem gemeinsamen Antriebsstrang unabhängige und individuell betreibbare Verdichterstufen erzielbar. Durch die erfindungsgemäße Verbindung der von dem Kolben angetriebenen Flüssigkeitssäule der hydraulischen Flüssigkeit wird somit auf einfache Weise ein Teillastbetrieb einer entsprechenden Verdichterstufe ermöglicht. Zudem ermöglicht die Verbindung der Flüssigkeitssäule mit einem Ablauf die Abschaltung einer oder mehrerer Verdichterstufen, bei denen die entsprechenden Verdichterkolben bewegungslos stillgesetzt sind und keine Bewegung in den Verdichtierzylindern durchführen. Das Stillsetzen bzw. das Verändern des Verdichterhubs der entsprechenden Verdichterkolben führt zu einer verbesserten Energieeffizienz, da keine Antriebsleistung für den stillgesetzten Kolben aufgebracht werden muss bzw. in einem Teillastbereich durch Veränderung des entsprechenden Verdichterhubs des Verdichterkolbens der Antriebsstrang gleichmäßig belastet ist. Zudem wird der mechanische Verschleiß an den Oberflächen zwischen

Kolben und Verdichterzylinder, den Dichtungen des Kolbens, dem Ein- und Auslassventil des Mediums einer lastlosen Verdichterstufe durch das Stillsetzen des Verdichterkolbens verringert bzw. vermieden.

[0010] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist zur Verbindung der Flüssigkeitssäule mit dem Ablauf eine Ventileinrichtung vorgesehen. Mit einer entsprechenden Ventileinrichtung kann auf einfache die Verbindung der von dem mit dem Antriebsstrang trieblich verbundenen Kolben angetriebenen Flüssigkeitssäule mit dem Ablauf gesteuert werden, so dass die Ventileinrichtung die von dem Kolben angetriebene Flüssigkeitssäule zum Ablauf fördert, um den dem Kolben zugeordneten Verdichterzylinder teilweise oder vollständig abzuschalten.

[0011] Mit besonderem Vorteil stehen gemäß einer Ausgestaltungsform der Erfindung die Verdichterzylinder mittels jeweils einer Ablaufzweingleitung mit einer Sammelablaufeitung in Verbindung, wobei in der Ablaufzweingleitung die Ventileinrichtung angeordnet ist. An einem mehrstufigen Kolbenverdichter kann mit einer Sammelablaufeitung und einer entsprechenden mit einer Ventileinrichtung versehenen Ablaufzweingleitung an jeder Verdichterstufe auf einfache Weise die Verbindung der Flüssigkeitssäule der hydraulischen Flüssigkeit jeder Verdichterstufe individuell mit dem Ablauf gesteuert werden, um den entsprechenden Verdichterkolben der Verdichterstufe teilweise oder vollständig abzuschalten.

[0012] Die Ventileinrichtung ist zweckmäßigerweise als Steuerventil, insbesondere Schieberventil oder Kugelhahn, mit einer Sperrstellung und einer Durchflussstellung ausgebildet. Mit einem derartigen Steuerventil kann auf einfache Weise durch entsprechende Betätigung in Richtung der Durchflussstellung die Flüssigkeitssäule mit dem Ablauf verbunden werden, um zu erzielen, dass der von dem Antriebsstrang angetriebene Kolben die Flüssigkeitssäule zum Ablauf fördert, um die Bewegung und den Verdichterhub des Verdichterkolbens zu steuern.

[0013] Besondere Vorteile ergeben sich, wenn die Ventileinrichtung mit einer elektronischen Steuereinrichtung betätigbar ist. Mit einer elektronischen Steuereinrichtung kann durch entsprechende Betätigung der Ventileinrichtungen auf einfache Weise das Verhalten des Verdichters gesteuert werden.

[0014] Die Sammelablaufeitung steht zweckmäßigerweise mit einem Behälter, insbesondere einem unter einem Vorspanndruck stehenden Behälter, in Verbindung. Mit einem unter einem Vorspanndruck stehenden Behälter wird erzielt, dass die Flüssigkeitssäule bei geöffneter Ventileinrichtung unter einem bestimmten Gegendruck von dem angetriebenen Kolben zum Behälter gefördert wird. Ein bestimmter Vorspanndruck in der Sammelablaufeitung kann alternativ durch ein Überströmventil in der Sammelablaufeitung erzielt werden.

[0015] Besondere Vorteile ergeben sich, wenn gemäß einer Weiterbildung der Erfindung in der Sammelablaufeitung oder der Ablaufzweingleitung mindestens eine Zu-

satzventileinrichtung angeordnet ist. Mit Zusatzventileinrichtungen kann auf einfache Weise das Verhalten des Verdichters beeinflusst und/oder gesteuert werden.

[0016] Die Zusatzventileinrichtung kann gemäß einer Ausführungsform der Erfindung als Überströmventil, insbesondere Druckbegrenzungsventil, ausgebildet sein. Mit einem Druckbegrenzungsventil in der entsprechenden Ablaufzweingleitung wird auf einfache Weise ermöglicht, den Eingangsdruck und/oder den Ausgangsdruck der entsprechenden Verdichterstufe abzusichern, so dass sich die entsprechende Verdichterstufe einem veränderten Eingangsdruck und/oder Ausgangsdruck anpassen kann.

