



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
24.06.2015 Patentblatt 2015/26

(51) Int Cl.:
F26B 17/12 (2006.01) **F26B 21/10 (2006.01)**
F26B 25/04 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **14004216.9**

(22) Anmeldetag: **15.12.2014**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(72) Erfinder:
• **Kühnau, Holger**
78465 Konstanz (DE)
• **Kaupel, Thomas**
61169 Friedberg (DE)

(30) Priorität: **18.12.2013 DE 102013022092**

(74) Vertreter: **Kohl, Karl-Heinz**
Stuttgarterstrasse 115
70469 Stuttgart (DE)

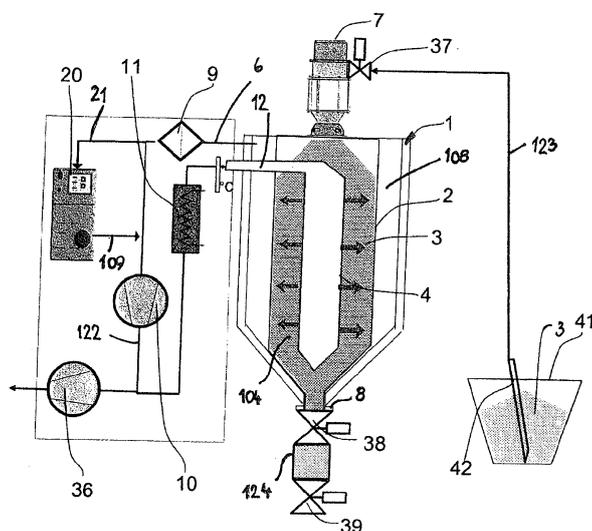
(71) Anmelder: **Motan Holding GmbH**
78467 Konstanz (DE)

(54) **Verfahren zum Trocknen und/oder Kristallisieren von Schüttgut sowie Anlage zur Durchführung eines solchen Verfahrens**

(57) Das Verfahren dient zum Trocknen und/oder Kristallisieren von Schüttgut (3), insbesondere von Kunststoffgranulat. Das in wenigstens einem Trocknungsraum (104) befindliche Schüttgut (3) wird mit einem Trocknungsmedium durchströmt. Der Trocknungsraum (104) mit dem Schüttgut (3) wird zumindest für einen Teil der Trocknungszeit unter Unterdruck gesetzt. In Verbindung mit dem Durchströmen des Schüttgutes (3) durch das Trocknungsmedium ergibt sich eine optimale Trock-

nung des Schüttgutes (3) innerhalb kürzester Zeit. Die Anlage zur Durchführung des Verfahrens hat wenigstens einen Trocknungsbehälter (1) für das Schüttgut (3), an den wenigstens eine Zuführleitung (12) für das Trocknungsmedium und wenigstens eine Rückluftleitung (6) angeschlossen sind. Mit wenigstens einem Unterdruckzeug (36) wird zumindest der Trocknungsraum (104) im Trocknungsbehälter (1) zumindest für einen Teil der Trocknungszeit unter Unterdruck gesetzt.

Fig 7



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Trocknen und/oder Kristallisieren von Schüttgut, insbesondere von Kunststoffgranulat, nach dem Oberbegriff des Anspruches 1 sowie eine Anlage zur Durchführung eines solchen Verfahrens nach dem Oberbegriff des Anspruches 9.

[0002] Es ist bekannt, Schüttgüter durch einen trockenen Gasstrom zu erwärmen und zu trocknen, indem das Schüttgut im vertikalen Trocknungsbehälter kontinuierlich oder batchweise oben in den Trocknungsbehälter eingebracht und unten in gleicher Weise wieder abgeführt wird. Der Trocknungsbehälter ist vorzugsweise stets vollständig mit Schüttgut gefüllt. Das zum Trocknen des Schüttgutes herangezogene Trocknungsmedium wird in der Regel von unten in den Trocknungsbehälter eingeleitet und im Gegenstrom durch das Schüttgut geführt. Das Schüttgut sowie die im Schüttgut enthaltene Feuchtigkeit werden durch das Trocknungsmedium erwärmt, das die Feuchte aus dem Schüttgut austreibt.

