

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: 83112262.7

51 Int. Cl.³: **B 01 F 13/02**
B 65 D 88/72

22 Anmeldetag: 06.12.83

30 Priorität: 09.12.82 DE 3245542

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
20.06.84 Patentblatt 84/25

84 Benannte Vertragsstaaten:
BE DE FR GB IT

71 Anmelder: **CLAUDIUS PETERS AKTIENGESELLSCHAFT**
Kapstadtring 1
D-2000 Hamburg 60(DE)

72 Erfinder: **Krauss, Werner, Dipl.-Ing.**
De Beern 30
D-2000 Hamburg 72(DE)

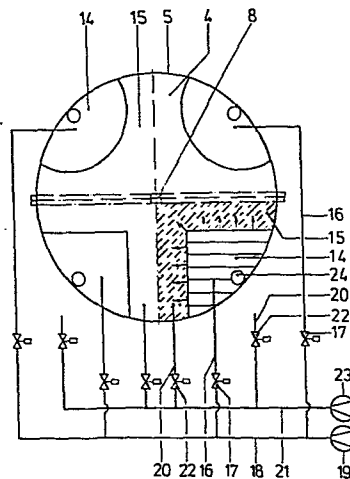
72 Erfinder: **Vogt, Heinrich, Dipl.-Ing.**
Inne Beek 9
D-2150 Buxtehude(DE)

74 Vertreter: **Glawe, Delfs, Moll & Partner Patentanwälte**
Postfach 26 01 62 Liebherrstrasse 20
D-8000 München 26(DE)

54 **Mischsilo zum pneumatischen Homogenisieren von feinkörnigem oder staubförmigem Gut.**

57 Mischsilo zum pneumatischen Homogenisieren von feinkörnigem oder staubförmigem Gut, dessen Boden wechselnd mit Druckluft beaufschlagbare Gruppen von Belüftungszonen aufweist, die derart betreibbar sind, daß in jeder Gruppe eine teilweise von der äußeren Silobodenbegrenzung begrenzte Bodenzone stark und eine zwischen den stark belüftbaren Bodenzone gelegene Bodenzone ausschließlich schwach belüftet wird. Eine den gesamten Siloinhalt schrittweise gleichmäßig erfassende Umwälzung bei geringem Energiebedarf wird dadurch erreicht, daß die ausschließlich schwach belüftbare Bodenzone sternförmig die stark belüftbaren Bodenzone voneinander trennt und daß der Auslauf als Überlauf ausgebildet ist.

Fig 1



Claudius Peters
Aktiengesellschaft,
Hamburg

Mischsilo zum pneumatischen
Homogenisieren von feinkörnigem
oder staubförmigem Gut

p 10897/83 EU
D/fi/ho

RICHARD GLAWE
DR.-ING.

WALTER MOLL
DIPL.-PHYS. DR. RER. NAT.
ÖFF. BEST. DOLMETSCHER

8000 MÜNCHEN 26
POSTFACH 162
LIEBHERRSTR. 20
TEL. (0 89) 22 65 48
TELEX 5 22 505 SPEZ
TELECÓPIER (0 89) 22 39 38

KLAUS DELFS
DIPL.-ING.

ULRICH MENGDEHL
DIPL.-CHEM. DR. RER. NAT.
HEINRICH NIEBUHR
DIPL.-PHYS. DR. PHIL. HABIL.

2000 HAMBURG 13
POSTFACH 25 70
ROTHENBAUM-
CHAUSSEE 58
TEL. (040) 4 10 20 08
TELEX 21 29 21 SPEZ

HAMBURG

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Mischsilo zum pneumatischen Homogenisieren von feinkörnigem oder staubförmigem Gut, dessen Boden wechselnd mit Druckluft beaufschlagbare Gruppen von Belüftungszonen aufweist, die derart betreibbar sind, daß in jeder Gruppe eine teilweise von der äußeren Silobodenbegrenzung begrenzte Bodenzone stark und eine zwischen den stark belüftbaren Bodenzonen gelegene Bodenzone ausschließlich schwach belüftet wird, und dessen Auslauf außerhalb des Silobodens angeordnet ist.