[0017] Die Zusatzventileinrichtung kann gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung als Druckregelventil und/oder als Durchflussbegrenzungsventil ausgebildet sein. Mit einer derartigen Zusatzventileinrichtung kann auf einfache Weise eine Teillastabschaltung der entsprechenden Verdichterstufe ermöglicht werden.

[0018] Der Antriebsstrang umfasst gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltungsform der Erfindung eine von einem Antriebsmotor angetriebene Kurbel- oder Exzenterwelle, wobei die Kolben mittels jeweils einer Pleuelstange mit der Kurbelwelle verbunden sind. Der Kolbenverdichter kann hierbei als Linearverdichter ausgebildet sein, bei dem die Kolben eine reine Linearbewegung in dem Verdichterzylinder ausführen und die Pleuelstange mittels einer Lagerung an der Kurbelwelle angeordnet ist. Alternativ kann der erfindungsgemäße Verdichter in Schwenkkolbenbauweise ausgebildet werden, bei dem die Kolben eine Pendelbewegung in dem Verdichterzylinder durchführen und die Pleuelstange an einer Kurbel- oder Exzenterwelle starr befestigt werden kann.

[0019] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung ist die Flüssigkeitssäule mit einer Versorgungsquelle in Verbindung bringbar. Mit einer Versorgungsquelle kann auf einfache Weise die Flüssigkeitssäule der entsprechenden Verdichterstufe wiederaufgefüllt werden, um eine Zuschaltung der Verdichterstufe zu ermöglichen. Mit einer Versorgungsquelle kann weiterhin auf einfache Weise ein Austausch der Hydraulikflüssigkeit und eine Entlüftung der Flüssigkeitssäule ermöglicht werden.

[0020] Die Versorgungsquelle umfasst zweckmäßigerweise eine mit dem Behälter in Verbindung stehende Versorgungspumpe, die in eine Versorgungsleitung fördert, wobei die Verdichterzylinder mittels jeweils der Versorgungszweingleitung mit einer Versorgungsleitung in Verbindung stehen, wobei in der Versorgungszweingleitung jeweils eine Ventileinrichtung angeordnet ist. Mit einer Ventileinrichtung in entsprechenden Versorgungszweingleitungen kann auf einfache Weise die Wiederauffüllung der Flüssigkeitssäule der zugeordneten Verdichterstufe über die in die Versorgungsleitung führende Versorgungspumpe ermöglicht werden.

[0021] Gemäß einer möglichen Ausführungsform der Erfindung sind bei einem erfindungsgemäßen Kolbenverdichter die Verdichterstufen in Reihe geschaltet. Mit

einem Stufenverdichter, bei dem zumindest zwei Verdichterstufen in Reihe geschaltet sind, wobei eine Verdichterstufe ausgangsseitig mit dem Eingang einer weiteren Verdichterstufe verbunden ist, kann durch die erfindungsgemäße Verbindung einer oder aller Verdichterstufen mit dem Ablauf ein Teillastbetrieb einer Verdichterstufe auf einfache Weise ermöglicht werden. Dadurch wird eine gleichmäßige Belastung des Antriebsstrangs erzielt. Zudem wird es ermöglicht, dass sich die entsprechende Verdichterstufe an unterschiedliche Eingangs- bzw. Ausgangsdrücke anpassen kann, wodurch der erfindungsgemäße Kolbenverdichter in einer weiten Bandbreite von Eingangs- und Ausgangsdrücken betrieben werden kann.

[0022] Gemäß einer weiteren möglichen Ausführungsform der Erfindung sind die Verdichterstufen parallel geschaltet. Bei einem derartigen Kolbenverdichter, bei dem jede Verdichterstufe einen separaten Verdichter bildet und eine entsprechende Förderleistung des verdichteten Medium zur Verfügung stellt, kann durch die erfindungsgemäße teilweise oder vollständige Abschaltung der einzelnen Verdichterstufen auf einfache Weise eine variable und anpassbare Förderleistung zur Verfügung gestellt werden. Mit der erfindungsgemäßen Verbindung der entsprechenden Flüssigkeitssäule der zugeordneten Verdichterstufe kann auf einfache Weise eine multiple Verdichterlösung für variable Förderleistung mit einem gemeinsamen Antriebsstrang realisiert werden. Dabei bilden die teilweise oder vollständig abgeschalteten Verdichterstufen jeweils separate eigenständige Verdichter. Sofern bei einem derartigen mehrstufigen Kolbenverdichter eine höhere Förderleistung benötigt wird, können nacheinander die Verdichterstufen dazugeschaltet werden. Zudem ermöglicht der erfindungsgemäße Verdichter, die installierte Motorleistung des Antriebsmotors optimal auszunutzen. Sofern der ausgangsseitige Gegendruck des verdichteten Mediums niedrig ist, können mehrere Verdichterstufen gleichzeitig betrieben werden. Bei höherem ausgangsseitigen Gegendruck bzw. bei einem Boosterbetrieb können die einzelnen Verdichterstufen auf einfache Weise weggeschaltet werden, um eine Anpassung an die Motorleistung zu ermöglichen.