[0003] Das Trocknungsmedium, das im Gegenstrom von unten nach oben durch das Schüttgut strömt, entfeuchtet das Schüttgut nur langsam, weil das von unten eingeleitete Trocknungsmedium auf dem Weg durch den Trocknungsbehälter Energie abgibt und dadurch die Temperatur des Trocknungsmediums auf dem Weg durch das Schüttgut ebenfalls abnimmt. Dadurch ergibt sich im Trocknungsbehälter ein Temperaturgradient des Schüttgutes, der sich am Energieeintrag über das warme Trocknungsmedium orientiert. Bei einer geringen spezifischen Trocknungsmediumsmenge auf den Schüttgutdurchsatz bezogen wird die Temperatur nach oben hin im Trocknungsbehälter stärker abnehmen als bei hoher spezifischer Luftmenge. Da das Trocknungsmedium beim Durchgang durch das Schüttgut auch Feuchtigkeit aus dem Schüttgut aufnimmt, wird das Trocknungsmedium auf dem Weg durch das Schüttgut feuchter, wodurch die Trocknungsleistung zusätzlich abnimmt.

[0004] Um das Schüttgut rascher zu trocknen, sind auch Trocknungsbehälter bekannt, die zwei Rohre aufweisen, zwischen denen ein Schüttgutraum gebildet wird und die jeweils als gelochte Rohre ausgebildet sind. Das Trocknungsmedium wird in das innere Rohr eingebracht. Es strömt durch die Löcher des inneren Rohres nach außen, durchströmt das Schüttgut und nimmt hierbei Feuchtigkeit aus dem Schüttgut auf und erwärmt es. Das Trocknungsmedium strömt dann durch die Löcher des äußeren Rohres in den Behälterinnenraum aus und strömt zu einem Auslass. Da das Trocknungsmedium das Schüttgut quer zur Achse des Trocknungsbehälters durchströmt, ergeben sich nur kurze Trocknungszeiten. Aufgrund der Querströmung wird erreicht, dass in jeder Ebene die gleiche Trocknungstemperatur und damit auch der gleiche minimale Taupunkt des Trocknungsmediums vorhanden ist.

[0005] Es sind weiter Einrichtungen zur Trocknung und Kristallisation von Kunststoffen bekannt, bei denen die Kunststoffe in einem Wirbelbett mit einer sehr hohen Trocknungsmediumsmenge von unten durchströmt werden. Das Schüttgut wird dabei angehoben und verhält sich dann wie ein Fluid. Diese Verfahrensweise erfolgt vorzugsweise im Batchverfahren, bei dem immer nur die im Trocknungsbehälter befindliche Schüttgutmenge behandelt und anschließend vollständig abgeführt wird. Kontinuierliche Verfahren sind bei diesen Einrichtungen nur möglich, wenn sich zum Beispiel bei Materialien die spezifische Dichte durch die Behandlung so stark ändert, dass sie etwa durch einen Windsichter getrennt werden können. Das Einsatzgebiet dieser Einrichtungen ist darum beschränkt.

[0006] Ferner ist es bekannt, das Schüttgut unter Vakuum zu trocknen. Die hierfür eingesetzten Einrichtungen werden meistens nur batchweise betrieben. Es wird hierbei eine Materialmenge in einer Station erwärmt, in einer nächsten Station mittels Vakuum oder unter Druck getrocknet und nach der Trocknung aus einem Vorlagebehälter der Verarbeitung in atmosphärischer Umgebung dem Verarbeitungsprozess wieder zugeführt.

[0007] Es sind auch Vorrichtungen bekannt, mit denen die Entfeuchtung kontinuierlich durchgeführt wird. Dabei werden die Verfahrensschritte in hintereinander geschaltete Teilverfahren unterteilt. Das Schüttgut wird zunächst erwärmt und zum Beispiel mittels einer Zentralschleuse in einen Vakuumbehälter gefördert. Unterhalb des Vakuumbehälters befindet sich eine weitere Schleuse, mit der das Material nach der Behandlung im Vakuumbehälter wieder ausgeleitet wird.

