

(19)



(11)

EP 3 390 818 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
19.02.2020 Patentblatt 2020/08

(51) Int Cl.:
F04B 15/02 ^(2006.01) **F04B 43/02** ^(2006.01)
F04B 43/06 ^(2006.01) **F04B 45/04** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16822973.0**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2016/081838

(22) Anmeldetag: **20.12.2016**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2017/129327 (03.08.2017 Gazette 2017/31)

(54) **MEMBRANPUMPE MIT STAUBANSAUGUNG VON UNTEN**

DIAPHRAGM PUMP COMPRISING DUST SUCTION FROM BELOW

POMPE À MEMBRANE DONT L'ASPIRATION DE POUSSIÈRES S'EFFECTUE PAR LE BAS

(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**

- **METZ, Thomas**
90449 Nürnberg (DE)
- **RAHM, Sebastian**
01159 Dresden (DE)

(30) Priorität: **27.01.2016 DE 102016201182**

(74) Vertreter: **Vièl, Christof**
Patentanwaltskanzlei
Vièl & Wieske PartGmbH
Postfach 65 04 03
66143 Saarbrücken (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
24.10.2018 Patentblatt 2018/43

(73) Patentinhaber: **Dipl. Ing. Ernst Schmitz GmbH &
Co. KG**
Maschinen und Apparatebau
47918 Tönisvorst (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
CH-A- 466 134 DE-A1-102011 007 066
DE-A1-102011 052 432 DE-U1-202007 019 632
US-A- 4 818 191 US-A1- 2007 065 308
US-B1- 6 447 216

(72) Erfinder:
• **HANNEMANN, Frank**
91341 Röttenbach (DE)

EP 3 390 818 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 eine Membranpumpe zur pneumatischen Hochdruckförderung von 1 bis 10 MPa fluidisierter Stäube und ein Verfahren zum Betrieb einer solchen Membranpumpe.

[0002] Für Niederdruckanwendungen im Bereich von ca. 0,1 bis 0,2 bar Druckerhöhung werden in der Praxis Förderschnecken mit leichter Schüttgutkomprimierung und anschließender Gasinjektion zur pneumatischen Schüttgutförderung eingesetzt, s. DD000000081606A1, DE000003035745A1, DE000000656009A, DE000000650988A, DE000000615779A, DE000000596565A, DE000000568999A, DE000000551066A, DE000000485635A, DE000000449676A, DE000000427455A. Für etwas höhere Drücke bis ca. 0,3 MPa werden statt Schnecken Zellenräder verwendet, s. DE102009016191B4, DE102009016191A1. Werden mehrere Staubpumpen in Reihe geschaltet können entsprechend höhere Drücke erreicht werden, was jedoch für Hochdruckanwendungen mit einem sehr großen apparativen Aufwand verbunden ist, s. DE102008049542B4, DE102008049542A1, DE102008007033A1, WO002010037601A1, WO002009095290A3, WO002009095290A2. Neben diesem Funktionsprinzip der Schneckenförderer und Zellenräder werden auch Staubpumpen nach dem Prinzip der Druckluftmembranpumpen eingesetzt, wobei auch hier nur geringe Drücke möglich sind DE 3909800 A1.

[0003] Während für niedrige Drücke Staubpumpen industriell eingesetzt werden, sind für Hochdruckprozesse in der Größenordnung von 1 bis 10 MPa heute nur Schleusenprozesse industriell etabliert, s. DE 10 2005 047 583 B4, DD 147 188 A3, DE102008052673A1. Um die Investitions- und Betriebskosten solcher Schleusensysteme zu reduzieren, werden auch Staubpumpen für Hochdruckanwendungen entwickelt, wobei folgende Verfahren bekannt sind:

Für Hochdruckanwendungen in der Größenordnung von 1 bis 10 MPa sind Staubpumpen basierend auf dem Prinzip der Strangpresse bekannt. Hierbei wird das Schüttgut mechanisch wie in einer Strangpresse in einem sich verjüngenden Kanal zu einem Brikett verdichtet und dadurch eine hohe Druckbarriere aus Kanal und Brikett gebildet, was zur Abdichtung zwischen Hoch- und Niederdruckteil erforderlich ist, siehe US000008851406B2, US020100021247A1. Nachteilig hierbei ist der hohe Verschleiß aufgrund der hohen auftretenden Reibungskräfte als auch die Problematik, dass die mechanischen Schüttguteigenschaften durch diesen Vorgang stark verändert werden, da das Schüttgut nach der Pumpe in brikettähnlichen Schüttgut-agglomerationen vorliegt. Insbesondere für Verbraucher wie die Staubverbrennung oder Staubvergasung ist dann unter Druck eine erneute Aufmahlung erforderlich, was ein bisher ungelöstes Problem darstellt.

[0004] Neben dem Prinzip der Strangpresse ist für

Hochdruckanwendungen auch das Kolbenpumpenprinzip bekannt. Hierzu bekannte Ausführungen sind in DE000001008201A, DE000001175653A, DE000002722931A1, DE102008009679A1 beschrieben. Wesentlicher Nachteil hierbei ist der hohe, bisher ungelöste Verschleiß an den trocken laufenden Kolbenringen. Dieses Problem kann durch die Verwendung von Membranen wie in DE102011007066A1 dargestellt gelöst werden.

[0005] Hierbei sind jedoch aufgrund des schwerkraftgetriebenen Befüllens - wie auch bei allen anderen bekannten Staubpumpen und Schleusensystemen - relativ große Querschnitte und Abmessungen erforderlich.

[0006] Das Dokument US 6 447 216 offenbart eine hydraulisch betriebene Staubpumpe.

