

(19)



(11)

EP 2 456 979 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
28.12.2016 Patentblatt 2016/52

(51) Int Cl.:
F04B 39/08^(2006.01) F04B 49/24^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **10751818.5**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2010/060545

(22) Anmeldetag: **21.07.2010**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2011/009879 (27.01.2011 Gazette 2011/04)

(54) VERFAHREN ZUR FÖRDERMENGENREGELUNG UND HUBKOLBEN-KOMPRESSOR MIT FÖRDERMENGENREGELUNG

METHOD FOR CONTROLLING DELIVERY QUANTITY, AND RECIPROCATING COMPRESSOR HAVING DELIVERY QUANTITY CONTROL

PROCÉDÉ DE RÉGULATION DU DÉBIT DE REFOULEMENT ET COMPRESSEUR À PISTON À RÉGULATION DE DÉBIT DE REFOULEMENT

(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 SE SI SK SM TR

• **AIGNER, Roland**
CH-8051 Zürich (CH)

(30) Priorität: **23.07.2009 PCT/EP2009/059528**

(74) Vertreter: **Dr. Graf & Partner AG**
Intellectual Property
Herrenacker 15
Postfach 518
8201 Schaffhausen (CH)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
30.05.2012 Patentblatt 2012/22

(73) Patentinhaber: **Burckhardt Compression AG**
8404 Winterthur (CH)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 694 693 EP-A- 1 400 692
WO-A2-2008/000698 CH-A- 525 389
DE-A1- 19 723 152 US-A- 5 409 354

(72) Erfinder:
• **ALLENSPACH, Andreas**
CH-8406 Winterthur (CH)

EP 2 456 979 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Fördermengenregelung eines Hubkolben-Kompressors gemäss dem Oberbegriff von Anspruch 1. Die Erfindung betrifft weiter einen Hubkolben-Kompressor mit Fördermengenregelung gemäss dem Oberbegriff von Anspruch 13.

Stand der Technik

[0002] Die Druckschriften EP 0801227 A2 und EP 1400692 A1 offenbaren ein Verfahren zur Beeinflussung der druckabhängig selbsttätigen, periodischen Öffnungsbewegung eines Schließorgans eines Saugventils eines Hubkolben-Kompressors mittels einer, bedarfsweise zumindest über einen Teil des Kurbelkreises auf das Schließorgan einwirkenden Steuereinrichtung. Da die Lebensdauer von zumeist saug- und druckseitig verwendeten, selbsttätigen Kompressorventilen primär durch die Schlagbeanspruchung beim abwechselnden Auftreffen des eigentlichen Schließorgans auf Sitz bzw. Fänger beeinflusst wird, offenbart die genannte Druckschrift ein Verfahren, bei welchem das Saugventil mittels eines sogenannten Abhebegreifers vor Erreichen des Druckgleichgewichtes zwangsweise geöffnet wird, um eine starke momentane Beschleunigung des Schliessorgans in Richtung zum Fänger hin, welche beim selbsttätigen Öffnen auftreten würde, zu vermeiden. Dies ermöglicht die Schlagbeanspruchung des Kompressorventils zu reduzieren.

[0003] Dieses Verfahren weist den Nachteil auf, dass die saug- und insbesondere die druckseitig verwendeten Kompressorventile immer noch eine hohe Beanspruchung aufweisen, insbesondere dann, wenn die Kompressoranlage gemäss dem Verfahren einer stufenlosen Rückstromregelung betrieben wird. Bei der stufenlosen Rückstromregelung wird das Saugventil mit Hilfe des Abhebegreifers während eines Teilwinkelbereichs des Kompressionstaktes offen gehalten und danach geschlossen, um dadurch die Fördermenge zu beeinflussen.

[0004] Ein Nachteil dieses bekannten Verfahrens ist die Tatsache, dass das Schliessorgan des Saugventils und des Druckventils einem relativ grossen Verschleiss unterliegt, was einen entsprechend hohen Wartungsaufwand erfordert.

[0005] Die Druckschrift WO2008/000698 A2 offenbart eine weitere Vorrichtung zur Fördermengenregelung eines Hubkolben-Kompressors. Aus diese Vorrichtung weist den Nachteil auf, dass das druckseitig verwendete Kompressorventil eine hohe Beanspruchung aufweist.

Darstellung der Erfindung

[0006] Aufgabe der Erfindung ist es ein vorteilhafteres Verfahren zur Fördermengenregelung eines Hubkolben-Kompressors zu bilden. Diese Aufgabe wird gelöst mit

einem Verfahren aufweisend die Merkmale von Anspruch 1. Die abhängigen Ansprüche 2 bis 12 betreffen weitere, vorteilhafte Verfahrensschritte. Die Aufgabe wird weiter gelöst mit einem Hubkolben-Kompressor aufweisend die Merkmale von Anspruch 13. Die abhängigen Ansprüche 14 und 15 betreffen weitere, vorteilhafte Ausführungsformen.

[0007] Die Aufgabe wird insbesondere gelöst mit einem Verfahren zur Fördermengenregelung eines Hubkolben-Kompressors, indem die Bewegung eines Schliessorgans eines selbsttätigen Saugventils mittels eines von einer Steuereinrichtung angetriebenen Abhebegreifers während zumindest eines Teils eines Zyklus des Kurbelkreises beeinflusst wird,

wobei das Verfahren eine stufenlose Rückstromregelung umfasst, bei welcher der Abhebegreifer während eines ersten Teilabschnittes des Zyklus des Kurbelkreises am Schliessorgan anliegt und dessen Schliessen verhindert, und bei welcher der Abhebegreifer während eines zweiten Teilabschnittes des Zyklus des Kurbelkreises zurückgefahren wird und das Schliessorgan geschlossen wird, und wobei das Verfahren zudem eine Aussetzregelung umfasst, bei welcher der Abhebegreifer während eines ganzen Zyklus des Kurbelkreises das Schliessen des Schliessorgans verhindert,

wobei die Fördermenge zumindest durch eine Kombination von stufenloser Rückstromregelung und Aussetzregelung geregelt wird, und wobei bei Anwendung der stufenlosen Rückstromregelung das Schliessorgan durch die Steuereinrichtung und den Abhebegreifer derart beeinflusst wird, dass ein Schliessorgan eines selbsttätigen Druckventils des Hubkolben-Kompressors zumindest während eines vorgegebenen minimalen Gesamtöffnungswinkel eines Kurbelkreises geöffnet wird.

[0008] Beim erfindungsgemässen Verfahren wird die Fördermenge durch das erzwungene Offenhalten des Saugventils geregelt. Dabei werden zwei unterschiedliche Verfahren zur Regelung verwendet, nämlich eine Aussetzregelung und die stufenlose Rückstromregelung. Beide Verfahren verwenden einen sogenannten Abhebegreifer, welcher das Schliessorgan des Ventils, zum Beispiel ein Platten-, Ring- oder Poppetventil, in eine offene Stellung drücken, und vorzugsweise auf den Ventilsitz drücken.

[0009] Der Hubkolben-Kompressor weist einen Verdichtungsraum auf, welchem über ein Saugventil Gas zugeführt wird, und aus welchem über ein Auslassventil, auch als Druckventil bezeichnet, verdichtetes Gas abgeführt wird. Beim Verfahren der Aussetzregelung wird das Schliessorgan des Saugventils während eines gesamten Arbeitstakts beziehungsweise eines ganzen Arbeitszyklus offen gehalten. Dadurch steigt während der Kompressionsphase der Druck im Verdichtungsraumes nicht über den Druck an, welcher erforderlich ist um das Druckventil zu öffnen, sodass das angesaugte Gas während der Kompressionsphase zurück in die Saugleitung gedrückt wird, und dadurch der Verdichtung und dem Weitertransport in die Druckleitung nicht zur Verfügung steht. Das

Druckventil bleibt somit geschlossen und dieser Verdichtungsraum fördert somit kein Gas über das Druckventil in die Druckleitung. Wird die Aussetzregelung deaktiviert, das heisst ein Normalbetrieb gefahren, so fördert der Verdichtungsraum wieder den gesamten Gasstrom über das Druckventil in die Druckleitung. Weist der Hubkolben-Kompressor beispielsweise nur einen Verdichtungsraum auf, so kann die Aussetzregelung derart betrieben werden, dass gewisse Arbeitszyklen mit Normalbetrieb gefahren werden, und während gewissen Arbeitszyklen die Aussetzregelung aktiviert ist. Ein Nachteil der Aussetzregelung ist somit, dass die vom Hubkolben-Kompressor geförderte Gasmenge nur stufenweise reguliert werden kann. Ein weiterer Nachteil der Aussetzregelung ist, dass der entlastete Verdichtungsraum, das heisst bei sich nicht öffnendem Druckventil, nicht durchströmt wird und sich dadurch Schmutz im Verdichtungsraum ansammeln kann, welcher den Verschleiss der Ventile respektive der Packungsringe und Kolbenringe erhöht.

[0010] Beim Verfahren der Rückstromregelung wird das Saugventil mit Hilfe des Abhebegreifers während eines Teilwinkelbereichs eines vollständigen Kompressionsstaktes beziehungsweise eines vollständigen Kurbelkreises offen gehalten und danach geschlossen, um dadurch die Fördermenge zu beeinflussen. Dabei wird das Saugventil nur zu Beginn der Kompressionsphase durch den Abhebegreifer aufgedrückt. Dadurch wird ein Teil des sich im Verdichtungsraum befindlichen Gases zurück in die Saugleitung gedrückt. Sobald das Schliessorgan des Saugventils vollständig schliesst wird das im Verdichtungsraum verbliebene Gas komprimiert und über das Druckventil in die Druckleitung gepresst. Während der Rückstromregelung wird somit nur einen Teil des maximal möglichen Gasstroms aus dem Verdichtungsraum über das Druckventil in die Druckleitung gefördert.

[0011] Nachteilig am Verfahren der Rückstromregelung ist die Tatsache, dass die Öffnungszeit des selbsttätigen Druckventils bei kleineren Fördermengen entsprechend reduziert wird, und dass bei Fördermengen geringer als 40% der nominalen Fördermenge die Öffnungszeit des Druckventils derart verkürzt wird, dass sich die Öffnungs- und Schliessgeschwindigkeiten des Druckventils vervielfachen können. Dies führt einerseits zu einem erhöhten Verschleiss des selbsttätigen Druckventils, und andererseits reduziert dies den Bereich innerhalb welchem Teilfördermengen zuverlässig gefördert werden können. Ein weiterer Nachteil der Rückstromregelung ist, dass das Gas vor dem Verdichten stärker erwärmt wird auf Grund der längeren Verweilzeit im Verdichtungsraum und auf Grund des Wärmetransfers über die Zylinderwand und auf Grund eines Leckagestroms über den Kolben. Dies hat zur Folge, dass das Gas auf der Druckseite eine erhöhte Temperatur aufweist.