[0008] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, das gattungsgemäße Verfahren und die gattungsgemäße Anlage so auszubilden, dass die Trocknungszeiten für das Schüttgut bei einfacher konstruktiver Ausbildung und Verfahrensführung erheblich verkürzt werden können.

[0009] Diese Aufgabe wird beim gattungsgemäßen Verfahren erfindungsgemäß mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruches 1 und bei der gattungsgemäßen Anlage erfindungsgemäß mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruches 9 gelöst.

[0010] Beim erfindungsgemäßen Verfahren wird der Trocknungsraum, in dem sich das Schüttgut für die Behandlung befindet, zumindest für einen Teil der Trocknungszeit unter Unterdruck gesetzt. In Verbindung mit dem Durchströmen des Schüttgutes durch das Trocknungsmedium ergibt sich eine optimale Trocknung des Schüttgutes innerhalb kürzester Zeit.

[0011] Vorteilhaft ist es, wenn das Schüttgut abwechselnd mit dem Trocknungsmedium und mit Unterdruck beaufschlagt wird. Das Trocknungsmedium wird in einer ersten Phase durch das Schüttgut geleitet. In einer zweiten Phase wird die Zufuhr des Trocknungsmediums unterbrochen und über eine Ventilsteuerung die Anlage so umgeschaltet, dass zumindest im Trocknungsraum ein Unterdruck entsteht, der für eine bestimmte Zeit aufrechterhalten wird. Die Zeitdauer kann fest vorgegeben sein, aber auch in Abhängigkeit von einem gemessenen Feuchtegrad variiert werden. Nach

Ablauf der Unterdruckphase wird mittels der Ventilsteuerung die Anlage wieder umgeschaltet, so dass das Trocknungsmedium durch das Schüttgut strömt.

[0012] Aufgrund des stetigen Wechsels zwischen der Unterdruckphase und der Erwärmungs- bzw. Trocknungsphase ergibt sich eine optimale Trocknung des Schüttgutes.

[0013] Das Schüttgut kann auch gleichzeitig mit dem Trocknungsmedium und mit Unterdruck beaufschlagt werden. Dies wird vorteilhafterweise dadurch erreicht, dass ein zusätzlicher Unterdruckerzeuger, vorzugsweise ein Gebläse, verwendet wird, mit dem eine Befülleinrichtung des Trocknungsbehälters in den Systemkreislauf geschaltet wird. Der Unterdruck verstärkt die Dampfdruckdifferenz zwischen dem Trocknungsmedium und dem zu trocknenden Schüttgut, was zu einer kurzen Trocknungszeit vorteilhaft beiträgt.

[0014] Vorteilhaft wird das Trocknungsmedium im Kreislauf durch den Trocknungsbehälter geführt. Ein Teil des Trocknungsmediums wird nach dem Durchströmen des Schüttgutes einer Entfeuchtungseinrichtung zugeführt. Da stets nur ein Teil des Trocknungsmediums der Entfeuchtungseinrichtung zum Entfeuchten zugeführt wird, kann der Energieaufwand gering gehalten werden.

[0015] Da die Entfeuchtungseinrichtung vorteilhaft nur in einem Nebenstrom angeordnet ist, muss nicht die gesamte Menge an Trocknungsmedium entfeuchtet werden. Vorteilhaft wird zwischen der Ausleitung und der Zuleitung des Teilstroms des Trocknungsmediums ein Wärmetauscher eingesetzt, um die im Teilstrom des Trocknungsmediums enthaltene Wärmeenergie optimal zu nutzen.

[0016] Vorteilhaft wird der in der Entfeuchtungseinrichtung entfeuchtete Teil des Trocknungsmediums dem zum Trocknungsbehälter strömenden Trocknungsmedium wieder zugeführt.

[0017] Bei einer vorteilhaften Verfahrensführung wird die Temperatur des Trocknungsmediums durch wenigstens eine Heizeinrichtung und wenigstens einen Temperaturfühler über eine Regeleinrichtung auf eine an das Schüttgut angepasste Temperatur eingestellt.

[0018] Bei der erfindungsgemäßen Anlage ist wenigstens ein Unterdruckerzeuger vorgesehen, der zumindest den Trocknungsraum des Trocknungsbehälters unter Unterdruck setzt.