[0007] Das Dokument CH 466 134 offenbart eine hydraulisch betriebene Staubpumpe, welche federkraftbeaufschlagte Ventile aufweist. Die Membran ist vertikal angeordnet.

[0008] Der Erfindung liegt das Problem zugrunde, einen Pumpenkopf zur pneumatischen Hochdruckförderung von fluidisiertem Schüttgut und ein Verfahren zum Betrieb des Pumpenkopfes anzugeben, bei denen das Schüttgut über den gesamten Pumpvorgang hinweg in einem aufgelockerten, fluidisierten Zustand gehalten wird.

[0009] Das Problem wird durch eine Membranpumpe zur pneumatischen Hochdruckförderung von fluidisierten Stäuben mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 und ein Verfahren zum Betrieb einer solchen Membranpumpe mit den Merkmalen des Patentanspruchs 8 gelöst.

[0010] Bei der erfindungsgemäßen Staubpumpe erfolgt die Befüllung durch pneumatisches Ansaugen, wobei das Schüttgut über den gesamten Pumpvorgang hinweg in einem aufgelockerten, fließfähigen Zustand gehalten wird und Staubverdichtungen gezielt vermieden werden. Dabei wird eine in hohem Maße kompakte und damit wirtschaftliche Bauweise erzielt.

[0011] Das pneumatische Ansaugen hat mehrere entscheidende Vorteile gegenüber bekannten Staubpumpensystemen: Der Querschnitt der Saugleitung 17 und damit die Größe des Einlassventils 8 und der Anschluss am Pumpenkopf fällt im Vergleich zu einer schwerkraftgetriebenen Befüllung wesentlich kleiner aus, wodurch der Pumpenkopf entsprechend kleiner ausgelegt werden kann. Des Weiteren kann die Befüllung von unten in den Staubraum hinein erfolgen. Das hat den Vorteil, dass die Konstruktion des Pumpenkopfes im Bereich der Membran und im Hydraulikbereich vereinfacht ist, da keine Staubdurchführung von oben benötigt wird, was sonst bei Befüllung durch Schwerkraft der Fall wäre. Des Weiteren ist es möglich, die Staubpumpe neben, anstatt unterhalb des Vorlagebunkers 11 zu platzieren, was wiederum Bauhöhe einspart und die Wirtschaftlichkeit solcher Anlagen erhöht. Schließlich ist es durch diese Anordnung möglich, eine sehr große Auflockerungsfläche 4 konstruktiv zu realisieren, was für die Vermeidung von

Staubverdichtungen und kurze Zykluszeiten erforderlich ist.

[0012] Der in Fig 3 dargestellte Druckübersetzer und damit auch die Trennung des Hydrauliksystems in eine Primärhydraulik 15 - zwischen Druckübersetzer und Hydraulikaggregat - und eine Sekundärhydraulik 16 - zwischen Membran 3 und Druckübersetzer 13 - bieten folgende Vorteile: Der Druck des Hydraulikaggregates kann unabhängig vom Prozessdruck gewählt werden, wodurch kostengünstige Standard-Hydraulikaggregate anstelle von Spezialanfertigungen verwendet werden können. Da in der Regel der Druck des Hydraulikaggregates (20-30 MPa) wesentlich höher als der geforderte Prozessdruck im Staubsystem (1-10 MPa) liegt, sind die Volumenströme im Hydraulikaggregat und damit die Kosten des Hydraulikaggregates deutlich geringer, als würde das Hydraulikaggregat auf den Prozessdruck des Staubsystems ausgelegt werden. Das Druckübersetzungsverhältnis (Primärdruck/Sekundärdruck) liegt damit in der Regel bei circa 2-30. Durch die Verringerung der Volumenströme in der Primärhydraulik und die dort ablaufenden Schaltvorgänge können Druckschläge reduziert oder ganz vermieden werden. Im Falle eines Membranbruches bleibt das Hydraulikaggregat unbeschadet, da Staub dann nur in die Primärhydraulik eindringen kann, nicht aber in die Sekundärhydraulik. Für Primär- und Sekundärhydraulik können unterschiedliche Hydraulikflüssigkeiten verwendet werden, was eine bessere Anpassung an die jeweiligen Prozessbedingungen ermöglicht. Durch die Trennung in Primär- und Sekundärhydraulik wird es möglich, mit einem Hydraulikaggregat mehrere Pumpenköpfe zu betreiben und auch bei Ausfall eines oder mehrerer Pumpenköpfe, die jeweils anderen Pumpenköpfe weiter zu betreiben.

[0013] Ein weiterer Vorteil des gesamten Verfahrens ist, dass der Hochdruck-Gasbedarf gegenüber dem in DE102011007066A1 beschriebenen System nochmals weiter reduziert ist, da einerseits das nach dem Ausfördern noch zu entspannende Totvolumen aufgrund der kleineren Rohrleitungsquerschnitte noch geringer gestaltet werden kann und andererseits beim Ausfördern das vorher zugeführte Bespannungsgas für die pneumatische Förderung mit genutzt wird.

[0014] In weiterer Ausgestaltung arbeiten mehrere Pumpenköpfe phasenverschoben zueinander. Durch diese Maßnahme wird der Förderprozess vergleichmäßig.

[0015] In einer besonderen Ausgestaltung wird die Membran durch einen oder mehrere Kolben aber auch Führungsstangen 10 mechanisch geführt, wodurch unerwünschte Verformungen der Membran vermieden werden. Über die Lage des Kolbens beziehungsweise der Führungsstange 10 relativ zum Gehäuse 9 ist eine Positionsmessung der Membran 3 gegeben.