[0023] Durch die erfindungsgemäße Verbindung der Flüssigkeitssäule der entsprechenden Verdichterstufe mit dem Ablauf wird weiterhin bei einem erfindungsgemäßen mehrstufigen Verdichter ermöglicht, dass ausgewählte Verdichterstufen einzeln betrieben werden können. Dadurch wird ein Betrieb ausgewählter Verdichterstufen ermöglicht, ohne dass die anderen Verdichterstufen lauffähig sein müssen, beispielsweise bei einem Störfall einer Verdichterstufe. Bei einem erfindungsgemäßen mehrstufigen Verdichter können bei einem Störfall oder einem Ausfall einer oder mehrere Verdichterstufen die betroffenen Verdichterstufen abgeschaltet und der Verdichter mit den funktionsfähigen Verdichterstufen weiterbetrieben werden.

[0024] Der erfindungsgemäße Kolbenverdichter kann

derart ausgebildet sein, dass die mittels der Flüssigkeitssäule betriebenen Verdichterkolben mit dem zu verdichtenden Medium direkt in Kontakt stehen und das Medium verdichten. Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung ist der Verdichter als ionischer Verdichter ausgebildet, wobei der Verdichterkolben der entsprechenden Verdichterstufe mit einer in dem Verdichterzylinder angeordneten Flüssigkeitssäule einer ionischen Betriebsflüssigkeit in Kontakt steht, die zur Verdichtung des Medium dient. Derartige ionische Verdichter, bei denen das zu verdichtende Medium von der ionischen Flüssigkeitssäule in dem Verdrängerzylinder verdrängt wird, werden bevorzugt zur Verdichtung von gasförmigen Medien, beispielsweise Wasserstoff, verwendet.

[0025] Bei einem erfindungsgemäßen mehrstufigen Kolbenverdichter wird ermöglicht, dass durch die Verbindung der Flüssigkeitssäule mit dem Ablauf eine Verdichterstufe oder mehrere Verdichterstufen bei weiterlaufendem Antriebsstrang teilweise oder vollständig abgeschaltet werden können. Die teilweise Abschaltung einzelner Verdichterstufen ermöglicht auf einfache Weise einen Teillastbetrieb ausgewählter Verdichterstufen. Die vollständige Abschaltung einzelner Verdichterstufen ermöglicht die Anpassung der Verdichterleistung an die installierte Motorleistung des Antriebsmotors des Antriebsstranges und/oder die Erzielung einer variablen Verdichterleistung. Zudem wird durch die vollständige Abschaltung einzelner Verdichterstufen ein Weiterbetrieb des Verdichters bei einer gestörten oder funktionsunfähigen Verdichterstufe ermöglicht.

[0026] Zudem wird bei einem erfindungsgemäßen mehrstufigen Kolbenverdichter ermöglicht, dass durch die Verbindung der Flüssigkeitssäulen aller Verdichterstufen mit dem Ablauf eine Notabschaltung des Verdichters bei weiterlaufendem Antriebsstrang erzielbar ist. Bei einem erfindungsgemäßen mehrstufigen Kolbenverdichter kann durch die gleichzeitige Verbindung aller Flüssigkeitssäulen der Verdichterstufen mit dem Ablauf ein Notlastabwurf realisiert werden, bei dem alle Verdichterstufen abgeschaltet werden ohne dass der Antriebsstrang sofort zum Stehen gebracht werden müsste.

[0027] Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung werden anhand der in den schematischen Figuren dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert. Hierbei zeigt

Figur 1 eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen mehrstufigen Kolbenverdichters und

Figur 2 eine Weiterbildung der Erfindung.

[0028] In der Figur 1 ist ein erfindungsgemäßer mehrstufiger Kolbenverdichter 1 dargestellt, der im vorliegenden Ausführungsbeispiel vier Verdichterstufen A, B, C, D umfasst.

[0029] Jede Verdichterstufe A, B, C, D umfasst einen in einem Verdichterzylinder 2A, 2B, 2C, 2D längsver-

schiebbar angeordneten Kolben 3A, 3B, 3C, 3D. Zum gemeinsamen Antrieb der Kolben 3A-3D stehen die Kolben 3A-3D mit einem gemeinsamen Antriebsstrang 4 in trieblicher Verbindung.

[0030] Der Antriebsstrang 4 besteht im dargestellten Ausführungsbeispiel aus einer von einem Antriebsmotor 5, beispielsweise einem Elektromotor oder Verbrennungsmotor, angetriebenen Kurbel- bzw. Exzenterwelle 6, wobei die Kolben 3A-3D jeweils mittels einer Pleuelstange 7A-7D mit der Kurbelwelle 6 in mechanischer Verbindung stehen. In der Anlenkung der Pleuelstange 7A-7D an der Kurbel- bzw. Exzenterwelle 6 kann eine Lagerung 8A-8D ausgebildet werden.

[0031] Erfindungsgemäß steht jeder Kolben 3A-3D mittels einer Flüssigkeitssäule 9A-9D aus einem inkompressiblen Medium, beispielsweise einer Hydraulikflüssigkeit, in dem Verdichterzylinder 2A-2D mit einem in dem Verdichterzylinder 2A-2D längsverschiebbaren Verdichterkolben 10A-10D in Verbindung, der direkt oder unter Zwischenschaltung einer Flüssigkeitssäule einer ionischen Betriebsflüssigkeit 30A-30D zur Verdichtung des zu verdichtenden Mediums M dient, beispielsweise gasförmigen oder flüssigen Wasserstoffs. Zur Abdichtung des Kolbens 3A-3D gegenüber dem entsprechenden Verdichterzylinder 2A-2D sind schematisch dargestellte Dichtungseinrichtungen vorgesehen.