[0019] Vorteilhaft ist der Unterdruckerzeuger ein Gebläse, an dessen Saugseite eine Befülleinrichtung für das Schüttgut angeschlossen ist.

[0020] Bei einer bevorzugten Ausführungsform hat die Anlage eine Ventilsteuerung, mit der der Unterdruckerzeuger so umschaltbar ist, dass er aus dem Luftkreis der Anlage und dem Trocknungsbehälter Luft nach außen in den Umgebungsraum fördert. Dadurch entsteht im gesamten Strömungsraum und damit auch im Trocknungsraum ein Unterdruck.

[0021] Vorteilhaft ist an den Auslass des Trocknungsbehälters eine Materialschleuse angeschlossen, die zwei Ventile aufweist, zwischen denen ein Zwischenraum für das Schüttgut angeordnet ist. Bei einer solchen Ausbildung der Anlage ist es möglich, Schüttgut dem Trocknungsbehälter zu entnehmen, während in der Anlage Unterdruck anliegt.

[0022] Bei einer vorteilhaften Ausbildung ist der Auslass des Trocknungsbehälters über wenigstens eine Leitung mit einem Aufschmelzbereich einer Verarbeitungsmaschine für das Schüttgut verbunden. Der im Aufschmelzbereich herrschende Unterdruck sorgt dafür, dass ausgasende Feuchtigkeit oder andere flüchtige Stoffe noch am Beginn der Schmelzphase dem Schüttgut entzogen werden können.

[0023] Bei einer anderen erfindungsgemäßen Ausgestaltung ist der Trocknungsbehälter so ausgebildet, dass das Trocknungsmedium in den Trocknungsraum so eintritt, dass das Schüttgut im Trocknungsraum stets nur partiell mit dem Trocknungsmedium beaufschlagt wird. Das Trocknungsmedium wird so eingeleitet, dass es nur einen Teil des Schüttgutes im Trocknungsraum beaufschlagt.

[0024] Dadurch ist es möglich, das Trocknungsmedium mit einer hohen Geschwindigkeit in das Schüttgut strömen zu lassen, wodurch sich sehr kurze Trockenzeiten für das Schüttgut ergeben. Vorteilhaft wird das Trocknungsmedium quer zur Bewegungsrichtung des Schüttgutstromes im Trocknungsbehälter durch das Schüttgut geleitet, wodurch sich optimal kurze Trockenzeiten ergeben. Das Trocknungsmedium kann hierbei zur Trocknung und/oder zur Kristallisation des Schüttgutes nicht nur kontinuierlich, sondern auch phasenweise zugeführt werden. In diesem Fall kann das Trocknungsmedium mit besonders hoher Geschwindigkeit in das Schüttgut eingebracht werden. Diese phasenweise Prozessführung ermöglicht außerdem eine höhere Diffusionsgeschwindigkeit der Feuchtigkeit aus dem Schüttgut. Zudem wird durch die Ruhephasen zwischen dem Einbringen des Trocknungsmediums ein Nachrutschen des Schüttgutes erreicht, das andernfalls, insbesondere wenn eine sehr hohe Geschwindigkeit des Trocknungsmediums eingesetzt wird, im Trocknungsbehälter stehen bleiben könnte. Die gesamte Trocknungseinheit kann dadurch klein gebaut werden, was einen erheblichen Vorteil beim Handling des Schüttgutes mit sich bringt.

[0025] Vorteilhaft sind an einem der beiden Rohre des Trocknungsbehälters Einbauten vorgesehen, mit denen eine partielle Durchströmung des Schüttgutes durch das Trocknungsmedium vorgenommen wird.

[0026] Diese Einbauten können bei einer vorteilhaften Ausführungsform durch ein Innenrohr bzw. ein Außenrohr gebildet sein, das im inneren Rohr bzw. auf dem äußeren Rohr des Trocknungsbehälters drehbar gelagert ist.

[0027] Hierbei hat das Innen-/Außenrohr wenigstens eine, vorzugsweise mehrere Durchlassöffnungen für den Durchtritt des Trocknungsmediums. Über diese Durchtrittsöffnung kann das Trocknungsmedium in das Schüttgut strömen.