[0016] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0017] Die Erfindung wird im Folgenden als Ausführungsbeispiel in einem zum Verständnis erforderlichen

Umfang anhand von Figuren näher erläutert. Dabei zeigen:

Fig 1 einen erfindungsgemäßen Pumpenkopf
 Fig 2 die wesentlichen Ablaufschritte des Pumpenzyklus' und
 Fig 3 die Einbindung mehrerer Pumpenköpfe in ein Staumpumpensystem.

[0018] In den Figuren bezeichnen gleiche Bezeichnungen gleiche Elemente.

[0019] Die erfindungsgemäße Staumpumpe und das damit ausgeführte Verfahren sind für feinkörnige Schüttgüter oder Stäube geeignet, welche sich durch Gaszugabe auflockern und fluidisieren lassen, wie etwa Kohlestaub, und zielt insbesondere auf die Versorgung von druckaufgeladenen Kohlestaubvergasern mit trockener Kohlestaub einspeisung ab. Die Prozessdrücke liegen hierbei in der Größenordnung von 1 bis 10 MPa. Grundsätzlich kann das Verfahren aber auch für alle anderen Prozesse eingesetzt werden, wo fluidisierbare Stäube trocken auf hohen Druck gepumpt werden sollen.

[0020] Bei dem Pumpenkopf nach Fig 1 befindet sich in einem drucktragenden Gehäuse 9 eine elastische, bewegliche Membran 3, die den Staubraum 1 vom Hydraulikraum 2 hermetisch dicht trennt. Die Membran wird zentrisch über eine Führungsstange 10 geführt und durch Zugabe oder Entnahme von Hydraulikflüssigkeit über die Anschlussleitung 6 nach unten beziehungsweise nach oben bewegt. Staub wird über das Einlassventil 8 in den Staubraum gesaugt und über das Auslassventil 7 aus dem Staubraum herausgefördert. Zur Auflockerung, Be- und Entspannung wird über die Anschlussleitungen 5 und die gasdurchlässigen Auflockerungsflächen 4 Gas zugegeben beziehungsweise abgeführt.

[0021] In Fig 2 ist der Pumpenzyklus anhand von vier Ablaufschritten A) bis D) dargestellt.

[0022] In Schritt A) wird dem Hydraulikraum Flüssigkeit entzogen, wodurch die Membran nach oben gezogen wird und im Staubraum Unterdruck erzeugt wird. Dadurch wird Staub aus dem Vorlagebunker 11 angesaugt. Vorausgesetzt sei, dass der Staub im Vorlagebunker sich durch Gaszugabe in einem fluidisierten Zustand befindet. Während des pneumatischen Einförderns in den Staubraum 1 durch Auslenken der Membran 3 wird ein Unterdruck im Staubraum 1 erzeugt, wodurch die Förderung unterstützt wird.

[0023] Wenn die Membran die obere Endlage erreicht hat, wird in Schritt B) durch Schließen der Einlassarmatur 8 und Gaszugabe über die Gasanschlüsse 5 der Staubraum auf den Druck bespannt, welcher durch den Druck des Verbrauchers 20 zuzüglich des pneumatischen Förderdruckverlustes zwischen Pumpenkopf 14 und Verbraucher (circa 0,1 bis 1 MPa) gegeben ist.

[0024] In Schritt C) wird zum Ausfördern die Auslassarmatur 7 geöffnet und der Staub unter Gaszugabe über die Gasanschlüsse 5 herausgefördert. Gleichzeitig wird das Volumen des Staubraumes durch Zugabe von Hy-

draulikflüssigkeit über den Hydraulikanschluss 6 in den Hydraulikraum, mittels der Membran 3 reduziert.

[0025] In Schritt D) wird das konstruktiv unvermeidliche Restvolumen des Staubraumes entspannt und der Pumpenzyklus beginnt mit Schritt A von vorne.

[0026] Beim Ansaugen des Schüttgutes liegt der Druck im Staubraum 1 circa 0,01 bis 0,08 MPa unterhalb dem Druck im Vorlagebehälter 11 (Förderdifferenzdruck). In einer besonderen Ausgestaltung der Erfindung wird der Unterdruck in dem Staubraum 1 erzeugt, indem Unterdruck über den Gasanschluss 5 angelegt wird. Hierbei wird während des pneumatischen Einförderns von Staub in den Staubraum über das Evakuieren des Staubraumes mittels einer Vakuumpumpe der Förderdifferenzdruck erzeugt. Der über den Gasanschluss (5) angelegte Unterdruck gleicht dem Betrag nach dem Förderdifferenzdruck oder ist ebenso groß wie der Förderdifferenzdruck.

[0027] Da ein einzelner Pumpenkopf 14 chargenweise (diskontinuierlich) arbeitet, werden, wie in FIG 3 dargestellt, mehrere Pumpenköpfe zu einem Staubbumpensystem zusammengeschaltet, wobei ein kontinuierlicher Staubbförderstrom erzielt werden kann. Hierfür sind mindestens 2 Pumpenköpfe angeordnet. Je nach geforderter Durchsatzleistung und Verfügbarkeitsanforderungen können beliebig viele Pumpenköpfe zusammengeschaltet werden. Sind eine Mehrzahl von n Pumpenköpfen angeordnet, können diese um $2n/n$ des Pumpenzyklus gegeneinander phasenverschoben betrieben werden. Neben dem Vorteil der kontinuierlichen Staubbförderung kann hierbei das Hydraulikaggregat bei gegebener Durchsatzleistung kleiner dimensioniert werden, als es bei diskontinuierlichem Betrieb der Fall wäre. Bei dieser Ausgestaltung werden auch die Auswirkungen auf das Druckregime des Verbrauchers 20 reduziert.