[0032] Die Kinematik der Kurbelwelle 6 und der Pleuelstange 7A-7D führt bei einem angetriebenen Antriebsstrang 4 zu einem vorgegeben, konstanten Kolbenhub KH zwischen einem oberen unteren Totpunkt der entsprechenden Kolben 2A-2D der jeweiligen Verdichterstufen A-D.

[0033] Erfindungsgemäß ist weiterhin die jeweilige Flüssigkeitssäule 9A-9D der zugeordneten Verdichterstufe A-D mit einem Ablauf 15 verbindbar.

[0034] Hierzu ist eine zu einem Behälter 20 geführte Sammelablaufleitung 21 vorgesehen, an die die jeweiligen Verdichterzylinder 2A-2D mittels jeweils einer entsprechenden Ablaufzweigleitung 22A-22D angeschlossen sind. Zur Steuerung der Verbindung der Flüssigkeitssäule 9A-9D mit der Sammelablaufleitung 21 und somit zum entsprechenden Ablassen von Hydraulikflüssigkeit der zugeordneten Flüssigkeitssäule 9A-9D ist in jeder Ablaufzweigleitung 22A-22D eine Ventileinrichtung 23A-23D angeordnet. Der Behälter 20 kann unter einer geringen Vorspannung stehen.

[0035] Die Ventileinrichtung 23A-23D kann als Schieberventil oder Kugelhahn ausgebildet sein, die zwischen einer Durchflussstellung und einer Sperrstellung betätigbar ist.

[0036] Zum Wiederauffüllen von Hydraulikflüssigkeit aus dem Behälter 20 in die entsprechende Flüssigkeitssäule 9A-9D der Verdichterstufen A-D ist eine Versorgungsquelle 25 vorgesehen, die eine Versorgungspumpe 26 aufweist, die saugseitig mit dem Behälter 20 in Verbindung steht und förderseitig in eine Versorgungsleitung 27 fördert. Die Verdichterzylinder 2A-2D stehen mittels jeweils einer Versorgungszweigleitung 28A-28D

mit der Versorgungsleitung 27 in Verbindung. In den Versorgungsleitungen 28A-28D ist zum entsprechenden Auffüllen von Hydraulikflüssigkeit der zugeordneten Flüssigkeitssäule 9A-9D jeweils eine Ventileinrichtung 29A-29D angeordnet. Die Ventileinrichtung 29A-29D kann als Schieberventil oder Kugelhahn ausgebildet sein, die zwischen einer Durchflussstellung und einer Sperrstellung betätigbar ist.

[0037] Durch entsprechende Betätigung der Ventileinrichtung 23A-23D kann Hydraulikflüssigkeit aus der entsprechenden Flüssigkeitssäule 9A-9D abgelassen werden, so dass bei einem vorgegeben und konstanten Kolbenhub KH des zugeordneten Kolbens 3A-3D nach in der Figur 1 oben die in dem Verdichterzylinder 2A-2D geförderte Druckmittelstrom der Hydraulikflüssigkeit der Flüssigkeitssäule 9A-9D bei geöffneter Ventileinrichtung 23A-23D teilweise oder vollständig zum Ablauf 15 und somit in den Behälter 20 gefördert wird. Bei geöffneter Ventileinrichtung 23A-23D wird somit verhindert, dass die von dem mechanisch angetriebenen Kolben 3A-3D geförderte Hydraulikflüssigkeit nicht bzw. lediglich teilweise zu dem zugeordneten Verdichterkolben 10A-10D gelangen kann und eine entsprechende Bewegung des Verdichterkolbens 10A-10D bewirkt. Durch diese Umleitung der geförderten Hydraulikflüssigkeit der Flüssigkeitssäule 9A-9D in die Sammelablaufleitung 21 kann die betroffene Verdichterstufe A-D und somit der Verdichterkolben 10A-10D teilweise oder komplett lastlos und somit bewegungslos geschaltet werden. Der Antriebsstrang 4 kann dabei weiterlaufen und die weiteren Verdichterstufen antreiben.

[0038] Durch die erfindungsgemäße Verbindung der Flüssigkeitssäule 9A-9D der jeweiligen Verdichterstufe A-D mit dem Ablauf 15 wird somit ermöglicht, den Verdichterhub VH jedes Verdichterkolbens 10A-10D unabhängig von dem konstanten Kolbenhub KH des zugeordneten Kolbens 3A-3D zu variieren und zu verändern, wobei weiterhin ermöglicht wird, den Verdichterkolben 10A-10D vollständig stillzusetzen mit Verdichterhub VH Null. Die Steuerung der Flüssigkeitssäule 9A-9D mit dem Ablauf 15 und somit dem Behälter 20 ermöglicht es somit, einen Verdichterzylinder 10A-10B teilweise oder vollständig abzuschalten. Durch individuelle Ansteuerung der Ventileinrichtung 23A-23D kann weiterhin der Verdichterhub VH jedes Verdichterkolbens 10A-10D unabhängig von dem Verdichterhub der anderen Verdichterkolben der weiteren Verdichterstufen gesteuert und verändert werden.

[0039] In der Figur 2 ist eine Weiterbildung der Erfindung anhand einer Verdichterstufe A des erfindungsgemäßen Verdichters 1 verdeutlicht. Die weiteren Verdichterstufen B-D des erfindungsgemäßen Verdichters 1 können entsprechend ausgebildet sein.