[0028] Das innere bzw. das äußere Rohr ist vorteilhaft ein gelochtes Rohr, dessen Löcher durch das Innenrohr bzw.

das Außenrohr, bis auf den Bereich der Durchlassöffnung(en), abgedeckt sind. Darum kann das Trocknungsmedium nur durch die Durchlassöffnung des drehbaren Innen- bzw. Außenrohres und die in diesem Bereich liegenden Löcher des inneren bzw. äußeren Rohres in das Schüttgut strömen. Die übrigen Löcher des inneren bzw. äußeren Rohres sind durch das Innen- bzw. das Außenrohr abgedeckt. Auf diese Weise lässt sich sehr einfach erreichen, dass das Schüttgut nur partiell mit dem Trocknungsmedium beaufschlagt wird. Da das Innen- bzw. das Außenrohr um seine Achse gedreht wird, gelangt der aus der Durchlassöffnung austretende Trocknungsmediumsstrom bei einer 360°-Drehung in alle Bereiche des Schüttgutes.

[0029] Die Durchlassöffnung des Innen- bzw. Außenrohres kann beispielsweise eine über die Länge des Rohres sich erstreckende, beispielsweise schlitzförmige Öffnung sein. Wird das Innen- bzw. Außenrohr um seine Achse gedreht, wird das Trocknungsmedium nacheinander über seine gesamte Höhe partiell durch das Trocknungsmedium beaufschlagt.

[0030] Es ist aber auch möglich, über die Höhe und/oder den Umfang des Innen-bzw. des Außenrohres mehrere Durchlassöffnungen vorzusehen. Auch in diesem Fall erfolgt bei einer 360°-Drehung des Innen- bzw. Außenrohres eine vollständige Beaufschlagung des Schüttgutes im Schüttgut-Ringraum.

[0031] Zum Drehen des Innen- bzw. Außenrohres ist ein Antrieb vorgesehen, der sich außerhalb, aber auch innerhalb des Trocknungsbehälters befinden kann.

[0032] Die Durchlassöffnung des Innen- bzw. Außenrohres ist vorteilhaft um ein Mehrfaches größer als die Löcher des inneren bzw. äußeren Rohres. Dadurch kann ein ausreichend breiter Strom von Trocknungsmedium in das zu trocknende Schüttgut geleitet werden.

[0033] Bei einer anderen vorteilhaften Ausführungsform wird als Einbauten wenigstens eine Blende verwendet, die im inneren Rohr oder auf dem äußeren Rohr axial verschiebbar ist. Das innere bzw. das äußere Rohr ist hierbei als gelochtes Rohr ausgebildet. Die Blende deckt die von ihr erfassten Löcher des Rohres ab, so dass durch diese abgedeckten Löcher des Rohres kein Trocknungsmedium hindurchtreten kann. Je nach Breite der Blende kann somit einfach festgelegt werden, wie groß der durch das innere Rohr austretende bzw. über das äußere Rohr eintretende Trocknungsmediumstrom ist. Die Blende wird in Axialrichtung des inneren bzw. äußeren Rohres verschoben, so dass nacheinander unterschiedliche Bereiche des inneren bzw. äußeren Rohres abgedeckt beziehungsweise unterschiedliche Bereiche für den Durchgang des Trocknungsmediums freigegeben werden. Auf diese Weise wird nach und nach das gesamte Schüttgut im Schüttgut-Ringraum vom Trocknungsmedium erfasst.

[0034] Die Blende ist vorteilhaft auf einer Kolbenstange befestigt, die in das innere Rohr bzw. in den Trocknungsbehälter ragt. Die Kolbenstange ihrerseits sitzt auf einem Kolben, der vorteilhaft Teil eines pneumatischen Antriebes ist.

[0035] Der Antrieb kann innerhalb oder außerhalb des Trocknungsbehälters angeordnet sein.

[0036] Als Antrieb für die Blende kann jeder geeignete Antrieb eingesetzt werden.