Als pneumatisches Homogenisieren bezeichnet man ein hochwertiges Mischverfahren, bei welchem das in einem Silo enthaltene, durch Belüftung fluidisierte Schüttgut umgewälzt wird, indem man es über einer stark belüfteten Bodenzone aufsteigen und über einer anderen, schwächer belüfteten Bodenzone absinken läßt (DE-AS 1 138 608). Da Homogenisiersilos, die für eine Umwälzung des gesamten Siloinhalts eingerichtet sind, einen sehr hohen Energiebedarf haben, zieht man häufig Misch-

kammersilos (DE-AS 15 07 888) in Verbindung mit vorgeschalteten Mischbetteinrichtungen vor, wobei der langfristige Zusammensetzungsausgleich der Silos vornehmlich auf Schwerkraftmischung beruht. Jedoch sind auch Mischbetteinrichtungen sehr aufwendig. Man hat daher das Homogenisiersilo wieder aufgegriffen und versucht, dessen Energiebedarf dadurch zu senken, daß man nicht ständig den gesamten Siloinhalt durchmischt, sondern nur Teilbereiche desselben. Bei einem bekannten Mischsilo wird eine zentrale Bodenzone ständig stark belüftet, während aus dem Ring der umliegenden Sektoren wechselweise jeweils zwei gegenüberliegende Sektoren schwach belüftet werden, während die übrigen Sektoren unbelüftet sind (DE-AS 2 108 418). Zwar läßt sich dadurch eine wesentliche Energieersparnis erreichen, jedoch läßt der Gutumlauf und damit die Mischwirkung zu wünschen übrig. Dies hängt damit zusammen, daß der über einer jeweils belüfteten Gruppe von Bodenzonen in Bewegung zu setzende Gutbereich sehr schmal und hoch in der Art eines scheibenförmigen Teils des Siloraums angeordnet ist und daher sehr hohe Bewegungshindernisse an den umgebenden Gutsmassen vorfindet. Zum einen verlangt dies wieder einen vergleichsweise erhöhten Energieaufwand, um die Bewegung hinreichend gleichmäßig in Gang zu setzen, und zum anderen besteht die Gefahr, daß aufgrund der Reibungshindernisse unzurechenbare Teile des Guts an der Mischbewegung nicht oder nur unzureichend teilnehmen. Diese Gefahr ist insbesondere in den Außenbezirken des Siloraums groß, weil innerhalb der nur schwach belüfteten Gutsbereiche große horizontale Strecken zurückzulegen sind. - Ein weiterer Nachteil des bekannten Silos besteht darin, daß Separationserscheinungen nicht ausgeschlossen werden können, weil die Strömungsbedingungen für das Gut in den Außenbezirken und im zentralen Bereich äußerst unterschiedlich sind. Dem könnte nur durch stärkeren Energieeinsatz entgegengewirkt werden, der aber gerade vermieden werden soll. - Es sind auch noch andere Anordnungen bekannt, in denen die Bodenbelüftung auf einen Teilbereich, bestehend aus einem außen liegenden

Bodensektor und einer zentralen Bodenzone, beschränkt ist und bei denen die Umwälzbewegung sich ebenfalls auf einen scheibenförmigen Teil des Silovolumens beschränkt. Wenn sich dieser auch nicht wie bei der vorgenannten Ausführung diametral durch den ganzen Siloraum erstreckt, ist er doch seitlich zwischen toten Materialmassen eingeschlossen und findet das sich darin bewegendes Material hohe Reibungswiderstände vor mit den daraus sich ergebenden, oben geschilderten Nachteilen (DE-OS 19 06 018; DE-PS 11 52 876).

Ein weiterer Grund für Energieverlust bei bekannten Mischsilos besteht darin, daß ein wesentlicher Teil der für die Fluidisierung des Guts bestimmte Luft durch die Auslauföffnung entweicht und damit verloren ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Silo der eingangs genannten Art zu schaffen, der bei geringem Energieaufwand eine gute Homogenisierung liefert.

Die erfindungsgemäße Lösung besteht darin, daß die ausschließlich schwach belüftbare Bodenzone sternförmig die stark belüftbaren Bodenzonen voneinander trennt und daß der Auslauf als Überlauf ausgebildet ist.