[0040] Gemäß der Figur 2 ist der Verdichter 1 als ionischer Verdichter 1 ausgebildet, wobei der als Phasentrenner ausgebildete Verdichterkolben 10A, der von der Hydraulikflüssigkeit und somit der Flüssigkeitssäule 9A-9D bewegt wird, mit einer in dem Verdichterzylinder 2A

befindlichen Flüssigkeitssäule einer ionischen Betriebsflüssigkeit 30A in Kontakt steht, die einen dem Verdichterhub VH des Verdichterkolbens 10A entsprechenden Verdichterhub am Füllstandspiegel 31 durchführt. Die ionische Betriebsflüssigkeit 30A dient zum Verdichten des Mediums M, das sich in einem von dem Verdrängerzylinder 2A und der ionischen Betriebsflüssigkeit 30A gebildeten Verdrängerraum befindet. Mittels eines Einlassventil 32A und eines Auslassventils 33A an dem Verdichterzylinder 2A kann das Medium M angesaugt und ausgestoßen werden.

[0041] In der Figur 2 ist weiterhin eine elektrische Betätigungseinrichtung 40A, beispielsweise ein Magnet oder ein elektrischer Stellantrieb, zur Betätigung der in der Ablaufzweingleitung 22A angeordneten Ventileinrichtung 23A dargestellt. Die Ventileinrichtung 23A ist mittels einer elektronischen Steuereinrichtung 41 betätigbar, die hierzu mit der Betätigungseinrichtung 40A in Verbindung steht.

[0042] Gemäß der Figur 2 ist in der Ablaufzweingleitung 22A mindestens eine Zusatzventileinrichtung 50A angeordnet. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist in der Ablaufzweingleitung 22A als Zusatzventileinrichtung 50A ein Überstromventil 51A, beispielsweise ein Druckbegrenzungsventil, und ein Regelventil 52A, beispielsweise Druckregel- oder Druckbegrenzungsventil, angeordnet.

[0043] Bei einem erfindungsgemäßen mehrstufigen Verdichter 1 ergeben sich eine Reihe von Vorteilen.

[0044] Bei dem erfindungsgemäßen mehrstufigen Kolbenverdichter 1 sind bei einem gemeinsamen Antriebsstrang 4 mit einem einzigen Antriebsmotor 5 unabhängige Verdichterstufen A-D erzielbar. Bei dem erfindungsgemäßen mehrstufigen Kolbenverdichter 1 mit einem gemeinsamen Antriebsstrang 4 können einzelne Verdichterstufen A-D teilweise oder vollständig abgeschaltet werden und somit im Teillastbetrieb oder lastlos betrieben bzw. einzelne Verdichterkolben bewegungslos geschaltet werden. Dadurch werden eine verbesserte Energieeffizienz und eine verringerte Belastung des Antriebes bei abgeschalteter Verdichterstufe erzielt. Zudem wird bei einem bewegungslos geschalteten Verdichterkolben einer Verdichterstufe eine verringerte Belastung und ein verringerter mechanischer Verschleiß erzielt, beispielsweise an den Dichtungen des Verdichterkolbens und den Oberflächen des Verdichterkolbens sowie des Verdichterzylinders und den Ventilen der Verdichterstufe.

[0045] Durch die teilweise oder vollständige Abkoppelung einzelner Verdichterstufen vom Antriebsstrang ergibt sich weiterhin eine erhöhte Energieeffizienz im Teillastbetrieb. Zudem kann hierdurch die Belastung des Antriebsstranges gleichmäßig gehalten werden.

[0046] Weiterhin wird durch die erfindungsgemäße individuelle Abschaltung der einzelnen Verdichterstufen erzielt, dass sich der Verdichter 1 an veränderte Ein- bzw. Ausgangdrücke des zu verdichtenden Mediums anpassen kann. Bei einem als Stufenverdichter ausgebildeten erfindungsgemäßen mehrstufigen Kolbenverdichter wird

somit ein Betrieb in einem vergrößerten Eingangsdruckbereich und ein variables Verdichtungsverhältnis an den entsprechenden Verdichterstufen ermöglicht.

[0047] Durch die Anordnung einer oder mehrer Zusatzventileinrichtungen in den Ablaufzweingleitungen der entsprechenden Verdichterstufe ist es möglich, das Verhalten des Verdichters auf einfache Weise zu beeinflussen und/oder zu steuern. Durch Anordnung eines Überstromventils, beispielsweise eines Druckbegrenzungsventils, und/oder eines Regelventils, beispielsweise eines Druckregelventils oder eines Durchflussregelventils, in die entsprechende Ablaufzweingleitung einer Verdichterstufe können auf einfache Weise ein oder mehrere Abschaltungsvarianten (Teillast, Druckbegrenzung, Komplettabstaltung) der entsprechenden Verdichterstufe ermöglicht werden.