[0028] Ein Flugstromvergaser wird mit 100 t/h bei 5 MPa Vergasungsdruck mit Kohlestaub versorgt. Der Druckverlust zwischen Staubbpumpe und Vergaser beträgt 1 MPa, womit der Förderdruck bei 6 MPa liegt. Das Staubbumpensystem ist mit $n=10$ Stück Pumpenköpfen ausgestattet. Ein Pumpenkopf leistet somit 10 t/h. Die Zykluszeit eines Pumpenkopfes beträgt 20 s, wodurch sich ein erforderliches Volumen des Staubraumes zu $0,15 \text{ m}^3$ und der Ansaug-Volumenstrom zu $270 \text{ m}^3/\text{h}$ ergibt. Das Hydraulikaggregat arbeitet bei einem Betriebsdruck von 30 MPa und mit einem Volumenstrom von $54 \text{ m}^3/\text{h}$. Da beim Bespannen und Ausfördern weiter Gas zugegeben wird, entspricht der Druckfördervolumenstrom $300 \text{ m}^3/\text{h}$. Es ergibt sich ein Hochdruck-Gasbedarf von circa $16.000 \text{ Nm}^3/\text{h}$. Dies entspricht einer elektrischen Antriebsleistung des Gasverdichters von circa 2,36 MW. Für ein konventionelles Schleusensystem wären etwa das 2,3-fache, nämlich $36.800 \text{ Nm}^3/\text{h}$ und 5,43 MW an Verdichterleistung erforderlich. Mit einem Wirkungsgrad des Hydraulikaggregates von 80% ergibt sich die elektrische Leistungsaufnahme der Staubbpumpe zu 0,5 MW. In diesem Beispiel wird mit dem hier vorgestellten Staubbumpenprozess gegenüber einem konventio-

nellen Schleusensystem 2,57 MW an Elektroenergie oder $20.800 \text{ Nm}^3/\text{h}$ Hochdruck-Fördergas eingespart.

[0029] In einer besonderen Ausgestaltung der Erfindung sind die Armaturen, nämlich das Auslassventil 7 und das Einlassventil 8, in verschleißfester Ausführung gegeben.

[0030] In einer besonderen Ausgestaltung der Erfindung erfolgt die Bespannung beziehungsweise Entspannung des Staubraumes 1 mit Gas über eine großflächige, gasdurchlässige Auflockerungsfläche 4, die für das staubförmige Schüttgut dicht ist.

[0031] In einer besonderen Ausgestaltung der Erfindung ist am Boden des Staubraumes 1 eine großflächige, gasdurchlässige Auflockerungsfläche 4 integriert, durch welche die Ein- und Ausläufe des zu fördernden Staubes hindurchtreten.

[0032] In einer besonderen Ausgestaltung der Erfindung ist die Auflockerungsfläche im Verhältnis zur Innenfläche des Staubraumes nach Möglichkeit groß gewählt (mindestens 30% der Innenfläche des Staubraumes), wodurch sich geringere Gasgeschwindigkeiten im Schüttgut ergeben und eine Komprimierung des Schüttgutes vermieden wird.

[0033] In einer besonderen Ausgestaltung der Erfindung liegt beim Ausfördern des Schüttgutes der Druck im Staubraum circa 0,1 bis 1 MPa über dem Druck des Empfangsbehälters aber auch Dosiergefäß 20.

[0034] In einer besonderen Ausgestaltung der Erfindung ist das Hydrauliksystem in eine Primär- und Sekundärhydraulik unterteilt, wobei die Primärhydraulik mit der Membran 3 verbunden ist und von der Sekundärhydraulik über einen Druckübersetzer angetrieben wird. Das Druckübersetzungsverhältnis (Primärdruck/Sekundärdruck) mag circa 2 bis 30 betragen. Die Primär- und Sekundärhydraulik können mit unterschiedlichen Hydraulikflüssigkeiten betrieben werden. Der Druckübersetzer kann als Druckübersetzerkolben ausgeführt sein. Der Druckübersetzer kann durch eine Rückstellfeder rückstellbar ausgeführt sein, wobei die Rückstellfeder als mechanische Feder oder als pneumatische Gasdruckfeder ausgeführt sein kann.

[0035] In einer besonderen Ausgestaltung der Erfindung sind mindestens zwei Pumpenköpfe zu einem System kombiniert, deren Druckförderleitungen 18 zusammengeführt 19 sind, was eine unterbrechungsfreie Schüttgutförderung ermöglicht.

[0036] In einer besonderen Ausgestaltung der Erfindung geht aus dem Vorlagebunker 11 eine Saugförderleitung 17 ab, die sich auf mehrere Pumpenköpfe verzweigt.

[0037] Die vorliegende Erfindung wurde zu Illustrationszwecken anhand von konkreten Ausführungsbeispielen im Detail erläutert. Dabei können Elemente der einzelnen Ausführungsbeispiele auch miteinander kombiniert werden. Die Erfindung soll daher nicht auf einzelne Ausführungsbeispiele beschränkt sein, sondern lediglich eine Beschränkung durch die angehängten Ansprüche erfahren.