[0037] Vorteilhaft ist es, wenn im inneren Rohr oder auf dem äußeren Rohr zwei oder mehr mit Abstand voneinander liegende Blenden vorhanden sind, die vorteilhaft gemeinsam axial innerhalb des inneren Rohres oder auf dem äußeren Rohr verschiebbar sind. Das Trocknungsmedium kann dann im Bereich zwischen den hintereinander liegenden Blenden durch die Löcher des inneren bzw. äußeren Rohres in das Schüttgut eintreten.

[0038] Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform werden die Einbauten durch wenigstens einen Rührflügel gebildet, der vom inneren bzw. äußeren Rohr in den Schüttgut-Ringraum absteht. Das innere bzw. das äußere Rohr ist hierbei um seine Achse drehbar. Durch Drehen des Rohres wird das Schüttgut selbst einer Bewegung ausgesetzt. Dadurch gelangt das Trocknungsmedium in einen entsprechend aufgelockerten Bereich des Schüttgutes, wodurch die Bildung von Agglomeraten bei der Kristallisation des Schüttgutes verhindert wird.

[0039] Um eine optimale Wirkung zu erreichen, ist es hierbei vorteilhaft, wenn über die Länge des inneren bzw. äußeren Rohres mehrere Rührflügel vorgesehen sind. Das Schüttgut wird dann an mehreren Stellen gleichzeitig einer Bewegung ausgesetzt, was zur vorteilhaften kurzen Trocknungszeit beiträgt.

[0040] Damit das Schüttgut selbst nicht in Drehung versetzt wird, steht von der Innenwand des äußeren Rohres bzw. der Außenwand des inneren Rohres mindestens ein Flügel in den Schüttgut-Ringraum ab. Dieser Flügel ist im Unterschied zum Rührflügel stationär und verhindert, dass durch die Drehung des Rohres mit dem Rührflügel das Schüttgut in Drehung versetzt wird.

[0041] Der stationäre Flügel des einen Rohres überlappt, in Achsrichtung der beiden Rohre gesehen, den Rührflügel des anderen Rohres. Dadurch ist eine optimale Wirkung der beiden Flügel gewährleistet.

[0042] Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform ist der Rührflügel ein Hohlkörper, in den das Trocknungsmedium strömt und der wenigstens eine Ausströmöffnung für das Trocknungsmedium aufweist. In diesem Fall muss das Rohr nicht gelocht sein, da das Trocknungsmedium über den Hohlkörper und dessen Ausströmöffnung in das Schüttgut gelangt. Der Rührflügel dient somit nicht nur dazu, das Schüttgut in seinem Wirkungsbereich in Bewegung zu versetzen, sondern in diesem Bereich gezielt das Trocknungsmedium in das Schüttgut einzubringen.

[0043] Vorteilhaft kann der Durchmesser des gelochten inneren bzw. äußeren Rohres unterschiedlich gestaltet sein. Dies hat zur Folge, dass die radiale Breite des Schüttgut-Ringraumes variiert werden kann. Dadurch wird die Dicke des Schüttgutes verändert und die Relativbewegung des einzelnen Schüttgutgranulates bei geringer Schüttgutdicke stark

erhöht. Dies führt in vorteilhafter Weise zu einer verminderten Agglomeratbildung beim Kristallisieren. Zudem wird dadurch die Trocknungsdauer erheblich verringert.

[0044] Bei einer anderen erfindungsgemäßen Ausbildung ist das innere bzw. äußere Rohr ein gelochtes Rohr, das mittels eines Antriebes um seine Achse drehbar ist. Bei dieser Gestaltung des Trocknungsbehälters sind keine Rührflügel notwendig, um das Schüttgut in Bewegung zu versetzen.

[0045] Der Anmeldungsgegenstand ergibt sich nicht nur aus dem Gegenstand der einzelnen Patentansprüche, sondern auch durch alle in den Zeichnungen und der Beschreibung offenbarten Angaben und Merkmale. Sie werden, auch wenn sie nicht Gegenstand der Ansprüche sind, als erfindungswesentlich beansprucht, soweit sie einzeln oder in Kombination gegenüber dem Stand der Technik neu sind.

[0046] Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den weiteren Ansprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen.