[0012] Das erfindungsgemässe Verfahren weist den Vorteil auf, dass durch die kombinierte Anwendung von

Rückstromregelung und Aussetzregelung die vom Hubkolben-Kompressor geförderte Menge in einem weiten Bereich verändert werden kann, insbesondere ohne zusätzlichen Verschleiss des Schliessorgans des Saugventils und / oder des Druckventils. Die Reduktion des Verschleisses des Druckventils erfolgt insbesondere dadurch, dass das Saugventil bei kleineren Fördermengen während gewisser Zyklen gemäss der Aussetzregelung offen gehalten wird und somit kein Gas komprimiert wird, und dass beim anschliessenden Kompressionsvorgang eine genügend grosse Gasmenge komprimiert wird, damit das Schliessorgan des Druckventils während einem vorgegebenen Gesamtöffnungswinkel geöffnet bleibt, beziehungsweise damit das Schliessorgan des Druckventils einen minimalen Öffnungswinkel nicht unterschreitet. Für die Regelung der Fördermenge stehen im Wesentlichen vorzugsweise drei unterschiedliche Verfahren zur Verfügung, welche angewendet werden können. Nebst einem Verfahren mit maximaler Fördermenge, bei welche das Saugventil selbsttätig schliesst, noch das bereits beschriebene Verfahren der Rückstromregelung und das bereits beschriebene Verfahren der Aussetzregelung. Abhängig von der jeweils zu fördernden Fluidmenge kann die Regelung beispielsweise wie folgt erfolgen:

- Zum Fördern der maximalen Fördermenge wird das Saugventil nicht beeinflusst und öffnet und schliesst somit selbsttätig.
- Bei grossen Förderströmen, das heisst Fördermengen im Bereich zwischen etwa 100% und 80% der maximalen Fördermenge, wird eine stufenlose Rückstromregelung eingesetzt. Wobei es auch möglich ist, dass nicht jeder Zyklus des Kurbelkreises mit der Rückstromregelung geregelt wird, sondern das Saugventil auch beispielsweise einen oder zwei Zyklen selbsttätig und somit ohne Beeinflussung betrieben wird. Dieses Verfahren weist den Vorteil auf, dass der Abhebegreifer weniger beansprucht wird, sodass sich längere Standzeiten ergeben, und dass die Mengenregelung selbst weniger Energie verbraucht.
- Bei mittleren Förderströmen, das heisst bei Fördermengen im Bereich zwischen etwa 80% und 50% der maximalen Fördermenge, wird bei jedem Zyklus die stufenlose Rückstromregelung verwendet.
- Bei kleinen Förderströmen, das heisst bei Fördermengen im Bereich zwischen etwa 50% und 0% der maximalen Fördermenge, wird das Schliessorgan des Saugventils Mittels der Aussetzregelung während einer gewissen Anzahl Zyklen, beispielsweise einem oder zwei Zyklen, offen gehalten. Bei den anderen Zyklen kann entweder das Saugventil selbsttätig betrieben werden, oder zusätzlich, falls erforderlich, die Rückstromregelung eingesetzt werden.

[0013] Erfindungsgemäss wird das Saugventil durch

die Steuereinrichtung und den Abhebegreifer derart beeinflusst, dass das Schliessorgan des Druckventils des Hubkolben-Kompressors zumindest während eines minimalen vorgegebenen Öffnungswinkelbereichs beziehungsweise eines vorgegebenen Gesamtöffnungswinkels eines Kurbelkreises geöffnet wird. Der Öffnungswinkelbereich beträgt zumindest 10° und vorzugsweise zumindest 20° bis 30° .

[0014] In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemässen Verfahrens ist der Abhebegreifer über eine Antriebsvorrichtung, vorzugsweise einen Elektromagneten, sehr präzise ansteuerbar, derart, dass die Geschwindigkeit des sich schliessenden Schliessorgans vor dem Aufsetzen auf das Saugventil reduziert werden kann, sodass das Schliessorgan mit geringer Geschwindigkeit am Saugventil auftrifft und dort zu liegen kommt, sodass das Schliessorgan somit "sanft" auf das Saugventil aufsetzt. In einem besonders bevorzugten Verfahren beträgt die Geschwindigkeit des Schliessorgans während des Aufsetzens auf das Saugventil weniger als $0,1 \text{ m/s}$. Dieses vorteilhafte Verfahren reduziert den Verschleiss des Schliessorgans zusätzlich.

[0015] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung umfasst die Antriebsvorrichtung eine ansteuerbare Dämpfungsvorrichtung, um die Geschwindigkeit des Abhebegreifers und insbesondere auch den Ort der reduzierten Geschwindigkeit derart zu beeinflussen, dass das Schliessorgan beim Schliessen mit geringer Geschwindigkeit am Saugventil auftrifft, sodass das Schliessorgan somit "sanft" auf das Saugventil aufsetzt und dieses schliesst. Die Dämpfungsvorrichtung ist besonders vorteilhaft elektrisch ansteuerbar, und umfasst besonders vorteilhaft eine elektrorheologische oder magnetorheologische Flüssigkeit, deren Viskosität elektrostatisch oder elektromagnetisch veränderbar ist, sodass die Dämpfung über elektrische Signale sehr schnell veränderbar ist. Die Dämpfungsvorrichtung kann jedoch auch auf einem anderen Prinzip beruhen und beispielsweise als Elektromagnet ausgestaltet sein.

[0016] Die Erfindung wird nachfolgend mit Hilfe von Ausführungsbeispielen im Detail beschrieben.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0017] Die zur Erläuterung der Ausführungsbeispiele verwendeten Zeichnungen zeigen:

- Fig. 1 einen Längsschnitt durch ein ansteuerbares Ventil;
- Fig. 2 ein Beispiel der Bewegung des Abhebegreifers, des Schliessorgans des Saugventils sowie der Geschwindigkeit des Abhebegreifers in Funktion des Kurbelwinkels;
- Fig. 3 der Verlauf des Drucks im Verdichtungsraum des Hubkolbenkompressors bei unterschiedlichen Betriebsverfahren;

Fig. 4 der Verlauf des Ventilhubes des Saugventils und des Druckventils bei den in Figur 3 dargestellten Betriebsverfahren;

5 Fig. 5 ein Lastverlauf in einem PV-Diagramm bei unterschiedlichen Betriebsverfahren;

Fig. 6 charakteristische Grössen des Ventils in Funktion des Kurbelwinkels;

10 Fig. 7 schematisch ein Hubkolben-Kompressor.

Fig. 8 schematisch eine Steuereinrichtung zum Betätigen des auf das Saugventil wirkenden Greifers;

[0018] Grundsätzlich sind in den Zeichnungen gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen versehen.

20 Wege zur Ausführung der Erfindung

[0019] Fig. 1 zeigt einen Längsschnitt durch ein ansteuerbares Ventil 1 umfassend ein Kompressorgehäuse 4 mit einem darin angeordneten Saugventil 5, dessen Stellung von einem Abhebegreifer 6 beeinflusst wird, wobei der Abhebegreifer 6 über ein als Verbindungsstange ausgestaltetes Verbindungsmittel 7 von einer ausserhalb des Kompressorgehäuses 4 angeordneten Steuereinrichtung 2 betätigt wird.

30 **[0020]** Das Kompressorgehäuse 4 umfasst eine Laterne 4a, einen Gasraum 4b, einen Verdichtungsraum 4c und einen Deckel 4d, wobei das Kompressorgehäuse 4 zudem ein nicht dargestelltes beziehungsweise nicht sichtbares Druckventil 8 umfasst, über welches das komprimierte Fluid aus dem Verdichtungsraum 4c entweichen kann. Das selbsttätige Saugventil 5 umfasst einen Ventilsitz 5a, ein in einer Hubrichtung B beweglich gelagertes, nachfolgend auch als Ventilplatte 5b bezeichnetes Schliessorgan 5b, einen Ventiltfänger 5c sowie eine Rückstellfeder 5d. Der Abhebegreifer 6 umfasst eine Mehrzahl von Greiferfortsätzen 6a oder Fingern 6a, eine Führung 6b sowie eine Druckfeder 6c. Der Abhebegreifer 6 ist, angetrieben von den Elektromagneten 2a, in Hubrichtung B verschiebbar gelagert, wobei die Spitze der Greiferfortsätze 6a abhängig vom Hub in Richtung B an der Ventilplatte 5b anliegen können, und insbesondere die Ventilplatte 5b gegen den Ventiltfänger 5c drücken können, sodass die Ventilplatte 5b nicht mehr beweglich ist, und das Ventil 5 dadurch zwangsweise geöffnet bleibt. Die Steuereinrichtung 2 umfasst als Antriebsvorrichtung einen Elektromagnet 2a mit einem Magnetanker 2b, einem Magnetkern 2c sowie einer Magnetspule 2d. Die Steuereinrichtung 2 umfasst weiter ein Gehäuse 2m, das über das Verbindungsteil 2e mit dem Kompressorgehäuse 4 verbunden ist. Die Steuereinrichtung 2 umfasst zudem eine Ansteuervorrichtung 2i oder eine Regelvorrichtung 2i, elektrische Leitungen 2k, 2l, wobei die elektrische Leitung 2l die Ansteuervorrichtung 2i mit

dem Elektromagnet 2a verbindet. Die Steuereinrichtung 2 umfasst zwei Führungen 2f, 2g um den Elektromagnet 2a und die Verbindungsstange 7 in Hubrichtung B verschiebbar zu lagern. Zudem kann noch ein Filter 3 vorgesehen sein. In einer vorteilhaften Ausgestaltung umfasst die Steuereinrichtung 2 zudem einen Sensor wie einen Wegsensor 2h, welcher den Hub beziehungsweise die Lage des Elektromagnets 2a beziehungsweise die Lage des Abhebegreifers 6 in Hubrichtung B erfasst.

[0021] Das in Figur 1 dargestellte ansteuerbare Ventil 1 kann nun über die Zyklen des Kurbelkreises auf unterschiedliche Weise angesteuert werden. Unter einem Zyklus wird eine Drehung der Kurbelwelle des Hubkolben-Kompressors um 360° verstanden.

[0022] Figur 2 zeigt das Verfahren einer stufenlosen Rückstromregelung, wobei in Figur 2 die Hubbewegung A des Abhebegreifers 6, die Hubbewegung B der Ventilplatte 5b und die Geschwindigkeit C des Abhebegreifers 6 in Funktion des Kurbelwinkels dargestellt sind, wobei eine einzige Umdrehung der Kurbelwelle dargestellt ist, das heisst Figur 2 zeigt den Verlauf über einem Winkel zwischen 0° und 360° . Aus der Hubbewegung B der Ventilplatte 5b ist ersichtlich, dass sich die Ventilplatte 5b während dem Ansaugen, im dargestellten Ausführungsbeispiel im Winkelbereich zwischen etwa 90° und 110° selbsttätig öffnet, sodass die Ventilplatte 5b am Ventilsitz 5a anliegt. Beim Verfahren der stufenlosen Rückstromregelung wird nach dem Öffnen der Ventilplatte 5b, wie mit der Kurve A beispielhaft dargestellt, der Abhebegreifer 6 bewegt beziehungsweise verfahren, bis dieser an der Ventilplatte 5b anliegt. Zudem ist in Figur 2 mit der Kurve C noch die Geschwindigkeit des Abhebegreifers 6 dargestellt. Beim selbsttätigen Betrieb des Saugventils 5 würde das Saugventil 5 bei Umkehr der Bewegungsrichtung des Kolbens, im dargestellten Beispiel bei 225° , selbsttätig schliessen. Das Verfahren der stufenlosen Rückstromregelung bewirkt nun, dass der Abhebegreifer 6 während eines ersten Teilabschnittes K1 des Zyklus des Kurbelkreises am Schliessorgan 5b anliegt und dessen Schliessen verhindert, und dass der Abhebegreifer 6 während eines zweiten Teilabschnittes K2 des Zyklus des Kurbelkreises entsprechend dem Verlauf der Kurve A2 zurückgefahren wird, wobei das Schliessorgan 5b, nämlich die Ventilplatte 5b, auf Grund der anliegenden Druckverhältnisse der Bewegung des Abhebegreifers 6 folgt beziehungsweise am Abhebegreifer 6 anliegt, sodass die Ventilplatte 5b irgendwann, im dargestellten Beispiel etwa bei 290° , auf dem Ventilsitz 5a aufliegt und das Ventil 5 verschliesst. Im weiteren Teilabschnitt K3 wird der Abhebegreifer 6 noch weiter verfahren, damit dieser z.B. von der Ventilplatte 5b beabstandet ist.