Bezugszeichenliste

[0038]

1	Staubraum	5
2	Hydraulikraum	
3	Membran	
4	Gasdurchlässige Auflockerungsfläche, staubdichter Filter	
5	Gasanschluss	10
6	Hydraulikanschluss	
7	Auslassventil	
8	Einlassventil	
9	Drucktragendes Gehäuse	
10	Membran-Führungsstange	15
11	Vorlagebunker	
12	Hydraulikaggregat	
13	Druckübersetzer	
14	Pumpenkopf	
15	Primärhydraulik	20
16	Sekundärhydraulik	
17	Pneumatische Saugleitung	
18	Pneumatische Druckleitung	
19	Zusammenführung	
20	Verbraucher, Empfänger (z. B. Flugstromvergaser, Kohlenstaubbrenner)	25
21	Schüttgut	
22	Gas	

Patentansprüche

1. Membranpumpe zur pneumatischen Hochdruckförderung von 1 bis 10 MPa fluidisierter Stäube bei der

- ein druckfestes Gehäuse (9) gegeben ist,
 - das Volumen in dem Gehäuse durch eine waagrecht (horizontal) angeordnete Membran (3) in einen unteren Staubraum (1) und einen oberen Hydraulikraum (2) getrennt ist,
 - der Staubraum von unten einen durch eine Einlassarmatur (8) absperrbaren Zugang für den Staub aufweist,
 - der Staubraum von unten einen durch eine Auslassarmatur (7) absperrbaren Abgang für den Staub aufweist,
 - am Boden des Staubraums eine gasdurchlässige Auflockerungsfläche (4) angeordnet ist, die mit einem Gasanschluss (5) verbunden ist,
 - der Hydraulikraum mit einem Hydraulikanschluss (6) für die Zuführung beziehungsweise Abführung von Hydraulikflüssigkeit verbunden ist.

2. Membranpumpe nach Anspruch 1
dadurch gekennzeichnet, dass
 die Membran (3) über eine Führungsstange (10) zentrisch geführt ist.

3. Membranpumpe nach einem der vorstehenden Ansprüche
dadurch gekennzeichnet, dass
 der Hydraulikanschluss (6) über einen Druckübersetzer (13) mit einem Hydraulikaggregat (12) verbunden ist.

4. Membranpumpe nach Anspruch 3
dadurch gekennzeichnet, dass
 der Druckübersetzer (13) als Druckübersetzerkolben ausgeführt ist.

5. Membranpumpe nach einem der vorstehenden Ansprüche
dadurch gekennzeichnet, dass
 sie auf gleicher Höhe wie der Vorlagebunker (11) angeordnet ist.

6. Membranpumpe nach einem der vorstehenden Ansprüche
dadurch gekennzeichnet, dass
 sie mehrfach angeordnet ist.

7. Membranpumpe nach einem der vorstehenden Ansprüche
dadurch gekennzeichnet, dass
 der Zugang für den Staub und der Abgang für den Staub die Auflockerungsfläche (4) durchdringen.

8. Verfahren zur pneumatischen Hochdruckförderung von fluidisierten Stäuben mit einer Membranpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 7, in einer Staubbördereinrichtung,
 bei dem

- die Staubbördereinrichtung einen Vorlagebunker (11) aufweist,
 - der Vorlagebunker (11) eine Schüttung von fluidisiertem Staub beinhaltet,
 - der Auslass des Vorlagebunkers (11) über eine pneumatische Saugleitung (17) mit der Einlassarmatur (8) der Membranpumpe verbunden ist, demzufolge
 - die Membran (3) hydraulisch nach oben ausgelenkt wird, ein Unterdruck in dem Staubraum (1) erzeugt wird und über die geöffnete Einlassarmatur (8) fluidisierter Staub in den Staubraum (1) angesaugt wird,
 - die Einlassarmatur (8) geschlossen wird,
 - der Staubraum (1) mit Gas über den Gasanschluss (5) auf den erforderlichen Hochdruck bespannt wird,
 - die Auslassarmatur (7) geöffnet wird,
 - der Staub unter Gaszugabe über den Gasanschluss (5) aus dem Staubraum (1) herausbefördert wird, während gleichzeitig das Volumen des Staubraums durch hydraulische Auslenkung der Membran (3) nach unten reduziert

wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8
dadurch gekennzeichnet, dass
der Staubraum (1) entspannt wird. 5
10. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche 8 bis 9 und Anspruch 6
dadurch gekennzeichnet, dass
die Pumpenzyklen der Membranpumpen phasen- 10
versetzt zueinander ablaufen.
11. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche 7 bis 10
dadurch gekennzeichnet, dass 15
der Unterdruck in dem Staubraum (1) erzeugt wird, indem Unterdruck über den Gasanschluss (5) angelegt wird.
12. Verfahren nach Anspruch 11
dadurch gekennzeichnet, dass
über den Gasanschluss (5) ein Unterdruck angelegt 20
wird, der dem Betrag nach dem Förderdifferenzdruck gleicht.
13. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche 8 bis 12
dadurch gekennzeichnet, dass
der Vorlagebunker (11) unter Atmosphärendruck 25
steht. 30

Claims

1. Diaphragm pump for the pneumatic high-pressure 35
delivery of 1 to 10 MPa fluidized dusts, in which:
 - a pressure-tight housing (9) is provided,
 - the volume in the housing is divided by a levelly 40
(horizontally) arranged diaphragm (3) into a lower dust chamber (1) and an upper hydraulic chamber (2),
 - the dust chamber has, from below, an entrance for the dust which can be shut off by means of an inlet fitting (8), 45
 - the dust chamber has, from below, an exit for the dust which can be shut off by means of an outlet fitting (7),
 - at the base of the dust chamber, there is arranged a gas-permeable loosening surface (4) 50
which is connected to a gas port (5),
 - the hydraulic chamber is connected to a hydraulic port (6) for the supply and discharge of hydraulic fluid. 55
2. Diaphragm pump as claimed in claim 1,
characterized in that
the diaphragm (3) is guided centrally by means of a

guide rod (10) .