Im Gegensatz zu den bekannten Silos, bei welchen ein stark belüfteter außenliegender Bodensektor durch die zugehörige schwach belüftbare Bodenzone linear zum Silozentrum hin verlängert wird, ist gemäß der Erfindung die stark belüftbare Bodenzone dort, wo sie nicht von der Silowand begrenzt ist, allseitig von schwach belüftbaren Bodenzonen umgeben. Dadurch ist das darüber befindliche Raumvolumen, in welchem sich das Gut aufgrund der Belüftung bewegt, nicht scheibenförmig sondern im Horizontalquerschnitt kompakt gestaltet. Dies hat zur Folge, daß die Horizontalwege, die das Gut aus den schwach

belüfteten Bereichen in den stark belüfteten Bereich zurücklegen muß, vergleichsweise kurz sind. Außerdem ist bei dieser Bewegung nicht der Reibungswiderstand von beiderseits das bewegte Raumvolumen eingrenzenden, toten Gutmassen zu überwinden. Unbelüftetes Gut befindet sich vielmehr ausschließlich an denjenigen Begrenzungsflächen des bewegten Gutbereichs, an denen das Gut sich über der schwach belüfteten Zone absenkt. - Ferner hat die Erfindung den Vorteil, daß die Auflockerungsluft nicht in Bodennähe, wo die ohnehin kritische Horizontalbewegung von der schwach belüfteten zur stark belüfteten Zone stattfindet, durch die Gutauslauföffnung verlorenght. Zwar ist es bekannt, den Gutauslauf außerhalb der eigentlichen Belüftungsfläche anzuordnen (DE-PS 11 52. 876); dabei ist er jedoch bodennah in der Silowand bzw. in einem durch eine Silowandöffnung herausgezogenen Bodenteil vorgesehen, was einen kontinuierlichen Abzug des Guts während der wechselnd von Gruppe zu Gruppe umlaufenden Mischbelüftung ausschließt, weil das Gut dem Auslauf nur dann zuströmen kann, wenn entweder der gesamte Siloinhalt oder wenigstens der dem Auslauf benachbarte Bereich des Siloinhalts ständig belüftet ist. Außerdem würde entgegen dem Erfindungsgedanken ein Teil der in der benachbarten, stark belüfteten Bodenzone zugeführten Auflockerungsluft durch den Auslauf verlorenght, wenn dieser während des Mischbetriebs geöffnet würde.

Die erwähnte kompakte Querschnittsgestalt des gemäß der Erfindung jeweils einer Mischbewegung unterworfenen Raumteils steht in Widerspruch zu einer bislang allgemein beachteten Regel, daß eine befriedigende Umwälzbewegung in einem Teilbereich des Silos nur dann stattfinden könne, wenn das Verhältnis von Höhe zu Durchmesser des der Mischbewegung unterworfenen Raumteils nicht größer als etwa 1,5 bis maximal 2 ist. Wenn der Mischungsraum zu eng ist im Verhältnis zu seiner Höhe, wird nämlich die Abwärtsbewegung des Guts über den schwächer belüfteten Zonen

durch das aufgrund starker Belüftung vehement aufwärtsströmende Gut behindert mit der Folge, daß nur noch eine Art sprudelnder Verwirbelung, nicht aber eine Umwälzbewegung zustande kommt. Wenn im Rahmen der Erfindung nur ein im Querschnitt kompakter Teil des gesamten Siloinhalts bei unverändert großer Höhe umgewälzt wird, ergeben sich jedoch sehr schlanke Raumverhältnisse für den zu erwartenden Umwälzbereich; denn im Vergleich mit dem gesamten Siloraum wird die Querabmessung des an der Mischung teilnehmenden Bereichs etwa halbiert. Man mußte deshalb befürchten, daß eine hinreichende Umwälzbewegung sich nicht einstellen würde. Überraschenderweise hat sich jedoch gezeigt, daß die befürchtete Hemmung der Umwälzbewegung nicht eintritt. Dies liegt daran, daß die Sinkbewegung des Guts nicht auf denjenigen Querschnittsbereich des Siloraums beschränkt ist, der sich oberhalb der schwach belüfteten Bodenzonen befindet. Auch das Gut über benachbarten, im Wechsel zuvor belüfteten Bodenzonen hat aufgrund der vorangegangenen Belüftung noch eine gewisse Fließfähigkeit, die es ihm gestattet, an der Sinkbewegung teilzunehmen. Der jeweils an der Mischbewegung teilnehmende Volumenanteil im Mischraum hat daher eine größere Querausdehnung als die zu seiner Belüftung eingesetzten Bodenzonen. Damit dieser Effekt sich einstellen kann, sollen die den einzelnen Gruppen zugeordneten, schwach belüfteten Zonen nicht voneinander getrennt sein. Dieser Ausdruck bedeutet, daß sie im wesentlichen unmittelbar aneinander angrenzen sollen oder sich sogar überlappen. Überlappung bedeutet in diesem Zusammenhang, daß eine bestimmte Zone zwei jeweils gesondert betriebenen Belüftungsgruppen angehört und also stets belüftet wird, wenn die eine oder die andere Gruppe betrieben wird. Jedoch hat sich eine solche Überlappung als im allgemeinen nicht notwendig erwiesen.