[0023] Die Bewegung des Schliessorgans 5b wird über die Antriebsvorrichtung, im dargestellten Ausführungsbeispiel über den Elektromagnet 2a und die Verbindungsstange 7 im Teilabschnitt K2 derart beeinflusst, dass der Abhebegreifer 6 in Funktion des Kurbelkreises den in Figur 2 dargestellten Hubverlauf A beziehungs-

weise den in Figur 2 dargestellten Geschwindigkeitsverlauf C aufweist, wobei der Elektromagnet 2a vorteilhafterweise derart angesteuert wird, dass die Geschwindigkeit des sich bewegenden Schliessorgans 5a vor dem Aufsetzen auf das Saugventil 5 reduziert wird, wie dies in Figur 2 dargestellt ist. In einer vorteilhaften Ausgestaltung wird der Abhebegreifer 6 danach in einem weiteren Teilabschnitt K3 noch in eine Endlage verfahren, vorteilhafterweise wie in der Kurve C mit dem "zweiten Höcker" dargestellt, indem nochmals beschleunigt und danach wieder abgebremst wird, sodass der Abhebegreifer 6, wie im Hubverlauf A im Teilabschnitt K3 dargestellt, beabstandet, das heisst ohne direkten Kontakt mit dem Schliessorgan 5a, zum Stillstand gelangt. Der Elektromagnet 2a wird in einem vorteilhaften Verfahrensschritt derart angesteuert, dass das Schliessorgan 5b während des Aufsetzens auf das Saugventil eine Geschwindigkeit von weniger als $0,1 \text{ m/s}$ aufweist.

[0024] Das Ventil 1 kann auch mit dem Verfahren der Aussetzregelung betrieben werden. Bei der Aussetzregelung wird der Abhebegreifer 6 derart verfahren, dass dieser während eines ganzen Zyklus des Kurbelkreises das Schliessen des Schliessorgans 5b verhindert, vorzugsweise dadurch, dass der Abhebegreifer 6 während dem ganzen Zyklus am Schliessorgan 5b anliegt, sodass dieses über den ganzen Zyklus geöffnet bleibt.

[0025] Figur 7 zeigt schematisch einen Hubkolbenkompressor umfassend ein Kompressorgehäuse 4 mit einem beweglich gelagerten, über eine Kolbenstange 4f angetriebenen Kolben 4e, der teilweise einen Verdichtungsraum 4c begrenzt. Am Kompressorgehäuse 4 ist zudem ein Saugventil 5 angeordnet, über welches das zu fördernde Fluid oder Gas angesogen wird. Der Hubkolbenkompressor umfasst zudem einen Greifer 6, der von einer Steuereinrichtung 2 umfassend eine Antriebsvorrichtung angetrieben ist. Die Steuereinrichtung 2, das Saugventil 5 und der Greifer 6 bilden ein ansteuerbares Ventil 1. Am Kompressorgehäuse 4 ist zudem ein Druckventil 8 angeordnet, über welches das komprimierte Gas den Verdichtungsraum 4c verlässt. Der Hubkolbenkompressor kann natürlich auch eine Mehrzahl von Verdichtungsräumen 4c umfassen, wobei jeder Verdichtungsraum 4c einen separaten Kolben 4e mit Kolbenstange 4f umfasst, und wobei jeder Verdichtungsraum 4c ein separates, ansteuerbares Ventil 1 umfasst.

[0026] Figur 3 zeigt nun den Verlauf des Drucks in einem Verdichtungsraum 4c eines Hubkolbenkompressors in Funktion des Kurbelwinkels für unterschiedliche Betriebsverfahren. Im dargestellten Ausführungsbeispiel liegt der untere Totpunkt U_{TP} bei 90° , das heisst bei dieser Stellung erreicht der Verdichtungsraum 4c das maximale Volumen. Der obere Totpunkt O_{TP} liegt in diesem Beispiel bei 270° , das heisst bei dieser Stellung erreicht der Verdichtungsraum 4c das minimale Volumen. Im ersten Abschnitt D erfolgt die Bewegung des Schliessorgans 5b des Saugventils 5 selbsttätig, sodass sich über einen Kurbelwinkel von 360° der dargestellte Druckverlauf ergibt. Die Bewegung des Schliessorgans des Druckventils

8 erfolgt in Figur 3 immer selbsttätig. Im dargestellten Ausführungsbeispiel beträgt der druckseitige Druck beispielsweise etwa 3.1 Bar, wobei das Druckventil 8 im dargestellten Ausführungsbeispiel inklusive Vorspannung durch die Ventildfedern sich bei einem Druck von etwa 3,2 Bar öffnet. Das Druckventil 8 öffnet etwa bei einem Kurbelwinkel von 190°. Das selbsttätige Druckventil 8 ist im dargestellten Ausführungsbeispiel während einem Winkelbereich K_w von etwa 50° vollständig geöffnet, weil das Druckventil 8 in diesem Maximaloffenwinkelbereich K_w den maximalen Ventilhub aufweist, bevor das Druckventil 8 wieder schliesst. Der Gesamtöffnungswinkel K_v , während welchem das Ventil geöffnet ist, das heisst das Schliessorgan vom Ventilsitz abgehoben ist, beziehungsweise die gesamte Öffnungszeit des Druckventils 8 beträgt ca. 80°. Im zweiten Abschnitt E ist eine Aussetzregelung dargestellt, bei welcher wie vorhin beschrieben das Schliessorgans 5b über den gesamten Kurbelwinkel von 360° vom Abhebegreifer 6 offen gehalten wird, sodass sich im Verdichtungsraum 4c der dargestellte Druckverlauf ergibt. Der Druck im Verdichtungsraum 4c bleibt ständig unter 3,2 Bar, sodass sich das Druckventil 8 nicht selbsttätig öffnet. Im dritten Abschnitt F ist eine stufenlose Rückstromregelung dargestellt, bei welcher, wie in Figur 2 beschrieben, das Schliessorgans 5b während eines Teils des Kurbelwinkel von 360° vom Abhebegreifer 6 offen gehalten wird, sodass der Druckaufbau im Verdichtungsraum 4c bezogen auf den Kurbelwinkel später erfolgt, und sich der dargestellte Druckverlauf ergibt. Das Druckventil 8 öffnet etwa bei einem Kurbelwinkel von 210°. Das selbsttätige Druckventil 8 bleibt im dargestellten Ausführungsbeispiel während einem Maximaloffenwinkelbereich K_w von etwa 30° vollständig geöffnet, bevor sich der Ventilhub, wie in Figur 4 dargestellt verringert, und das Ventil 8 nach dem Gesamtöffnungswinkel K_v wieder vollständig schliesst. Der Gesamtöffnungswinkel K_v , während welchem das Ventil 8 geöffnet ist, beziehungsweise die gesamte Öffnungszeit der Ventils beträgt ca. 60°.

[0027] Bei der Aussetzregelung wird somit während eines gesamten Arbeitstakts das Saugventil 5 offen gehalten. Dadurch wird während der Kompressionsphase das angesaugte Gas zurück in die Saugleitung gedrückt und steht somit der Verdichtung und dem Weitertransport in die Druckleitung nicht zur Verfügung. Der Verdichtungsraum fördert kein Gas. Wird die Aussetzregelung deaktiviert fördert der Verdichtungsraum wieder den vollen Fluidstrom.

[0028] Bei der stufenlosen Rückstromregelung hingegen wird nur zu Beginn der Kompressionsphase das Schliessorgan 5b des Saugventils 5 aufgedrückt. Dadurch wird ein Teil des Gases zurück in die Saugleitung gedrückt. Schliesst das Saugventil 5, so kann das verbliebene Gas im Verdichtungsraum komprimiert werden und durch das Druckventil in die Druckleitung gepresst werden. Der Verdichtungsraum fördert nur einen Teil des maximal möglichen Gasstroms.

[0029] Beide Verfahren verwenden den Abhebegreifer

6 um das Dichtelement 5b des Ventils 5, zum Beispiel ein Platten-, Ring- oder Poppetventil, gegen den Ventilsitz 5c und somit in die offene Stellung zu drücken. Da bei der stufenlosen Rückstromregelung der Abhebegreifer 6 in einem Arbeitszyklus von der geschlossenen in die offene Stellung und wieder zurück bewegt werden muss, und da bei der Aussetzregelung für dieselbe Bewegungsabfolge eine längere Zeit zu Verfügung steht, sind die Leistungsaufnahme, die benötigten Kräfte, die Verfahrensgeschwindigkeiten und die Beanspruchung der verwendeten Bauteile bei der stufenlosen Rückstromregelung höher.

[0030] Die Fördermenge eines Hubkolbenkompressors kann nun, wie in Figur 3 angedeutet, durch eine Kombination von stufenloser Rückstromregelung F und Aussetzregelung E in einem weiten Bereich geregelt werden, wobei zudem noch der Abschnitt D zur Fördermengenregelung verwendet werden kann, während welchem das Schliessorgan 5b sich selbsttätig bewegt. Diese drei Betätigungsarten D, E, F des Betriebes des Ventils 5 können nun beliebig miteinander kombiniert werden, sodass beispielsweise während nacheinander folgenden Zyklen vorerst nur die Betätigungsart D, E oder F erfolgt, und später beispielsweise eine Kombination von zumindest zwei der drei Betätigungsarten D, E und F.

Das Ventil könnte beispielsweise derart angesteuert werden, dass unterschiedliche Fördermengen derart geregelt werden, dass das Saugventil 5 bei grossen Fördermengen während gewisser Zyklen selbsttätig betrieben wird, und während gewisser Zyklen gemäss der stufenlosen Rückstromregelung betrieben wird, dass das Saugventil 5 bei mittleren Fördermengen während jedem Zyklus gemäss der stufenlosen Rückstromregelung betrieben wird, und dass das Saugventil 5 bei kleinen Fördermengen während gewisser Zyklen ständig offengehalten wird, und während gewisser Zyklen gemäss der stufenlosen Rückstromregelung betrieben wird.

[0031] Figur 4 zeigt die Hubbewegung 8c des Druckventils 8 in Funktion des Kurbelwellenwinkels. Zudem ist die Hubbewegung 5e des Schliessorgans 5b des Saugventils 5 in Funktion des Kurbelwellenwinkels dargestellt. Die Bewegung des Druckventils 8 erfolgt selbsttätig, wogegen die Bewegung des Schliessorgans 5b des Saugventils 5 wie vorhin beschrieben bei der Aussetzregelung E und der Rückstromregelung F durch den Greifer 6 bestimmt wird. Gut erkennbar ist in Figur 4 der Maximaloffenwinkelbereich K_w , innerhalb welches das Ventil 8 einen maximalen Ventilhub aufweist, das heisst, maximal geöffnet ist. Zudem ist der Gesamtöffnungswinkel K_v ersichtlich, während welchem das Ventil 8 geöffnet ist.