3. Diaphragm pump as claimed in any one of the preceding claims,
characterized in that
the hydraulic port (6) is connected via a pressure intensifier (13) to a hydraulic assembly (12).
4. Diaphragm pump as claimed in claim 3,
characterized in that
the pressure intensifier (13) is designed as a pressure intensifier piston.
5. Diaphragm pump as claimed in any one of the preceding claims,
characterized in that
the diaphragm pump is arranged at the same height as the hopper (11).
6. Diaphragm pump as claimed in any one of the preceding claims,
characterized in that
the diaphragm pump is provided in a manifold arrangement.
7. Diaphragm pump as claimed in any one of the preceding claims,
characterized in that
the entrance for the dust and the exit for the dust pass through the loosening surface (4).
8. Method for the pneumatic high-pressure delivery of fluidized dusts by means of a diaphragm pump as claimed in any one of claims 1 to 7, in a dust delivery device,
in which
 - the dust delivery device comprises a hopper (11),
 - the hopper (11) contains fluidized dust in bulk material form,
 - the outlet of the hopper (11) is connected via a pneumatic suction line (17) to the inlet fitting (8) of the diaphragm pump, whereupon
 - the diaphragm (3) is hydraulically deflected upward, a negative pressure is generated in the dust chamber (1) and fluidized dust is drawn into the dust chamber (1) via the opened inlet fitting (8),
 - the inlet fitting (8) is closed,
 - the dust chamber (1) is charged to the required high pressure with gas via the gas port (5),
 - the outlet fitting (7) is opened,
 - the dust is delivered out of the dust chamber (1) by means of a feed of gas via the gas port (5), while at the same time the volume of the dust chamber is reduced by hydraulic deflection

of the diaphragm (3) downward.

9. Method as claimed in claim 8, **characterized in that** the dust chamber (1) is relieved of pressure. 5
10. Method as claimed in any one of the preceding claims 8 to 9 and claim 6, **characterized in that** the pump cycles of the diaphragm pumps take place in a phaseoffset manner with respect to one another. 10
11. Method as claimed in any one of claims 7 to 10, **characterized in that** the negative pressure in the dust chamber (1) is generated by virtue of negative pressure being applied via the gas port (5). 15
12. Method as claimed in claim 11, **characterized in that** a negative pressure equal in magnitude to the delivery pressure differential is applied via the gas port (5). 20
13. Method as claimed in any one of the preceding claims, **characterized in that** the hopper (11) is at atmospheric pressure. 25

Revendications

1. Pompe à membrane pour le refoulement pneumatique à haute pression par 1 à 10 MPa de poussières fluidisées, dans laquelle 35
 - est prévu un boîtier résistant à la pression (9),
 - le volume dans le boîtier est séparé par une membrane (3) perpendiculaire (horizontale) en une chambre à poussière inférieure (1) et une chambre hydraulique supérieure (2), 40
 - la chambre à poussière présente une entrée par le bas pour la poussière qui peut être fermée par un raccord d'entrée (8),
 - la chambre à poussière présente une sortie par le bas pour la poussière qui peut être fermée par un raccord de sortie (7), 45
 - une surface de décompactage perméable aux gaz (4) est disposée dans le fond de la chambre à poussière et est reliée à un raccord de gaz (5), 50
 - la chambre hydraulique est reliée à un raccord hydraulique (6) pour l'alimentation et l'évacuation d'un liquide hydraulique.
2. Pompe à membrane selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** la membrane (3) est guidée de façon centrée par une tige de guidage (10). 55

3. Pompe à membrane selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** le raccord hydraulique (6) est relié à une unité hydraulique (12) par un multiplicateur de pression (13).
4. Pompe à membrane selon la revendication 3, **caractérisée en ce que** le multiplicateur de pression (13) est conçu comme un piston multiplicateur de pression.
5. Pompe à membrane selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce qu'elle** est disposée à la même hauteur que la trémie d'alimentation (11).
6. Pompe à membrane selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce qu'elle** est présente plusieurs fois.
7. Pompe à membrane selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** l'entrée pour la poussière et la sortie pour la poussière traversent la surface de décompactage (4).
8. Procédé de refoulement pneumatique à haute pression de poussières fluidisées à l'aide d'une pompe à membrane selon l'une des revendications 1 à 7, dans un dispositif de refoulement de poussières, dans lequel 30
 - le dispositif de refoulement de poussière présente une trémie d'alimentation (11),
 - la trémie d'alimentation (11) comprend un déversement de poussière fluidisée,
 - la sortie de la trémie d'alimentation (11) est reliée au raccord d'entrée (8) de la pompe à membrane par une conduite d'aspiration pneumatique (17), procédé selon lequel 35
 - la membrane (3) est déviée hydrauliquement vers le haut, un vide est généré dans la chambre à poussière (1) et la poussière fluidisée est aspirée dans la chambre à poussière (1) via le raccord d'entrée ouvert (8),
 - le raccord d'entrée (8) est fermé,
 - la chambre à poussière (1) est remplie de gaz par l'intermédiaire du raccord de gaz (5) à la haute pression requise,
 - le raccord de sortie (7) est ouvert,
 - la poussière est transportée hors de la chambre à poussière (1) en ajoutant du gaz par l'intermédiaire du raccord de gaz (5), tandis qu'en même temps le volume de la chambre à poussière est réduit par en déviant hydrauliquement la membrane (3) vers le bas.
9. Procédé selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** la chambre à poussière (1) est dépressurisée.