Die Einbeziehung benachbarter Bereiche in die Abwärtsbewegung hat auch den Vorteil, daß die Mischvorgänge über den einzelnen

Glawe, Delfs, Moll & Partner - p 10897/83

6

Belüftungsgruppen nicht isoliert ablaufen, sondern eine Quervermischung eintritt.

Zweckmäßigerweise ist nicht nur ein Überlauf für den Abzug des Guts vorgesehen sondern ist im Bereich jeder stark zu belüftenden Zone ein Überlauf vorgesehen, damit das Gut kontinuierlich während des Mischbetriebs abgezogen werden kann, nämlich jeweils aus demjenigen Überlauf, der über einer stark belüfteten Zone liegt. Die Überlaufanordnung stellt auch sicher, das nur gemischtes Gut den Auslauf erreicht. Ein Kurzschluß zwischen dem neu aufgegebenen, zu mischenden Gut und dem Auslauf findet nicht statt, weil das über der stark belüfteten Zone an die Gutoberfläche gehobene Gut seitlich zu den schwach bzw. nicht belüfteten Zonen hinabfließt und dabei auch das frisch aufgegebene Gut, von dem Auslauf weggerichtet, mitnimmt.

Das zu mischende Gut kann zentrisch aufgegeben werden. Zwecks gleichmäßigere Verteilung über den Ausgabequerschnitt können bekannte Verteileinrichtungen vorgesehen sein.

Das Verhältnis von Füllhöhe zu Durchmesser des Siloraums liegt zweckmäßigerweise zwischen 1 und 1,5 wie man dies von herkömmlichen, voll zu fluidisierenden Homogenisiersilos kennt.

Bei voll fluidisierten Homogenisiersilos wechselt man üblicherweise im Umlauf die stark und schwach belüfteten Quadranten, wobei die Taktzeit in der Größenordnung von 15 Minuten liegt. Im Gegensatz dazu wählt man bei dem erfindungsgemäßen Homogenisiersilo zweckmäßigerweise eine geringere Taktzeit, die nicht größer als 10, vorzugsweise nicht größer als 6 Minuten sein soll, um sicherzustellen, daß das in der Nachbarschaft der jeweils schwach belüfteten Zone befindliche Gut noch hinreichend bewegungsfähig ist, um sich der Senkbewegung anschließen zu können.

7

Die Erfindung wird im folgenden näher unter Bezugnahme auf die Zeichnung erläutert, die ein vorteilhaftes Ausführungsbeispiel veranschaulicht. Darin zeigen:

Fig. 1 eine Draufsicht auf den Siloboden
und

Fig. 2 einen vertikalen Längsschnitt durch
einen Doppelstocksilos, dessen oberer
Siloteil erfindungsgemäß ausgestaltet
ist.

Auf einem am unteren Siloteil 1, der mit Boden 2 und zylindrischer Wand 3 als Vorratssilo ausgebildet ist, befindet sich der erfindungsgemäß ausgebildete Siloteil 4 mit zylindrischen Wänden 5 und Boden 6, der mit Belüftungseinrichtungen 7 belegt ist. Der Boden 6 ist schwach zur Mitte hin geneigt, wo sich eine Auslaßöffnung 8 zum Entleeren des Mischsilos 4 in den Vorratssilo 1 befindet. Während des normalen Betriebs ist die Auslaßöffnung 8 geschlossen. Das zu mischende Gut ist dem Mischsilo 4 durch eine Zentralöffnung 9 in der Decke 10 zuführbar, die ggf. mit einem Prallteller 11 zur besseren Verteilung verbunden ist. Auf der Silodecke 10 ist ein Filter 12 mit Sauggebläse 13 für den Abzug der Auflockerungsluft angeordnet.