[0032] Die Öffnungsdauer des selbsttätigen Druckventils 8 wird durch den Winkelbereich bestimmt, während welchem der Druck im Verdichtungsraum 4c über dem Öffnungsdruck des Druckventils 8 liegt, im Ausführungsbeispiel gemäss Figur 3 über einem Druck von 3,2 Bar. Aus der in Figur 3 und 4 mit F dargestellten stufenlosen Rückstromregelung ist ersichtlich, dass sich der

Winkelbereich des geöffneten Druckventils 8 reduziert, je später das Schliessorgan 5b geschlossen wird. Dies hat insbesondere bei kleinen Fördermengen zur Folge, dass das Druckventil 8 nur während einem sehr kurzen Gesamtöffnungswinkel Kv geöffnet wäre, falls ständig die Rückstromregelung verwendet würde. Um den Gesamtöffnungswinkel Kv des Druckventils 8 bei kleinen Fördermengen zu erhöhen wird der Hubkolben-Kompressor derart betrieben, dass während einem oder mehreren Kurbelzyklen die Aussetzregelung E verwendet wird, um in der danach folgenden Rückstromregelung F eine genügend grosse Menge Gas zu fördern, sodass das Druckventil 8 über einem Gesamtöffnungswinkel Kv von zumindest 10° und vorzugsweise über einem Gesamtöffnungswinkel Kv von zumindest zwischen 20° und 30° geöffnet bleibt. Dies hat zur Folge, dass das Druckventil 8 genügend lange geöffnet ist, um übermässige Schläge oder übermässige Öffnungs- oder Schliessgeschwindigkeiten zu vermeiden. Dies verlängert die Lebensdauer des Druckventils 8 beträchtlich. Figur 5 zeigt einen Lastverlauf in einem PV-Diagramm bei unterschiedlichen Betriebsverfahren, nämlich wie bereits in Figur 3 dargestellt, bei Volllast D mit selbsttätigem Saugventil 5, bei der Aussetzregelung E und bei der stufenlosen Rückstromregelung F.

[0033] Ein Kompressor kann derart ausgestaltet sein, dass dieser wie in Figur 7 dargestellt pro Zylinder nur einen Verdichtungsraum 4c aufweist, wobei ein solcher Verdichtungsraum 4c nachfolgend auch als oberer Verdichtungsraum bezeichnet wird. Der Kompressor kann auch derart ausgestaltet sein, dass dieser in demselben Zylinder einen zweiten Verdichtungsraum aufweist, welcher durch den Kolben 4e vom ersten Verdichtungsraum getrennt ist, sodass während der Bewegung des Kolbens 4e das Fluid in einen Verdichtungsraum komprimiert und im anderen Verdichtungsraum angesaugt wird. Der zweite Verdichtungsraum wird nachfolgend auch als unterer Verdichtungsraum bezeichnet. In einem besonders vorteilhaften Verfahren erfolgt die Fördermengenregelung wie in Figur 3 angedeutet derart, dass das Druckventil 8 des Hubkolben-Kompressors zumindest während eines vorgegebenen Winkelbereichs Δ von 20° bis 30° vor Erreichen des oberen Totpunkts O_{TP} (beim oberen Verdichtungsraum) respektive unteren Totpunkts U_{TP} (beim unteren Verdichtungsraum, falls der Zylinder zwei Verdichtungsräume umfasst) des Kurbelkreises öffnet. Vorteilhaft an diesem Verfahren ist, dass nur der Öffnungszeitpunkt bestimmt werden muss, da der Schliesszeitpunkt einigermassen bekannt ist und bei einem idealisiertem Ventil im Totpunkt des oberen beziehungsweise falls vorhanden unteren Verdichtungsraumes liegt.

[0034] Die Öffnungszeit des Druckventils 8 kann zum Beispiel über eine Messung des Druckes im Verdichtungsraum und Vergleich mit dem Enddruck bestimmt werden, oder bei Kenntnis der Betriebsfälle des Kompressors über eine vorhergehende, respektive simultane Berechnung der maximalen Öffnungszeit des Saugventils über den Umkehrpunkt der Bewegung des Kolbens,

damit die minimale Öffnungszeit beziehungsweise der minimale Öffnungswinkel des Druckventils nicht unterschritten wird.

[0035] Die Figur 6 zeigt charakteristische Grössen des steuerbaren Ventils 1 in Funktion des Kurbelwinkels beziehungsweise des Drehwinkel, um den in Figur 6 im Weg-Diagramm dargestellten Bewegungsverlauf B der Ventilplatte 5b und den Bewegungsverlauf A des Abhebegreifers 6 zu erlangen. Zudem ist in der Kurve C der Geschwindigkeitsverlauf des Abhebegreifers 6 dargestellt. Zudem ist in der Kurve G die vom Elektromagnet 2a bewirkte Kraft und in der Kurve H der zur Ansteuerung des Elektromagnets 2a erforderliche Strom dargestellt. Die in Figur 6 dargestellten Verläufe sind insbesondere wichtig um das in Figur 2 dargestellte, "sanfte Landen" der Ventilplatte 5b auf dem Ventiltfänger 5c zu bewirken.

[0036] Figur 8 zeigt schematisch ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Steuereinrichtung 2 zum Betätigen und Antreiben des auf das Saugventil 5 wirkenden Greifers 6. Die Steuereinrichtung 2 umfasst eine Antriebsvorrichtung 2n, welche über die linear beweglich gelagerte Verbindungsstange 7 mit dem in Figur 7 schematisch dargestellten Greifer 6 verbunden ist. Die in diesem Ausführungsbeispiel dargestellte Antriebsvorrichtung 2n umfasst einen Linearantrieb 2w sowie eine elektrisch ansteuerbare Dämpfungsvorrichtung 2o, wobei die Dämpfungsvorrichtung 2o die Funktion hat die vom Linearantrieb 2w erzeugte Bewegung elektrisch ansteuerbar so zu dämpfen, dass sich der Greifer 6 beziehungsweise die Ventilplatte 5b des Saugventils 5 wie beispielsweise in Figur 2 dargestellt bewegt. Der Linearantrieb 2w weist eine linear bewegliche Verbindungsstange 2t auf, welche wirkungsmässig mit der Verbindungsstange 7 verbunden ist. Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Dämpfungsvorrichtung 2o zwischen dem Linearantrieb 2w und dem Greifer 6 angeordnet. Die Dämpfungsvorrichtung 2o könnte jedoch auch an einer anderen Stelle angeordnet sein, bei der dargestellten Ansicht der Steuereinrichtung 2 beispielsweise auch oberhalb des Linearantriebes 2w. Die Dämpfungsvorrichtung 2o kann in einer Vielzahl von Möglichkeiten ausgestaltet sein, um eine Dämpfung der Bewegung des Linearantriebes 2w zu bewirken. Um das erfindungsgemässe "sanfte Landen" der Ventilplatte 5b auf dem Ventiltfänger 5c zu bewirken ist die in Figur 8 schematisch dargestellte Dämpfungsvorrichtung 2o besonders vorteilhaft. Die Dämpfungsvorrichtung 2o umfasst einen Zylinder 2p und in dessen Inneren einen linear verschiebbaren Kolben 2r, welcher den Innenraum des Zylinders 2p in einen ersten Innenraum 2q und einen zweiten Innenraum 2s unterteilt. Die beiden Innenräume 2q, 2s sind über eine Fluid leitende Verbindung 2u miteinander verbunden, sodass zwischen den beiden Innenräumen 2q, 2s ein Fluid austauschbar ist. In einer vorteilhaften Ausgestaltung sind die beiden Innenräume 2q, 2s über eine elektrisch ansteuerbare Dämpfung beziehungsweise Drossel 2v Fluid leitend miteinander verbunden. Eine Ansteuer- und Regelungsvorrichtung 2i ist über elektrische Leitungen 2k, 2l Signal

leitend mit dem Linearantrieb 2w sowie der ansteuerbaren Dämpfung 2v verbunden, sodass sowohl der Linearantrieb 2w als auch die Dämpfungseigenschaften der Dämpfungsvorrichtung 2o ansteuerbar sind, um die Lage beziehungsweise die Geschwindigkeit der Ventilplatte 5b derart anzusteuern, dass wie in Figur 2 beispielhaft dargestellt ein "sanftes Landen" der Ventilplatte 5b bewirkt wird. Die in Figur 8 dargestellte Steuereinrichtung 2 umfasst auch eine Vorrichtung zum Bestimmen des Hubes und/oder der Geschwindigkeit des Greifers beziehungsweise der Ventilplatte 5b. Diese Vorrichtung ist in Figur 8 nicht dargestellt.

[0037] Die Fluid leitende Verbindung 2u sowie die elektrisch ansteuerbare Dämpfung 2v könnte auch an der Dämpfungsvorrichtung 2o oder innerhalb der Dämpfungsvorrichtung 2o angeordnet sein, insbesondere auch am Kolben 2r, indem der Kolben 2r beispielsweise eine Fluid leitende Verbindung zwischen dem ersten und zweiten Innenraum 2q, 2s aufweist.

[0038] In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung besteht das Fluid der Dämpfungsvorrichtung 2o zumindest teilweise aus einer elektrorheologischen oder magnetorheologischen Flüssigkeit. Solche Flüssigkeiten haben die Eigenschaft, dass deren Viskosität elektrisch ansteuerbar ist, sodass mit derartigen Flüssigkeiten eine elektrisch ansteuerbare Drosselstrecke ausgestaltet werden kann. Eine derartige Drosselstrecke weist den Vorteil auf, dass die Viskosität in einem grossen Bereich verändert werden kann, und dass die Viskosität mit Hilfe des elektrischen Signals sehr schnell verändert werden kann. Die Dämpfungseigenschaften einer solchen Dämpfungsvorrichtung 2o sind dadurch sehr schnell veränderbar, sodass die Bewegung des Kolbens 2r und damit die Bewegung der Verbindungsstange 7, des Greifers 6 und letztendlich der Ventilplatte 5b derart gedämpft werden kann beziehungsweise ansteuerbar und regelbar ist, das die Ventilplatte 5b bezüglich zurückgelegtem Weg und Geschwindigkeit ein "sanftes Landen" ausführt.

[0039] Dämpfungsvorrichtungen umfassend eine elektrorheologische oder magnetorheologische Flüssigkeit sind beispielsweise aus der Druckschrift WO2008/141787A1 oder aus der Druckschrift EP 1034383 B1 bekannt.

[0040] Der Linearantrieb 2w kann beispielsweise als hydraulischer oder pneumatischer Antrieb, als elektromagnetischer Antrieb, als Linearmotor oder als Elektromotor mit Übersetzung ausgestaltet sein.

[0041] Die Steuereinrichtung 2 umfasst in einer vorteilhaften Ausgestaltung eine adaptive Vorsteuerung, mit welcher der Hub A und die Geschwindigkeit C des Abhebegreifers 6 geregelt wird.