10. Procédé selon l'une des revendications précédentes 8 à 9 et la revendication 6, **caractérisé en ce que** les cycles de pompage des pompes à membrane se déroulent de façon déphasée les uns par rapport aux autres. 5
11. Procédé selon l'une des revendications précédentes 7 à 10, **caractérisé en ce que** la dépression est générée dans la chambre à poussière (1) en appliquant une dépression via le raccord de gaz (5). 10
12. Procédé selon la revendication 11, **caractérisé en ce qu'une** dépression égale à la valeur après la pression différentielle de refoulement est appliquée par l'intermédiaire du raccord de gaz (5). 15
13. Procédé selon l'une des revendications précédentes 8 à 12, **caractérisé en ce que** la trémie d'alimentation (11) est à la pression atmosphérique. 20
- 25
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55

FIG 1

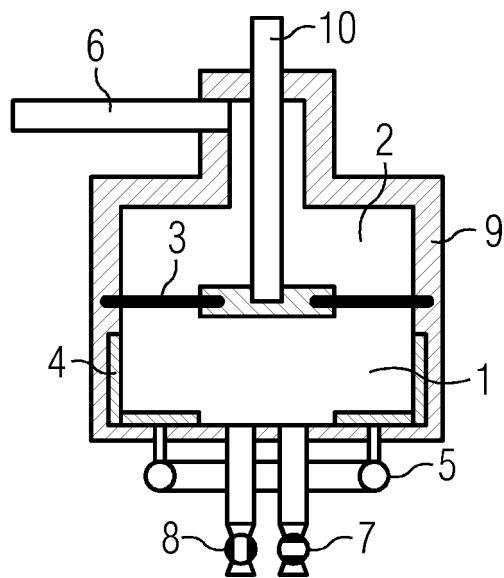


FIG 2A

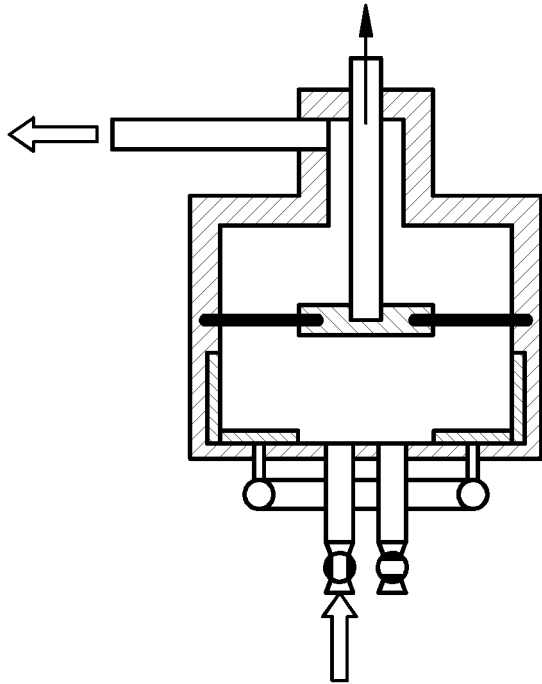


FIG 2B

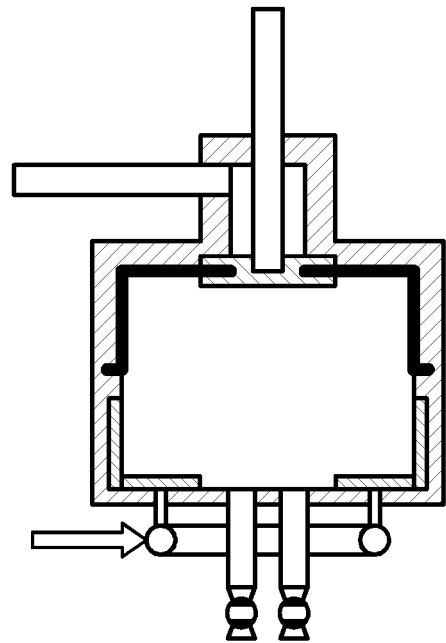


FIG 2C

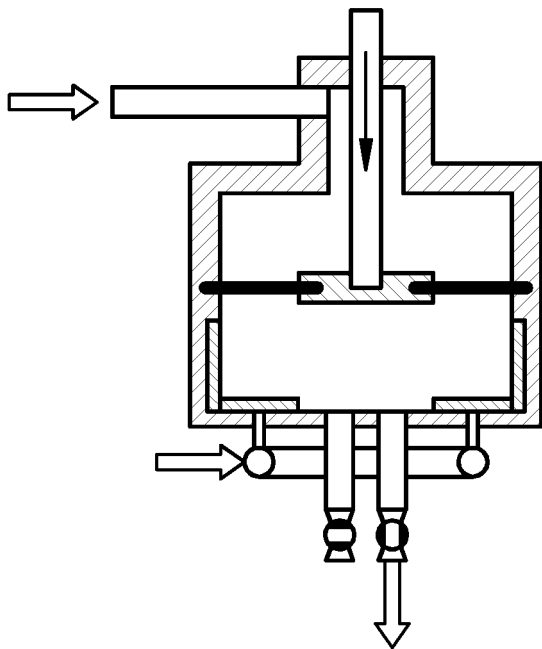