Patentansprüche

1. Mehrstufiger Kolbenverdichter für ein gasförmiges oder tiefkalt verflüssigtes Medium mit mindestens zwei Verdichterstufen, die zum gemeinsamen Antrieb mit einem gemeinsamen Antriebsstrang in Wirkverbindung stehen, wobei jede Verdichterstufe einen mit dem Antriebsstrang mechanisch verbundenen Kolben aufweist, der in einem Verdichterzylinder längsverschiebbar angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kolben (3A; 3B; 3C; 3D) der jeweiligen Verdichterstufe (A; B; C; D) mit einer in dem Verdichterzylinder (2A; 2B; 2C; 2D) angeordneten Flüssigkeitssäule (9A; 9B; 9C; 9D) einer inkompressiblen Flüssigkeit in Verbindung steht, die die Kolbenhubbewegung des Kolbens (3A; 3B; 3C; 3D) in eine Bewegung eines in dem Verdichterzylinder (2A; 2B; 2C; 2D) längsverschiebbar angeordneten Verdichterkolbens (10A; 10B; 10C; 10D) wandelt, wobei die Flüssigkeitssäule (9A; 9B; 9C; 9D) zur Veränderung des Verdichterhubs (VH) des Verdichterkolbens (10A; 10B; 10C; 10D) mit einem Ablauf (15) in Verbindung bringbar ist.
2. Mehrstufiger Kolbenverdichter nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Verbindung der Flüssigkeitssäule (9A; 9B; 9C; 9D) mit dem Ablauf (15) eine Ventileinrichtung (23A; 23B; 23C; 23D) vorgesehen ist.
3. Mehrstufiger Kolbenverdichter nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verdichterzylinder (2A; 2B; 2C; 2D) mittels jeweils einer Ablaufzweingleitung (22A; 22B; 22C; 22D) mit einer Sammelablaufleitung (21) in Verbindung stehen, wobei in der Ablaufzweingleitung (22A; 22B; 22C; 22D) die Ventileinrichtung (23A; 23B; 23C; 23D) angeordnet ist.
4. Mehrstufiger Kolbenverdichter nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Venti-

- leinrichtung (23A; 23B; 23C; 23D) als Steuerventil, insbesondere Schieberventil oder Kugelhahn, mit einer Sperrstellung und einer Durchflussstellung ausgebildet ist.
5. Mehrstufiger Kolbenverdichter nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ventileinrichtung (23A; 23B; 23C; 23D) mit einer elektronischen Steuereinrichtung (41) betätigbar ist.
6. Mehrstufiger Kolbenverdichter nach einem der Ansprüche 3 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sammelablaufleitung (21) mit einem Behälter (20), insbesondere einem unter einem Vorspanndruck stehenden Behälter, in Verbindung steht.
7. Mehrstufiger Kolbenverdichter nach einem der Ansprüche 3 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Sammelablaufleitung (21) oder in der Ablaufzweigleitung (22A; 22B; 22C; 22D) mindestens eine Zusatzventileinrichtung (50A) angeordnet ist.
8. Mehrstufiger Kolbenverdichter nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zusatzventileinrichtung (50A) als Überströmventil (51A), insbesondere Druckbegrenzungsventil, ausgebildet ist.
9. Mehrstufiger Kolbenverdichter nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zusatzventileinrichtung (50A) als Regelventil (52A), insbesondere Druckregelventil, ausgebildet ist.
10. Mehrstufiger Kolbenverdichter nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zusatzventileinrichtung (50A) als Durchflussbegrenzungsventil ausgebildet ist.
11. Mehrstufiger Kolbenverdichter nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Antriebsstrang (4) eine von einem Antriebsmotor (5) angetriebene Kurbel- oder Exzenterwelle (6) umfasst, wobei die Kolben (3A; 3B; 3C; 3D) mittels jeweils einer Pleuelstange (7A; 7B; 7C; 7D) mit der Kurbel- oder Exzenterwelle (6) verbunden sind.
12. Mehrstufiger Kolbenverdichter nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Flüssigkeitssäule (9A; 9B; 9C; 9D) mit einer Versorgungsquelle (25) in Verbindung bringbar ist.
13. Mehrstufiger Kolbenverdichter nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Versorgungsquelle (25) eine mit dem Behälter (20) in Verbindung stehende Versorgungspumpe (26) umfasst, die in eine Versorgungsleitung (27) fördert, wobei die Verdichterzylinder (2A; 2B; 2C; 2D) mittels jeweils einer Versorgungszweigleitung (28A; 28B; 28C; 28D) mit der Versorgungsleitung (27) in Verbindung stehen,
- wobei in der Versorgungszweigleitung (28A; 28B; 28C; 28D) jeweils eine Ventileinrichtung (29A; 29B; 29C; 29D) angeordnet ist.
- 5 14. Mehrstufiger Kolbenverdichter nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verdichterstufen (A; B; C; D) in Reihe geschaltet sind.
- 10 15. Mehrstufiger Kolbenverdichter nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verdichterstufen (A; B; C; D) parallel geschaltet sind.
- 15 16. Mehrstufiger Kolbenverdichter nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Verdichter (1) als ionischer Verdichter ausgebildet ist, wobei der Verdichterkolben (10A; 10B; 10C; 10D) der entsprechenden Verdichterstufe (A; B; C; D) mit einer in dem Verdichtierzylinder (2A; 2B; 2C; 2D) angeordneten Flüssigkeitssäule einer ionischen Betriebsflüssigkeit (30A; 30B; 30C; 30D) in Kontakt steht, die zur Verdichtung des Medium (M) dient.
- 20 17. Mehrstufiger Kolbenverdichter nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch die Verbindung der Flüssigkeitssäule (9A; 9B; 9C; 9D) mit dem Ablauf (15) eine Verdichterstufe (A; B; C; D) oder mehrere Verdichterstufen (A, B, C, D) bei weiterlaufendem Antriebsstrang (4) teilweise oder vollständig abgeschaltet werden können.
- 25 30 35 40 45 50 55 18. Mehrstufiger Kolbenverdichter nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch die Verbindung der Flüssigkeitssäulen (9A, 9B, 9C, 9D) aller Verdichterstufen (A, B, C, D) mit dem Ablauf (15) eine Notabschaltung des Verdichters (1) bei weiterlaufendem Antriebsstrang (4) ermöglicht wird.