[0042] Die Regelungsvorrichtung 2i umfasst in einer vorteilhaften Ausgestaltung eine adaptive Vorsteuerungsvorrichtung, um aus den Regelgrössen des Hubs A und der Geschwindigkeit C des Abhebegreifers 6 Ansteuersignale für den Elektromagneten 2a zu erzeugen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Fördermengenregelung eines Hubkolben-Kompressors, indem die Bewegung eines Schliessorgans (5b) eines selbsttätigen Saugventils (5) mittels eines von einer Steuereinrichtung (2) angetriebenen Abhebegreifers (6) während zumindest eines Teils eines Zyklus des Kurbelkreises beeinflusst wird, wobei das Verfahren eine stufenlose Rückstromregelung umfasst, bei welcher der Abhebegreifer (6) während eines ersten Teilabschnittes (K1) des Zyklus des Kurbelkreises am Schliessorgan (5b) anliegt und dessen Schliessen verhindert, und bei welcher der Abhebegreifer (6) während eines zweiten Teilabschnittes (K2) des Zyklus des Kurbelkreises zurückgefahren wird und das Schliessorgan (5b) geschlossen wird,
dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren zudem eine Aussetzregelung umfasst, bei welcher der Abhebegreifer (6) während eines ganzen Zyklus des Kurbelkreises das Schliessen des Schliessorgans (5b) verhindert,
dass die Fördermenge zumindest durch eine Kombination von stufenloser Rückstromregelung und Aussetzregelung geregelt wird, und dass bei Anwendung der stufenlosen Rückstromregelung das Schliessorgan (5b) durch die Steuereinrichtung (2) und den Abhebegreifer (6) derart beeinflusst wird, dass ein Schliessorgan eines selbsttätigen Druckventils (8) des Hubkolben-Kompressors zumindest während eines vorgegebenen minimalen Gesamtöffnungswinkel (Kv) eines Kurbelkreises geöffnet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Saugventil (5) bei kleiner Fördermenge während gewisser Zyklen gemäss der Aussetzregelung offen gehalten wird, damit das Schliessorgan des Druckventils (8) einen minimalen Öffnungswinkel nicht unterschreitet.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der vorgegebene Gesamtöffnungswinkel (Kv) zumindest 10° beträgt, und vorzugsweise zumindest im Bereich zwischen 20° und 30° liegt.
4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Saugventil (5) durch die Steuereinrichtung (2) und den Abhebegreifer (6) derart beeinflusst wird, dass das Schliessorgan des Druckventils (8) des Hubkolben-Kompressors zumindest während eines vorgegebenen Winkelbereichs (Δ) eines Kurbelkreises vor dem oberen, respektive unteren Totpunkt (O_{TP} , U_{TP}) geöffnet wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der vorgegebene Winkelbereich (Δ) zumindest 10° beträgt, und vorzugsweise zumindest

im Bereich zwischen 20° und 30° liegt.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Druckverlauf (P) im Verdichtungsraum des Hubkolben-Kompressors gemessen und/oder berechnet wird, und dass die Steuereinrichtung (2) den Abhebegreifer (6) abhängig vom Druckverlauf (P) während jeweils zumindest eines Zyklus des Kurbelkreises derart gemäss der stufenlosen Rückstromregelung oder der Aussetzregelung angesteuert, dass der Druckverlauf (P) zumindest während eines vorgegebenen Gesamtöffnungswinkels (Kv) eines Kurbelkreises einen Druck (P) aufweist, der über dem Öffnungsdruck des Druckventils (8) liegt, sodass das Druckventil (8) während des Gesamtöffnungswinkels (Kv) selbsttätig geöffnet wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Fördermenge während einer Mehrzahl von Zyklen des Kurbelkreises nur durch die stufenlose Rückstromregelung oder nur durch die Aussetzregelung geregelt wird, und/oder dass das Saugventil (5) bei grosser Fördermenge während einer Mehrzahl aufeinanderfolgender Zyklen selbsttätig betrieben wird.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** unterschiedliche Fördermengen derart geregelt werden, dass das Saugventil (5) bei grosser Fördermenge während gewisser Zyklen selbsttätig betrieben wird, und während gewisser Zyklen gemäss der stufenlosen Rückstromregelung betrieben wird, dass das Saugventil (5) bei mittlerer Fördermenge während jeden Zyklen gemäss der stufenlosen Rückstromregelung betrieben wird, und dass das Saugventil (5) bei kleiner Fördermenge während gewisser Zyklen gemäss der Aussetzregelung betrieben wird, und während gewisser Zyklen gemäss der stufenlosen Rückstromregelung betrieben wird.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rückstromregelung derart erfolgt, dass die Steuereinrichtung (2) einen Elektromagneten (2a) umfasst welcher den Abhebegreifer (6) antreibt, und dass der Elektromagnet (2a) derart angesteuert wird, dass der Abhebegreifer (6) während eines ersten Teilabschnittes (K1) des Kurbelkreises am Schliessorgan (5b) anliegt und dessen Schliessen verhindert, und dass der Abhebegreifer (6) während eines zweiten Teilabschnittes (K2) des Kurbelkreises die Bewegung des Schliessorgans (5b) während des Schliessens derart beeinflusst, dass die Geschwindigkeit des sich bewegenden Schliessorgans (5b) vor dem Aufsetzen auf das Saugventil (5) reduziert wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rückstromregelung derart erfolgt, dass die Steuereinrichtung (2) eine Antriebsvorrichtung (2n) umfasst, welche den Abhebegreifer (6) antreibt, und dass die Antriebsvorrichtung (2n) eine ansteuerbare Dämpfungsvorrichtung (2o) umfasst, welche die Bewegung des Abhebegreifers (6) dämpft, wobei die Antriebsvorrichtung (2n) derart angesteuert wird, dass der Abhebegreifer (6) während eines ersten Teilabschnittes (K1) des Kurbelkreises am Schliessorgan (5b) anliegt und dessen Schliessen verhindert, und dass der Abhebegreifer (6) während eines zweiten Teilabschnittes (K2) des Kurbelkreises die Bewegung des Schliessorgans (5b) während des Schliessens derart beeinflusst, dass die Geschwindigkeit des sich bewegenden Schliessorgans (5b) vor dem Aufsetzen auf das Saugventil (5) reduziert wird.
11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Geschwindigkeit des Schliessorgans (5b) während des Aufsetzens auf das Saugventil (5) weniger als 0,1 m/s beträgt.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung (2) den Abhebegreifer (6) nach dem Aufsetzen des Schliessorgans (5b), während eines dritten Teilabschnittes (K3) des Kurbelkreises, nochmals beschleunigt und danach zum Stillstand bringt, um den Abhebegreifer (6) vom Schliessorgan (5b) zu beabstanden und in eine Endposition zu bringen.
13. Hubkolben-Kompressor mit stufenloser Fördermengenregelung, mit einem an zumindest einem selbsttätigen Saugventil (5) des Kompressors angeordneten Abhebegreifer (6), mit einer Steuereinrichtung (2) zum Antrieb des Abhebegreifers (6), sowie mit einem Schliessorgan (5b) des Saugventils (5), und mit einem selbsttätigen Druckventil (8), wobei der Abhebegreifer (6) während des Betriebs derart auf das Schliessorgan (5b) einwirkt, dass das Saugventil (5) über einen steuerbaren Teil des Arbeitstaktes des Kompressors geöffnet ist, wobei die Steuereinrichtung (2) eine Antriebsvorrichtung (2n) umfasst, welche über ein Verbindungsmittel (7) auf den Abhebegreifer (6) wirkt, und wobei die Steuereinrichtung (2) eine stufenlose Rückstromregelung umfasst, bei welcher während des Betriebs der Abhebegreifer (6) während eines ersten Teilabschnittes (K1) des Zyklus des Kurbelkreises am Schliessorgan (5b) anliegt und dessen Schliessen verhindert, und bei welchem der Abhebegreifer (6) während eines zweiten Teilabschnittes (K2) des Zyklus des Kurbelkreises zurückfährt sodass das Schliessorgans (5b) schliesst, **dadurch gekennzeichnet dass** die Steuereinrichtung (2) derart ausgestaltet ist,

dass diese zudem eine Aussetzregelung umfasst, bei welcher während des Betriebs der Abhebegreifer (6) während eines ganzen Zyklus des Kurbelkreises das Schliessen des Schliessorgans (5b) verhindert, und dass die Steuereinrichtung (2) derart ausgestaltet ist, dass der Abhebegreifer mit zwei unterschiedlichen Verfahren betreibbar ist, der stufenlosen Rückstromregelung sowie der Aussatzregelung, und dass bei Anwendung der stufenlosen Rückstromregelung das Schliessorgan (5b) durch die Steuereinrichtung (2) und den Abhebegreifer (6) derart beeinflusst wird, dass ein Schliessorgan des Druckventils (8) zumindest während eines vorgegebenen minimalen Gesamtöffnungswinkels (K_v) eines Kurbelkreises geöffnet wird.

14. Kompressor nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Antriebsvorrichtung (2n) als ein Elektromagnet (2a) ausgestaltet ist, und/oder dass die Antriebsvorrichtung (2n) einen Antrieb (2w) und eine ansteuerbare Dämpfungsvorrichtung (2o) umfasst, wobei die Dämpfungsvorrichtung (2o) derart ausgestaltet und angeordnet sind, dass diese die Bewegung des Antriebs (2w) ansteuerbar dämpft.
15. Kompressor nach einem der Ansprüche 13 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung (2) eine Vorrichtung umfasst, um den Druckverlauf (P) im Verdichtungsraum des Hubkolben-Kompressors zu messen und/oder zu berechnen, und dass die Steuereinrichtung (2) derart ausgestaltet ist, dass diese das Schliessorgan (5b) über den Abhebegreifer (6) freilaufend oder mit Rückstromregelung oder mit Aussetzregelung betreibt, um das Druckventil (8) während eines Gesamtöffnungswinkels (K_v) selbsttätig zu öffnen.

Claims

1. Method for delivery quantity control of a reciprocating compressor, in which the movement of a closing body (5b) of a self-acting intake valve (5) is influenced during at least part of a cycle of crank rotation by an unloader (6) driven by a control device (2), wherein the method comprises a continuously variable backflow regulation, in which the unloader (6) lies against the closing body (5b) during a first section (K1) of the cycle of crank rotation and prevents its closure, and in which the unloader (6) is driven back during a second section (K2) of the cycle of crank rotation and the closing body (5b) is closed, **characterized in that** the method further comprises a skip regulation, in which the unloader (6) prevents closure of the closing body (5b) during a whole cycle of crank rotation, that the delivery quantity is regulated by at least a combination of continuously variable backflow reg-

ulation and skip regulation, and that during use of the continuously variable backflow regulation the closing body (5b) is influenced by the control device (2) and the unloader (6) in such a way that a closing body of a self-acting pressure valve (8) of the reciprocating compressor is opened during at least a predetermined minimal total opening angle (K_v) of a crank rotation.