FIG 2D

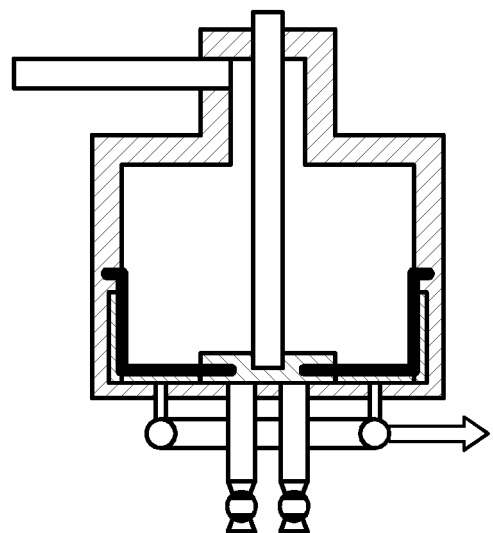
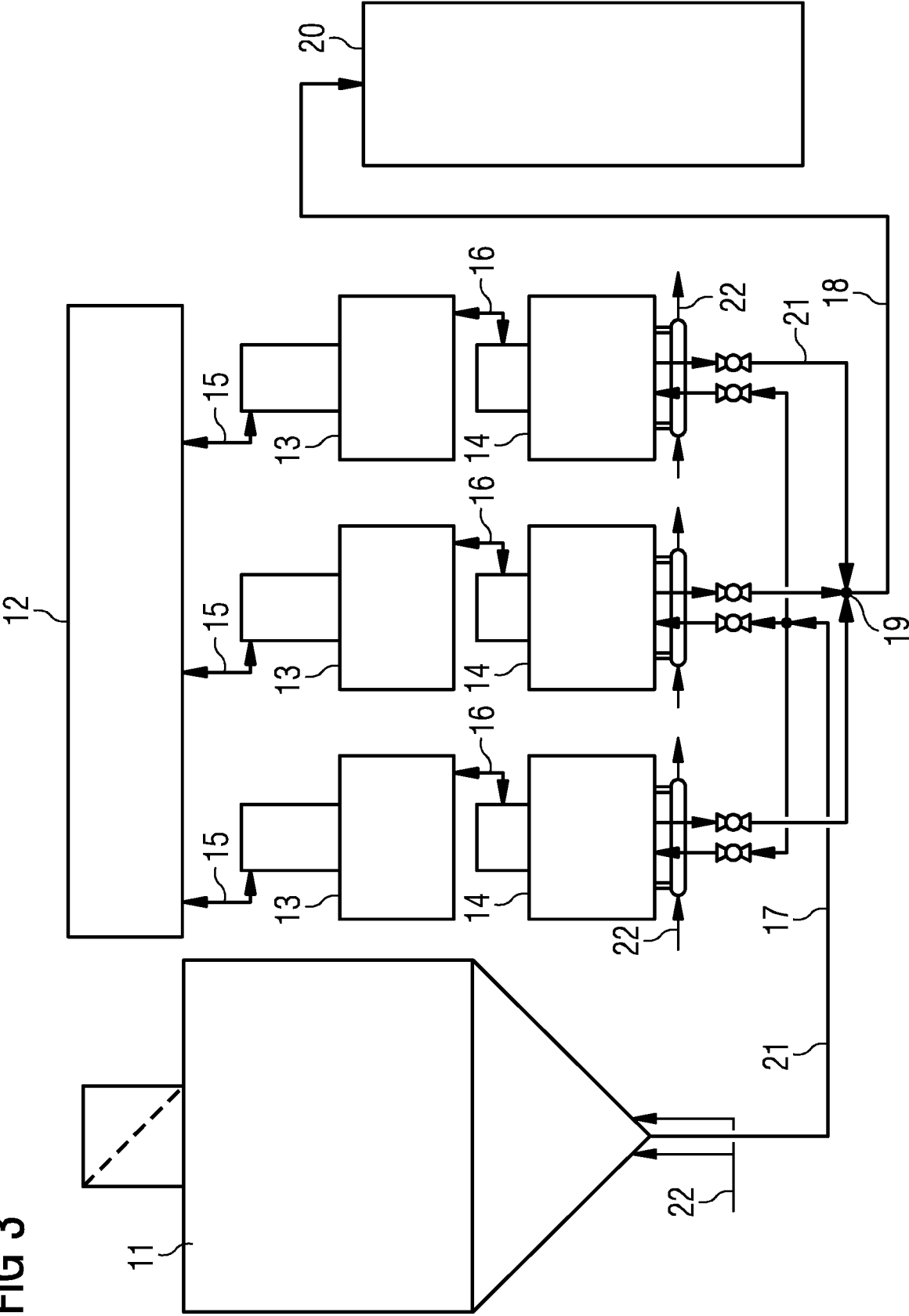


FIG 3



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

- DD 000000081606 A1 [0002]
- DE 000003035745 A1 [0002]
- DE 000000656009 A [0002]
- DE 000000650988 A [0002]
- DE 000000615779 A [0002]
- DE 000000596565 A [0002]
- DE 000000568999 A [0002]
- DE 000000551066 A [0002]
- DE 000000485635 A [0002]
- DE 000000449676 A [0002]
- DE 000000427455 A [0002]
- DE 102009016191 B4 [0002]
- DE 102009016191 A1 [0002]
- DE 102008049542 B4 [0002]
- DE 102008049542 A1 [0002]
- DE 102008007033 A1 [0002]
- WO 002010037601 A1 [0002]
- WO 002009095290 A3 [0002]
- WO 002009095290 A2 [0002]
- DE 3909800 A1 [0002]
- DE 102005047583 B4 [0003]
- DD 147188 A3 [0003]
- DE 102008052673 A1 [0003]
- US 000008851406 B2 [0003]
- US 020100021247 A1 [0003]
- DE 000001008201 A [0004]
- DE 000001175653 A [0004]
- DE 000002722931 A1 [0004]
- DE 102008009679 A1 [0004]
- DE 102011007066 A1 [0004] [0013]
- US 6447216 B [0006]
- CH 466134 [0007]