Glawe, Delfs, Moll & Partner - p 10897/83 EU

8

Wie man der Draufsicht Fig. 1 entnimmt, sind die Belüftungseinrichtungen 7 des Silobodens in Gestalt von vier quadrantenförmigen Belüftungsfeldern angeordnet, die jeweils eine der oben erwähnten Gruppen bilden. Sie sind jeweils aufgeteilt in eine stark zu belüftende Zone 14 und eine schwächer zu belüftende Zone 15, die in dem Feld rechts unten durch unterschiedliche Schraffur voneinander abgehoben sind. Die stark zu belüftende Zone 14 springt vom Umfang her in das jeweilige Belüftungsfeld vor. In den beiden in der unteren Hälfte der Darstellung gezeigten Feldern hat sie etwa dreiecksförmige Gestalt, während die beiden oberen Felder eine Ausführungsalternative mit etwa halbkreisförmiger Gestalt zeigen. Die schwach zu belüftende Zone umgibt die stark zu belüftende Zone auf deren der Mitte bzw. den anderen Feldern zugewandten Seite winkelförmig. Das Verhältnis der Flächengrößen der stark und schwach belüfteten Zonen liegt in der Größenordnung von etwa 1:2 bis 1:4.

Die stark zu belüftenden Zonen 14 jedes Belüftungsfeldes sind über Leitungen 16 mit Magnetventilen 17 und über eine Leitung 18 an ein erstes Gebläse 19 angeschlossen, während die schwächer zu belüftenden Zonen 15 jedes Feldes über Leitungen 20 und 21 und Magnetventile 22 an ein zweites Gebläse 23 angeschlossen sind. Das Gebläse 19 ist für den Luftbedarf je einer stark zu belüftenden Zone 14,

das Gebläse 23 für den einer schwach belüfteten Zone 15 ausgelegt. Die Magnetventile sind zeitlich so gesteuert, daß jeweils nur die Zonen 14,15 eines Belüftungsfeldes in Betrieb sind, und zwar für eine Zeitdauer von beispielsweise 5 Minuten. Danach werden sie umgeschaltet, so daß jedes Belüftungsfeld umlaufend oder in anderer Reihenfolge wechselnd aktiviert wird.

In jeder stark zu belüftenden Zone 14 befindet sich nahe der Silowand 5 ein vertikales Überlaufrohr 24, dessen Eingangsmündung sich in Höhe des gewünschten Füllstandes bei fluidisiertem Gut befindet. Die Überlaufrohre 24 können mit Verschlußorganen versehen sein, die in Übereinstimmung mit dem Wechsel der Belüftungsfelder gesteuert sind. Diese ist jedoch im allgemeinen nicht erforderlich, weil - wie in Fig. 2 angedeutet - der Füllstand über der jeweils stark belüfteten Zone höher ist als der über den anderen Zonen, so daß nur hier die Öffnung 25 des Überlaufrohrs 24 erreicht wird, während die Öffnungen der anderen Überlaufrohre höher liegen. Während, wie in Fig. 2 angedeutet, das Gut in der dem jeweils in Betrieb befindlichen Belüftungsfeld zugeordneten Überlaufrohr 24 nach unten strömt, gestatten die anderen Überlaufrohre den Gegenstrom der Luft aus dem Vorratssilo 1 in den Oberraum des Mischsilos 4.

Die während des Betriebes eines Belüftungsfeldes mit hoher Geschwindigkeit in der stark belüfteten Zone in das Gut einströmende Luft expandiert, während sie das über diese Zone befindliche Gut durchströmt. So ergibt sich ein durch hohe Luftzufuhr stark aufgelockerter Bereich 26 des Guts oberhalb der stark belüfteten Zone 14, dessen Querschnitt nach oben hin zunimmt auf Kosten des weniger stark belüfteten Bereichs 27 über der schwach belüfteten Zone 15.