2. Method according to claim 1, **characterised in that** for small delivery quantities, the intake valve (5) is held open under skip regulation during certain cycles, whereby the closing body of the pressure valve (8) does not fall below a minimal opening angle.
3. Method according to claim 2, **characterised in that**, the predetermined total opening angle (K_v) is at least 10° , and preferably lies at least in the range between 20° and 30° .
4. Method according to claim 3, **characterised in that**, the intake valve (5) is influenced by the control device (2) and the unloader (6) in such a way that the closing body of the pressure valve (8) of the reciprocating compressor is opened at least during a predetermined angular range (Δ) of a crank rotation before the upper, respectively lower dead centre (O_{TP} , U_{TP}).
5. Method according to claim 4, **characterised in that** the predetermined angular range (Δ) is at least 10° , and preferably lies at least in the range between 20° and 30° .
6. Method according to one of the preceding claims, **characterised in that**, the progression of pressure (P) in the compression space of the reciprocating compressor is measured and/or calculated, and that the control device (2) steers the unloader (6) in dependence on the progression of pressure (P), on each occasion during at least a cycle of crank rotation, under constantly variable backflow regulation or skip regulation in such a way that the progression of pressure (P) has a pressure (P) at least during a predetermined total opening angle (K_v) of a crank rotation which lies above the opening pressure of the pressure valve (8), such that the pressure valve (8) is automatically opened during the total opening angle (K_v).
7. Method according to one of the preceding claims, **characterised in that**, during a plurality of cycles of crank rotation, the delivery quantity is regulated only by constantly variable backflow regulation or only by skip regulation, and/or that, for large delivery quantities, the intake valve (5) is driven automatically during a plurality of successive cycles.

8. Method according to one of the preceding claims, **characterised in that**, various delivery quantities are regulated in such a way, that, for large delivery streams, the intake valve (5) is automatically driven during certain cycles and is driven with constantly variable backflow regulation during certain cycles; that, that, for middle-sized delivery quantities, the intake valve (5) is driven during every cycle with constantly variable backflow regulation; and that, for small delivery quantities, the intake valve (5) is constantly held open during certain cycles under skip regulation, and driven with constantly variable backflow regulation during certain cycles.
9. Method according to one of the preceding claims, **characterised in that**, the backflow regulation occurs in such a way that the control device (2) comprises an electromagnet (2a) which drives the unloader (6), and that the electromagnet (2a) is steered in such a way that the unloader (6) lies against the closing body (5b) during a first section (K1) of the crank rotation and prevents its shutting, and that the unloader (6) influences the movement of the closing body (5b) during shutting during a second section (K2) of the crank rotation in such a way that the speed of the moving closing body (5b) is reduced prior to seating on the intake valve (5).
10. Method according to one of claims 1 to 8, **characterised in that**, the backflow regulation occurs in such a way that the control device (2) comprises a drive mechanism (2n), which drives the unloader (6), and that the drive mechanism (2n) comprises a steerable damping mechanism (2o) which damps the movement of the unloader (6), wherein the drive mechanism (2n) is steered in such a way that the unloader (6) lies against the closing body (5b) during a first section (K1) for the crank rotation and prevents its shutting, and that the unloader (6) influences the movement of the closing body (5b) during shutting during a second section (K2) of the crank rotation in such a way that the speed of the moving closing body (5b) is reduced prior to seating on the intake valve (5).
11. Method according to claim 9 or 10, **characterised in that**, during seating on the intake valve (5), the speed of the closing body (5b) is less than 0.1 m/s.
12. Method according to one of claims 9 to 11, **characterised in that**, after the seating of the closing body (5b), during a third section (k3) of the crank rotation, the control device (2) once again accelerates the unloader (6) and then brings it to rest, in order to distance the unloader (6) from the closing body (5b) and to bring the unloader (6) to an end position.
13. Reciprocating compressor with constantly variable

delivery quantity regulation, with an unloader (6) arranged on at least one self-acting intake valve (5) of the compressor, with a control device (2) for driving the unloader (6), as well as with a closing body (5b) of the intake valve (5), and with a self-acting pressure valve (8), wherein the unloader (6) during operation acts on the closing body (5b) in such a way that the intake valve (5) is opened over a controllable part of the working stroke of the compressor, wherein the control device (2) comprises a drive mechanism (2n) which acts via a connection means (7) on the unloader (6), and wherein the control device (2) comprises a constantly variable backflow regulation, in which during operation the unloader (6) lies against the closing body (5b) during a first section (K1) of the cycle of crank rotation and prevents its shutting, and in which the unloader (6) returns during a second section (K2) of the cycle of crank rotation such that the closing body (5b) shuts, **characterised in that** the control device (2) in addition comprises a skip regulation, in which during operation the unloader (6) prevents the shutting of the closing body (5b) during a complete cycle of crank rotation, and that unloader may be controlled by the control device (2) by two different methods, the constantly variable backflow regulation and the skip regulation, and that during use of the continuously variable backflow regulation the closing body (5b) is influenced by the control device (2) and the unloader (6) in such a way, that a closing body of the pressure valve (8) is opened during a predetermined minimal total opening angle (Kv) of a crank rotation.

14. Compressor according to claim 13, **characterised in that**, the drive mechanism (2n) is in the form of an electromagnet (2a), and/or n that, the drive mechanism (2n) comprises a drive (2w) and a steerable damping mechanism (2o), wherein the damping mechanism (2o) is adapted and arranged such that it damps the movement of the drive (2w).
15. Compressor according to one of claims 13 to 14, **characterised in that**, the control device (2) comprises a mechanism for measuring and/or calculating the pressure progression (P) in the compression space of the reciprocating compressor, and that the control device (2) is such that it drives the closing body (5b) via the unloader (6) in free-running mode or with backflow regulation or with skip regulation, in order to open the pressure valve (8) automatically during a total opening angle (Kv).

Revendications

1. Procédé de régulation du débit de refoulement d'un compresseur à piston, en ce que le mouvement d'un organe de fermeture (5b) d'une soupape d'aspiration

- (5) automatique est influencé à l'aide d'un grappin de levage (6) entraîné par un dispositif de commande (2) pendant au moins une partie d'un cycle du cercle de vilebrequin, le procédé comprenant une régulation continue du reflux pendant laquelle le grappin de levage (6) repose, pendant une première section partielle (K1) du cycle du cercle de vilebrequin, contre l'organe de fermeture (5b) et entravant sa fermeture et pendant laquelle le grappin de levage (6) est ramené en arrière, pendant une deuxième section partielle (K2) du cycle du cercle de vilebrequin et pendant laquelle l'organe de fermeture (5b) est fermé ; **caractérisé en ce que** le procédé comprend en outre une régulation intermittente pendant laquelle le grappin de levage (6) entrave, pendant un cycle complet du cercle de vilebrequin, la fermeture de l'organe de fermeture (5b) ; que le débit de refoulement est au moins réglé par une combinaison de régulation continue du reflux et de régulation intermittente et qu'en cas d'utilisation de la régulation continue du reflux, l'organe de fermeture (5b) est influencé de telle sorte par le dispositif de commande (2) et le grappin de levage (6) qu'un organe de fermeture d'une soupape de pression (8) automatique du compresseur à piston soit ouvert au moins pendant un angle d'ouverture totale (Kv) minimal prédéfini d'un cercle de vilebrequin.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la soupape d'aspiration (5) est maintenue ouverte en régulation intermittente pendant un certain nombre de cycles en cas de moindre quantité refoulée, afin que l'organe de fermeture de la soupape de pression (8) ne passe pas en dessous d'un angle d'ouverture minimal.
 3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** l'angle d'ouverture totale (Kv) prédéfini est au moins de 10° et de préférence au moins dans la plage comprise entre 20° et 30°.
 4. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la soupape d'aspiration (5) est influencée de telle sorte par le dispositif de commande (2) et le grappin de levage (6) que l'organe de fermeture de la soupape de pression (8) du compresseur à piston soit ouvert au moins sur une plage angulaire (Δ) prédéfinie d'un cercle de vilebrequin avant le point mort haut ou bas (O_{TP} , U_{TP}) respectif.
 5. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** la plage angulaire prédéfinie (Δ) est au moins de 10° et de préférence au moins dans la plage comprise entre 20° et 30°.
 6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la courbe de pression (P) est mesurée et/ou calculée dans la chambre de compression du compresseur à piston et que le dispositif de commande (2) commande le grappin de levage (6) en fonction de la courbe de pression (P) pendant respectivement au moins un cycle du cercle de vilebrequin de telle sorte qu'en cas de régulation continue du reflux ou de régulation intermittente, la courbe de pression (P) comporte, au moins pendant un angle d'ouverture totale (Kv) prédéfini d'un cercle de vilebrequin, une pression (P) située au-dessus de la pression d'ouverture de la soupape de pression (8), de sorte que la soupape de pression (8) s'ouvre automatiquement pendant l'angle d'ouverture totale (Kv).
 7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le débit de refoulement est réglé pendant une pluralité de cycles du cercle de vilebrequin seulement par la régulation continue du reflux ou seulement par la régulation intermittente et/ou que la soupape d'aspiration (5) est entraînée automatiquement pendant une pluralité de cycles successifs en cas de grand débit de refoulement.
 8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** différents débits de refoulement sont réglés de telle sorte que la soupape d'aspiration (5) soit entraînée automatiquement pendant un certain nombre de cycles en cas de grand débit de refoulement, et pendant un certain nombre de cycles en cas de régulation continue du reflux, que la soupape d'aspiration (5) est entraînée à un débit de refoulement moyen pendant chaque cycle en cas de régulation continue du reflux et que la soupape d'aspiration (5) est entraînée pendant un certain nombre de cycles en régulation intermittente en cas de moindre quantité refoulée et est entraînée pendant un certain nombre de cycles en régulation continue du reflux.
 9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la régulation du reflux se produit de telle sorte que le dispositif de commande (2) comprend un électroaimant (2a) entraînant le grappin de levage (6) et que l'électroaimant (2a) est commandé de telle sorte que le grappin de levage (6) repose, pendant une première section partielle (K1) du cercle de vilebrequin, contre l'organe de fermeture (5b) et entrave sa fermeture et que le grappin de levage (6) influence, pendant une deuxième section partielle (K2) du cercle de vilebrequin, le mouvement de l'organe de fermeture (5b) pendant la fermeture, de façon à réduire la vitesse de l'organe de fermeture (5b) se déplaçant avant le placement de l'organe sur la soupape d'aspiration (5).
 10. Procédé selon l'une quelconque des revendications