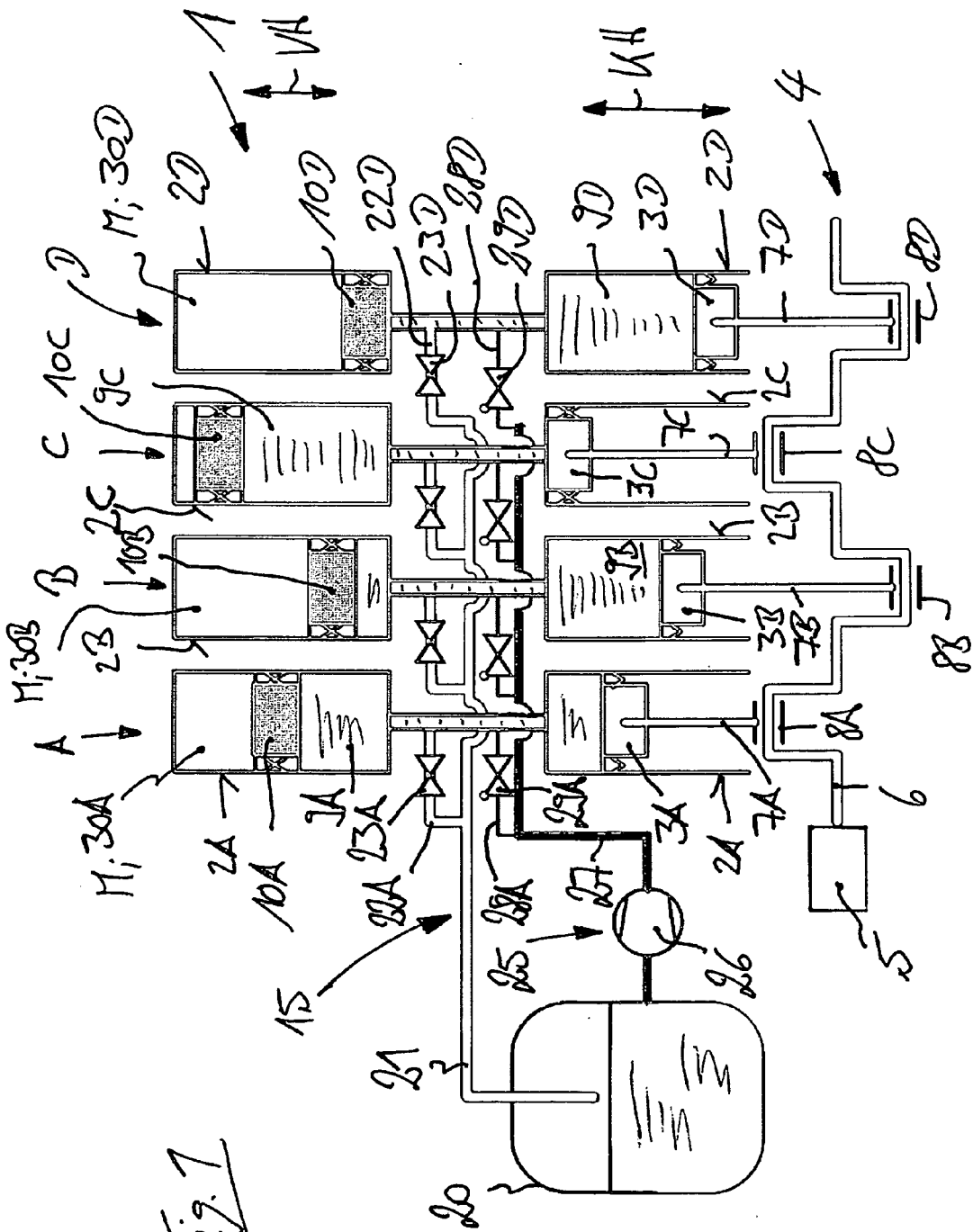
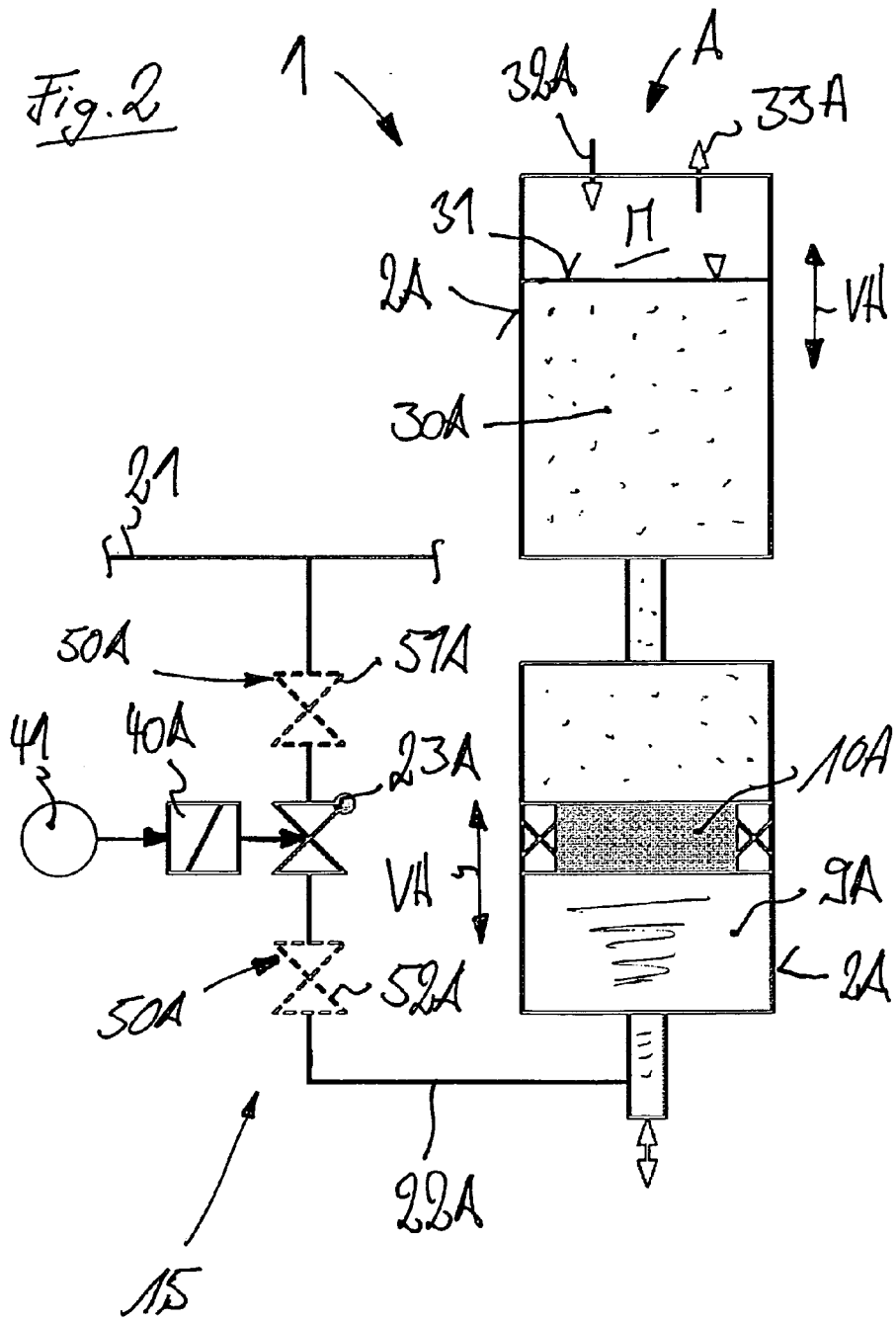