Gleichwohl kommt es zur Ausbildung einer Umwälzströmung im Bereich 26 nach oben und im Bereich 27 nach unten, weil in den Bereich 27 des absinkenden Guts Bereiche 28 aus dem Gut oberhalb benachbarter Belüftungsfelder einbezogen werden. Die Grenzlinie zwischen dem im Umlauf befindlichen Schüttgut und dem nicht vom Umlauf erfaßten Gut verläuft etwa unter einem Winkel von 10-15° gegenüber der Vertikalen von den Grenzen der Belüftungszonen nach oben auswärts. Durch die Ausdehnung des Materials über der stark belüfteten Zone wird bewirkt, daß aus dem jeweils aktiven Quadranten homogenisiertes Gut an der Oberfläche über die unbelüfteten Quadranten überströmt. Dieses vertikale und horizontale Überströmen des Schüttguts aus einem Quadranten in die Nachbarquadranten wird erfindungsgemäß dadurch bestmöglich ausgenutzt, daß wesentlich häufiger von der Belüftung eines Quadranten zum nächsten umgeschaltet wird, als bei bekannten vollfluidisierten Quadranten-Homogenisiersilos. Während bei letzteren ein Belüftungszustand jeweils so lange beibehalten wurde, daß eine mehrfache Umwälzung zustande kam, kann im Zusammenhang der Erfindung die Taktzeit so stark herabgesetzt werden, daß jeweils nur eine Teilumwälzung erfolgt.

Da der Energieaufwand, der für die Aufrechterhaltung einer Umwälzung in Teilbereichen des Siloinhalts erforderlich ist, wesentlich geringer ist als der für die Vollhomogenisierung, kann der erfindungsgemäße Silo kontinuierlich betrieben werden und dennoch so groß bemessen werden, daß er die Mahlleistung einer für den Ausgleich langfristiger Zusammensetzungsschwankungen erforderlichen Zeitperiode, beispielsweise von 8 Stunden, aufnehmen kann. Der erfindungsgemäße Silo ist auch wartungsarm, weil er einerseits im Aufbau einfach ist und andererseits der Aufwand für

Steuerung und Transporteinrichtungen gering ist.

Die Belüftung in den jeweils nicht in Betrieb befindlichen Quadranten wird im allgemeinenvollständig abgeschaltet. Jedoch kann es in Sonderfällen zweckmäßig sein, auch sie noch schwach zu belüften, allerdings so wesentlich schwächer als selbst die schwach belüfteten Zonen des jeweils in Betrieb befindlichen Quadranten, daß man sie im Hinblick auf die Umwälzfunktion als nicht belüftet ansehen kann.

Es ist zwar im allgemeinen zweckmäßig, die stark belüfteten Zonen bis unmittelbar an die Silowandung heranzuführen. Jedoch kann es Fälle geben, in denen eine schmale Grenzzone zwischen den stark zu belüftenden Zonen und der Wand vorgesehen wird, die selbst nicht oder schwach belüftet wird.

Patentansprüche

1. Mischsilo zum pneumatischen Homogenisieren von feinkörnigem oder staubförmigem Gut, dessen Boden (6) wechselnd mit Druckluft beaufschlagbare Gruppen von Belüftungszonen (14, 15) aufweist, die derart betreibbar sind, daß in jeder Gruppe eine teilweise von der äußeren Silobodenbegrenzung (5) begrenzte Bodenzone (14) stark und eine zwischen den stark belüftbaren Bodenzonen (14) gelegene Bodenzone (15) ausschließlich schwach belüftet wird, und dessen Auslauf außerhalb des Silobodens angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, daß die ausschließlich schwach belüftbare Bodenzone (15) sternförmig die stark belüftbaren Bodenzonen (14) voneinander trennt und daß der Auslauf als Überlauf (25) ausgebildet ist.
2. Silo nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß über jeder stark belüftbaren Bodenzone (14) ein Überlauf (25) vorgesehen ist.
3. Silo nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis von Füllhöhe zu Durchmesser des Siloraums zwischen 0,7 und 1,5 liegt.
4. Silo nach einem der Ansprüche 1 bis 3, gekennzeichnet durch eine zentrische Aufgabe des zu mischenden Guts.