- 1 à 8, **caractérisé en ce que** la régulation du reflux se produit de telle sorte que le dispositif de commande (2) comprenne un dispositif d'entraînement (2n) entraînant le grappin de levage (6) et que le dispositif d'entraînement (2n) comprenne un dispositif d'amortissement (2o) commandable amortissant le mouvement du grappin de levage (6), le dispositif d'entraînement (2n) étant commandé de telle sorte que le grappin de levage (6) repose, pendant une première section partielle (K1) du cercle de vilebrequin, contre l'organe de fermeture (5b) et entrave sa fermeture et que le grappin de levage (6) influence de telle sorte, pendant une deuxième section partielle (K2) du cercle de vilebrequin, le mouvement de l'organe de fermeture (5b) pendant la fermeture, que la vitesse de l'organe de fermeture (5b) se déplaçant soit réduite avant le placement de l'organe sur la soupape d'aspiration (5).
11. Procédé selon la revendication 9 ou 10, **caractérisé en ce que** la vitesse de l'organe de fermeture (5b) est inférieure à 0,1 m/s avant le placement de l'organe sur la soupape d'aspiration (5).
12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 9 à 11, **caractérisé en ce que** le dispositif de commande (2) accélère encore le grappin de levage (6) après le placement de l'organe de fermeture (5b), pendant une troisième section partielle (K3) du cercle de vilebrequin, puis l'amène à l'arrêt, pour placer le grappin de levage (6) à une certaine distance de l'organe de fermeture (5b) et l'amener dans une position terminale.
13. Compresseur à piston avec régulation continue du débit de refoulement, avec un grappin de levage (6) disposé au niveau d'au moins une soupape d'aspiration (5) automatique du compresseur, avec un dispositif de commande (2) pour entraîner le grappin de levage (6), ainsi qu'avec un organe de fermeture (5b) de la soupape d'aspiration (5) et avec une soupape de pression (8) automatique, le grappin de levage (6) agissant de telle sorte sur l'organe de fermeture (5b) en situation de fonctionnement que la soupape d'aspiration (5) est ouverte sur une partie commandable de la cadence de travail du compresseur, le dispositif de commande (2) comprenant un dispositif d'entraînement (2n) agissant, via un moyen de liaison (7), sur le grappin de levage (6) et le dispositif de commande (2) comprenant une régulation continue du reflux pendant laquelle, en situation de fonctionnement, le grappin de levage (6) repose, pendant une première section partielle (K1) du cycle du cercle de vilebrequin, contre l'organe de fermeture (5b) et entrave sa fermeture et pendant laquelle le grappin de levage (6) revient en arrière pendant une deuxième section partielle (K2) du cycle du cercle de vilebrequin de sorte que l'organe de fermeture (5b) se ferme, **caractérisé en ce que** :
- le dispositif de commande (2) est configuré de telle sorte que celui-ci comprenne en outre une régulation intermittente dans laquelle, en situation de fonctionnement, le grappin de levage (6) entrave, pendant un cycle complet du cercle de vilebrequin, la fermeture de l'organe de fermeture (5b) et que le dispositif de commande (2) est configuré de telle sorte que le grappin de levage puisse être entraîné avec deux procédés différents, la régulation continue du reflux ainsi que la régulation intermittente, et qu'en cas d'utilisation de la régulation continue du reflux, l'organe de fermeture (5b) soit influencé de telle sorte par le dispositif de commande (2) et le grappin de levage (6) qu'un organe de fermeture de la soupape de pression (8) soit ouvert au moins pendant un angle d'ouverture totale (Kv) minimal prédéfini d'un cercle de vilebrequin.
14. Compresseur selon la revendication 13, **caractérisé en ce que** le dispositif d'entraînement (2n) est configuré sous la forme d'un électroaimant (2a) et/ou que le dispositif d'entraînement (2n) comprend un entraînement (2w) et un dispositif d'amortissement (2o) commandable, le dispositif d'amortissement (2o) étant configuré et disposé de telle sorte que celui-ci amortisse de façon commandable le mouvement de l'entraînement (2w).
15. Compresseur selon l'une quelconque des revendications 13 à 14, **caractérisé en ce que** le dispositif de commande (2) comprend un dispositif pour mesurer et/ou calculer la courbe de pression (P) dans la chambre de compression du compresseur à piston et que le dispositif de commande (2) est configuré de telle sorte que celui-ci entraîne en roue libre l'organe de fermeture (5b) via le grappin de levage (6) ou avec la régulation du reflux ou avec la régulation intermittente, pour ouvrir automatiquement la soupape de pression (8) pendant un angle d'ouverture totale (Kv).