Fig. 1





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 11 00 8958

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	EP 0 744 546 A1 (CRYOMEC AG [CH]) 27. November 1996 (1996-11-27) * Abbildung 2 * * Spalte 3, Zeile 2 - Spalte 4, Zeile 42 * -----	1-18	INV. F04B3/00 F04B15/08 F04B23/06 F04B25/00 F04B39/00 F04B41/06
A	FR 320 677 A (COEQUYT, ARTHUR [FR]) 17. Dezember 1902 (1902-12-17) * Abbildung 1 * * Seite 2, Zeile 7 - Seite 3, Zeile 10 * -----	1-18	
A	GB 1 258 333 A (BRATSCH, KURT [ED]) 30. Dezember 1971 (1971-12-30) * Abbildungen 1,8 * * Seite 2, Zeile 116 - Seite 4, Zeile 110 * -----	1-18	
A	WO 2008/074428 A1 (ANDREAS HOFER HOCHDRUCKTECHNIK GMBH [DE]) 26. Juni 2008 (2008-06-26) * Abbildungen 1,2 * * Seite 8, Zeile 25 - Seite 11, Zeile 22 * -----	1-18	
A	US 5 616 005 A (REGENTS OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA [US]) 1. April 1997 (1997-04-01) * Abbildungen 7-10 * * Spalte 8, Zeile 3 - Absatz 51 * -----	1-18	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F04B
A	DE 10 2009 003066 A1 (ROBERT BOSCH GMBH [DE]) 18. November 2010 (2010-11-18) * Abbildung 1 * * Absatz [0016] * -----	1-18	
A	DE 912 387 C (DR. THIEDIG & CO. K.G. [DE]) 28. Mai 1954 (1954-05-28) * das ganze Dokument * -----	1-18	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlussdatum der Recherche 13. März 2012	Prüfer Gnüchtel, Frank
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	

1
EPO FORM 1503 03 82 (P04C03)

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

EP 11 00 8958

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.

13-03-2012

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0744546 A1	27-11-1996	DE 59601034 D1 EP 0744546 A1	04-02-1999 27-11-1996
FR 320677 A	17-12-1902	KEINE	
GB 1258333 A	30-12-1971	GB 1258333 A US 3601505 A	30-12-1971 24-08-1971
WO 2008074428 A1	26-06-2008	DE 102006060147 A1 EP 2122169 A1 JP 2010513779 A US 2011052430 A1 WO 2008074428 A1	19-06-2008 25-11-2009 30-04-2010 03-03-2011 26-06-2008
US 5616005 A	01-04-1997	KEINE	
DE 102009003066 A1	18-11-2010	DE 102009003066 A1 EP 2430310 A1 US 2012036992 A1 WO 2010130495 A1	18-11-2010 21-03-2012 16-02-2012 18-11-2010
DE 912387 C	28-05-1954	KEINE	

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

- WO 102006042122 A1 [0002]