0111294

Glawe, Delfs, Moll & Partner - p 10897/83 EU

13

5. Silo nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Taktzeit der Umschaltung der Belüftung von einem Belüftungsfeld zum nächsten nicht größer als 10 insbesondere nicht größer als 6 Minuten ist.

Fig.1

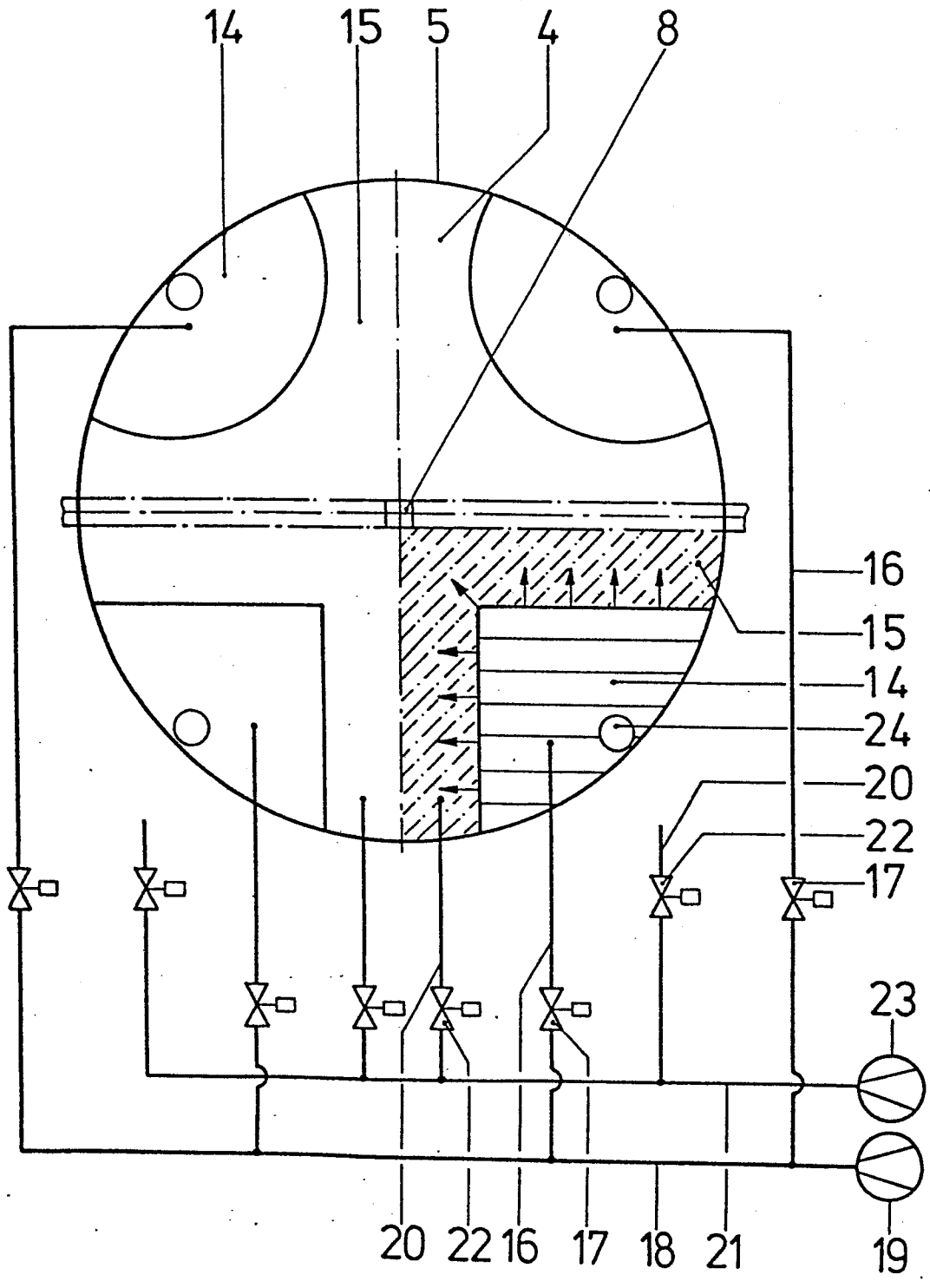


Fig. 2

2/2