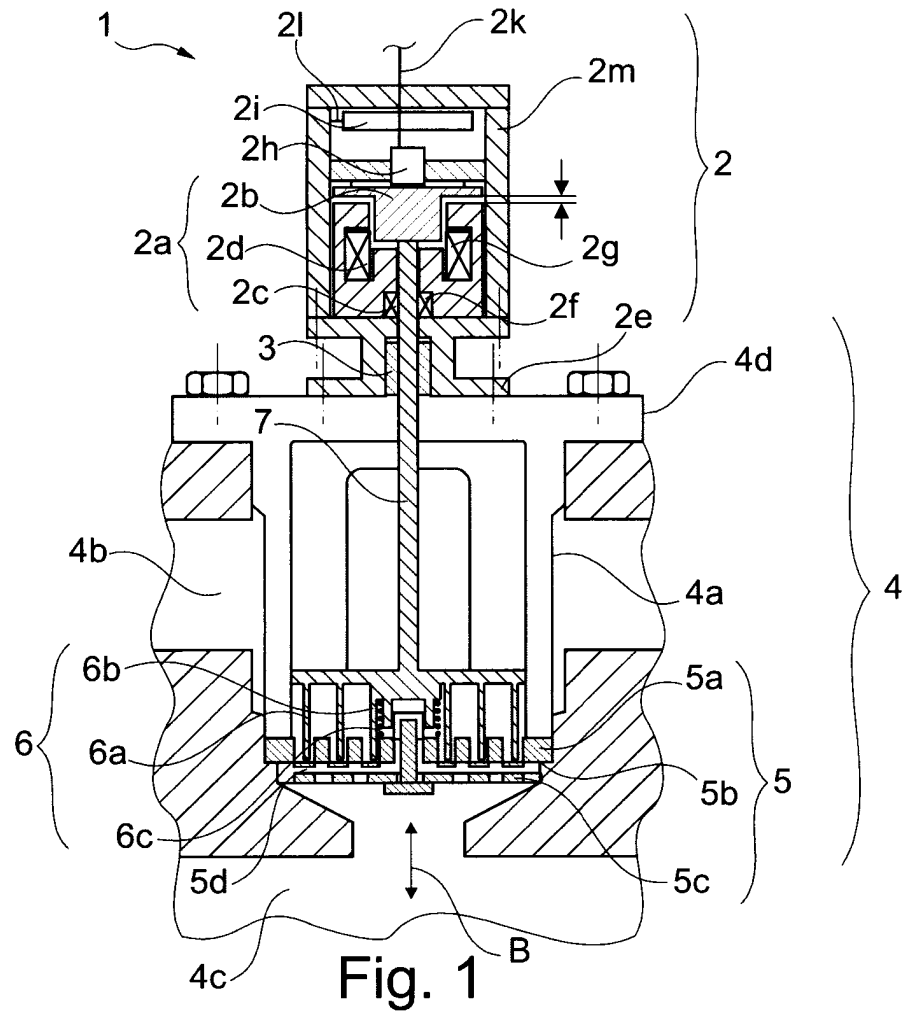


Fig. 1

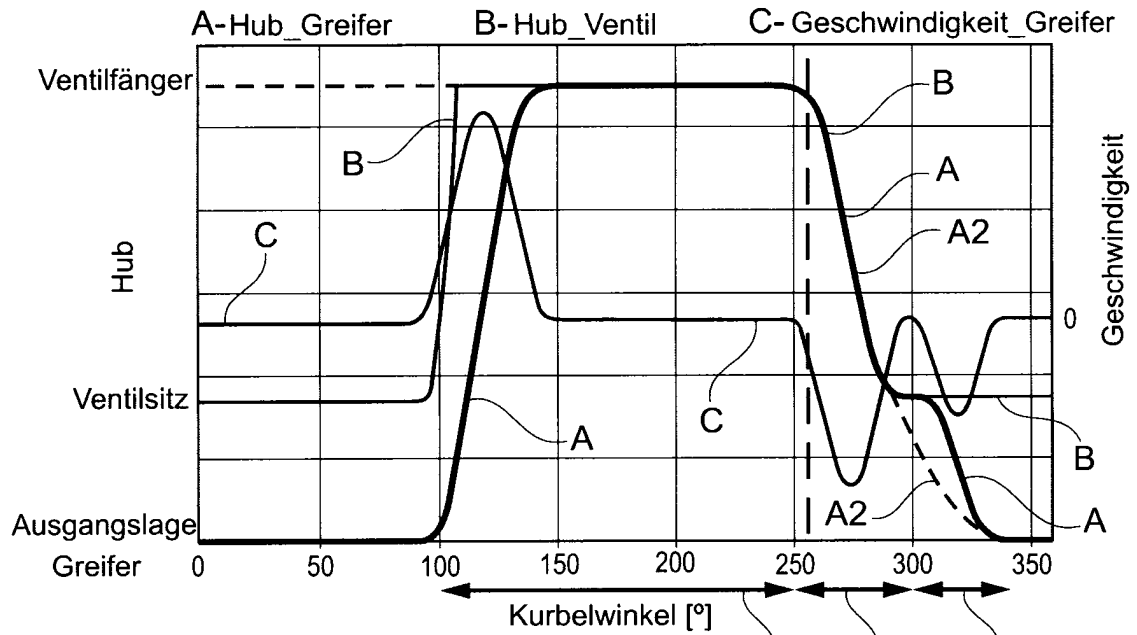


Fig. 2

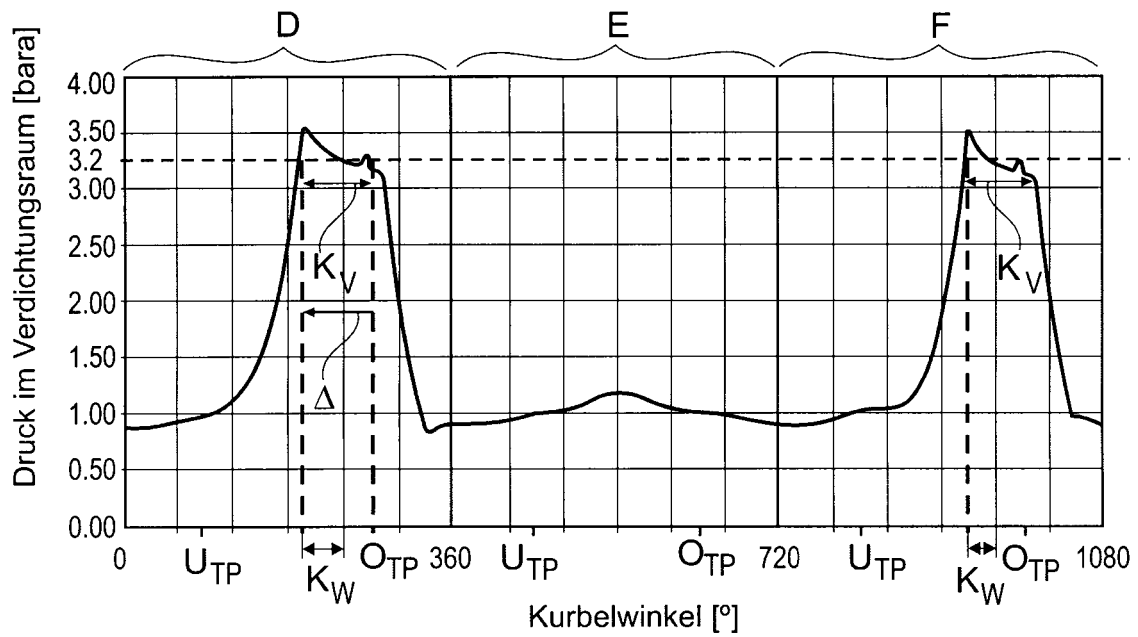


Fig. 3

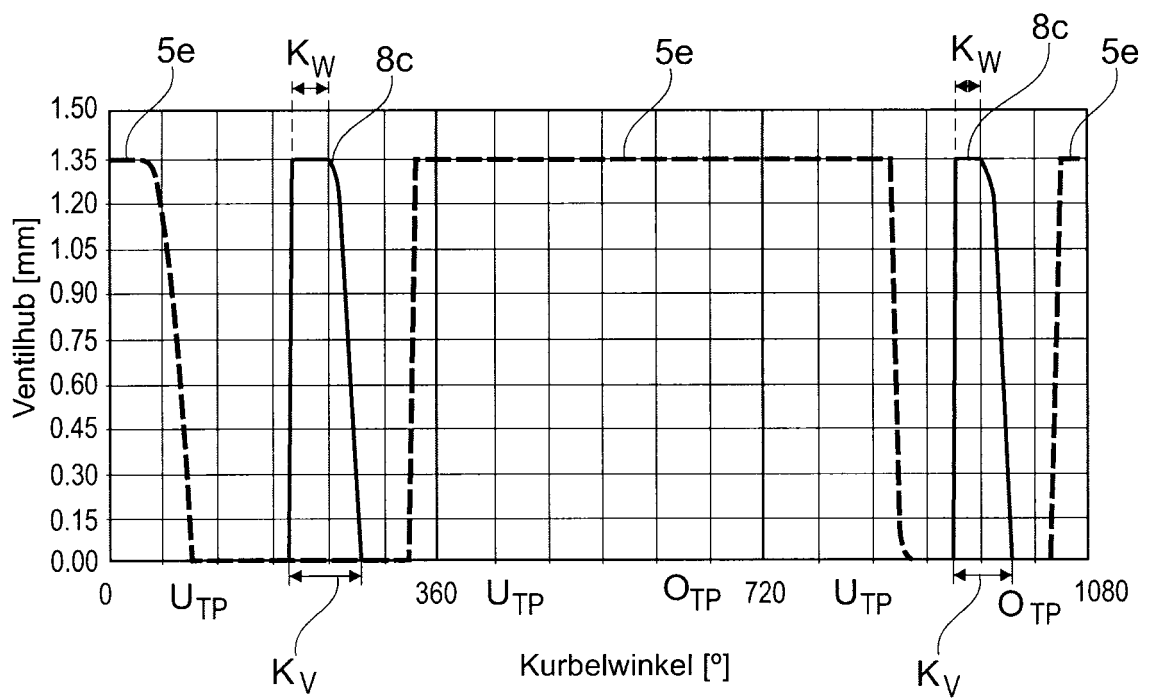


Fig. 4

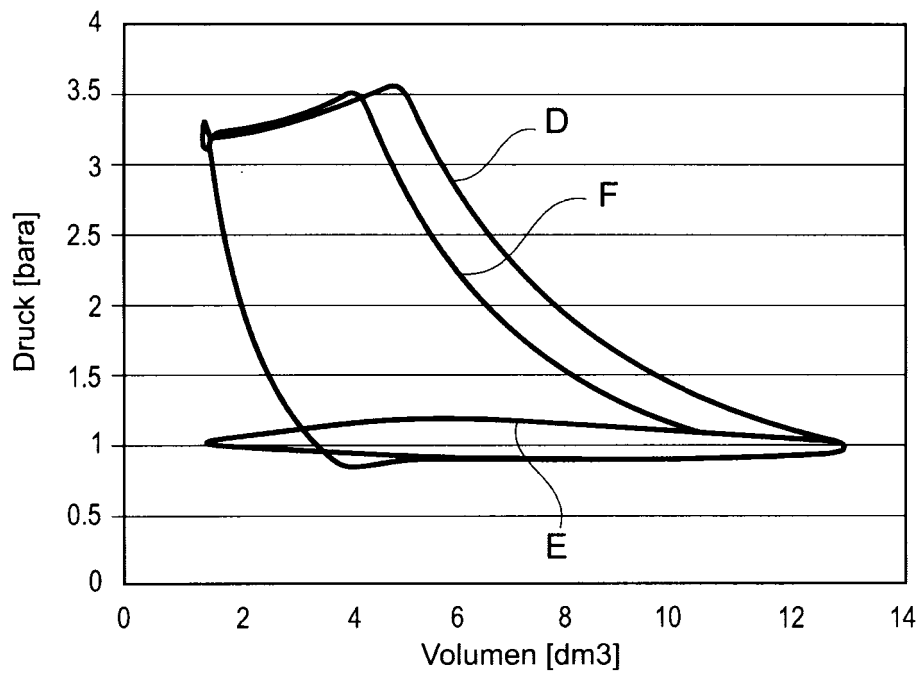


Fig. 5

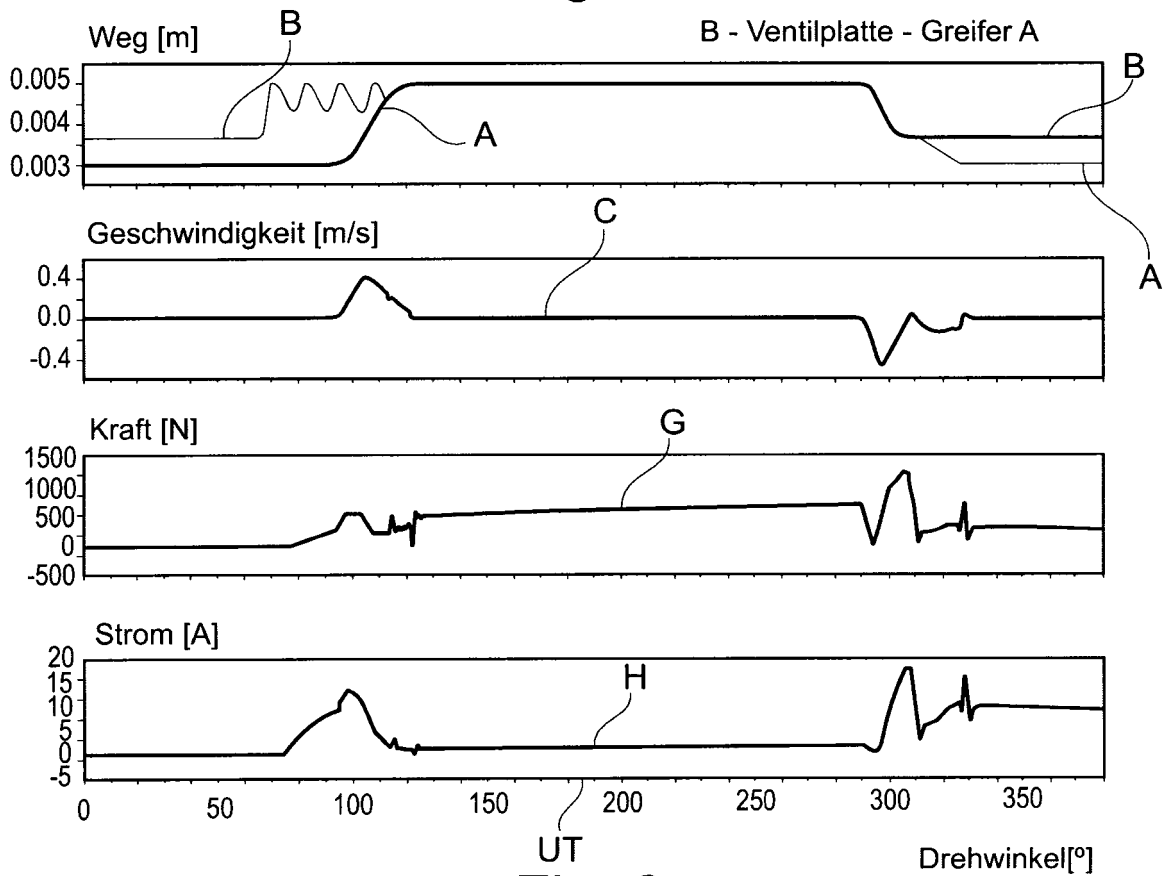


Fig. 6

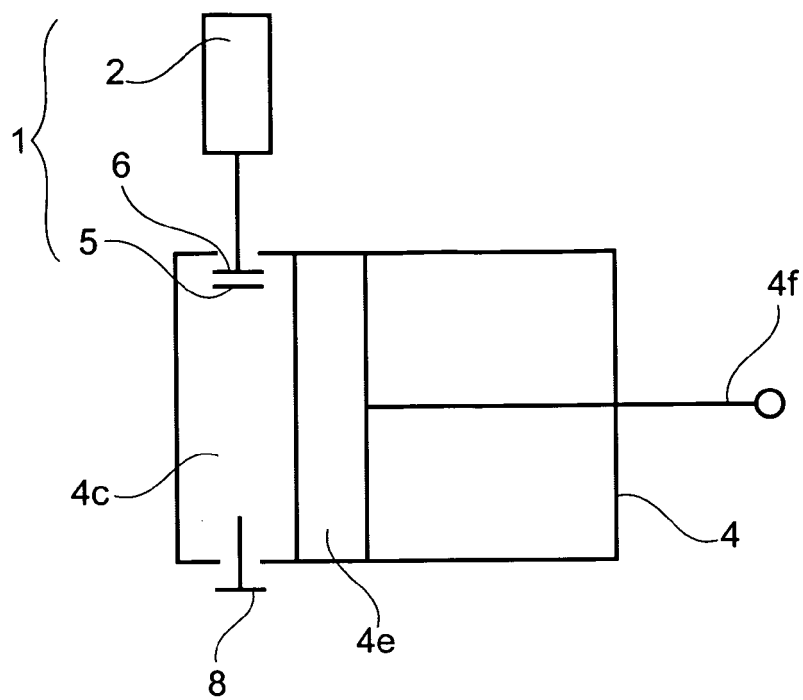


Fig. 7

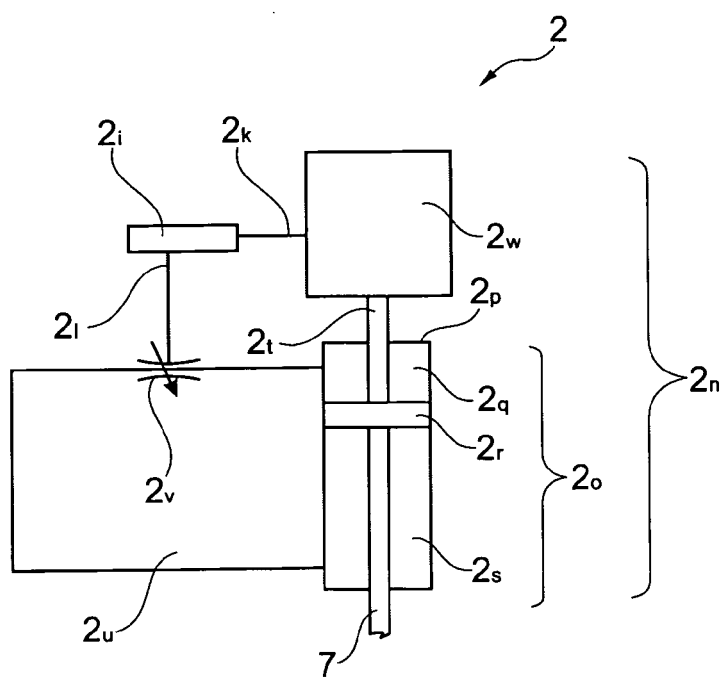


Fig. 8

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

- EP 0801227 A2 [0002]
- EP 1400692 A1 [0002]
- WO 2008000698 A2 [0005]
- WO 2008141787 A1 [0039]
- EP 1034383 B1 [0039]