Fig. 1 in schematischer Darstellung eine Anlage zur Trocknung und zum Aufheizen von Kunststoffgranulat mit einem erfindungsgemäßen Trocknungsbehälter,

Fig. 1a einen Radialschnitt durch den Trocknungsbehälter gemäß Fig. 1,

Fig. 1b einen Axialschnitt durch den Trocknungsbehälter gemäß Fig. 1,

Fig. 2a im Radial- und im Axialschnitt eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Trocknungsbehälters in einer ersten Durchströmrichtung des Trocknungsmediums,

Fig. 2b den Trocknungsbehälter gemäß Fig. 2a in einer zweiten Durchströmrichtung des Trocknungsmediums,

Fig. 2c im Radial- und im Axialschnitt eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Trocknungsbehälters,

Fig. 3 im Radial- und im Axialschnitt ein weiteres Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Trocknungsbehälters,

Fig. 3a in einem Radial- und in einem Axialschnitt eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Trocknungsbehälters,

Fig. 4 und 5 weitere Ausführungsformen von erfindungsgemäßen Trocknungsbehältern in Darstellungen entsprechend Fig. 2a,

Fig. 6 bis 8 jeweils in schematischer Darstellung entsprechend Fig. 1 Ausführungsbeispiele von erfindungsgemäßen Anlagen zur Trocknung und zum Aufheizen von Kunststoffgranulat,

Fig. 9a im Radial- und im Axialschnitt eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Trocknungsbehälters in einer ersten Durchströmrichtung des Trocknungsmediums,

Fig. 9b den Trocknungsbehälter gemäß Fig. 9a in einer zweiten Durchströmrichtung des Trocknungsmediums,

Fig. 10 bis Fig. 12 weitere Ausführungsformen von erfindungsgemäßen Anlagen.

[0047] Die Anlage dient dazu, durch eine schnelle Erwärmung und eine besondere Prozessführung die Durchlaufzeit zur Trocknung und/oder zur Kristallisation von Schüttgut in einem Trocknungsbehälter wesentlich zu reduzieren. Die Anlage gemäß Fig. 1 hat wenigstens einen Trocknungsbehälter 1, der einen zylindrischen Mantel 101 aufweist, der in einen konischen Mantel 102 am unteren Ende des Behälters 1 übergeht. Im konischen Mantel 102 befindet sich am unteren Ende ein Auslass 8, über den das im Behälter 1 getrocknete Schüttgut 3 entnommen wird.

[0048] Mittig im Behälter 1 befinden sich zwei koaxial zueinander liegende Rohre 2 und 4. Das äußere Rohr 2 erstreckt sich von einer den zylindrischen Mantel 101 am oberen Ende abschließenden Decke 103 bis zum konischen Mantel 102. Das innere Rohr 4 hat Abstand von der Decke 103 sowie vom konischen Mantel 102 des Heizbehälters 1.

[0049] Das zu trocknende Schüttgut 3 wird über eine Befüllleinrichtung 7 von der Decke 103 aus in einen Ringraum 104 eingebracht, der sich zwischen den beiden Rohren 2, 4 erstreckt. Damit das Schüttgut 3 nicht in das innere Rohr

4 gelangt, ist es nach oben geschlossen. Auch nach unten ist das innere Rohr 4 so abgedichtet, dass das Schüttgut 3 auch nicht über das untere Ende in das innere Rohr 4 gelangen kann. Die Befülleinrichtung 7 sitzt auf der Decke 103 auf und ist in bekannter Weise ausgebildet. Sie hat wenigstens einen Förderbehälter 105, der auf dem zu befüllenden Behälter 1 angebracht ist. Die Befülleinrichtung 7 ist weiter mit einer Vakuumstation 106 versehen, die über wenigstens

5 eine Leitung 107 mit dem Förderbehälter 105 verbunden ist. Das Schüttgut befindet sich in wenigstens einem (nicht dargestellten) Sammelbehälter, der als Silo, als Kiste oder als beliebiges Behältnis ausgebildet sein kann, das sich mit Schüttgut befüllen lässt.

[0050] Das Schüttgut wird über die Befülleinrichtung 7 von oben in den Ringraum 104 zwischen den beiden Rohren 2, 4 eingebracht, bis der Behälter 1 maximal gefüllt ist. Der Auslass 8 ist in bekannter Weise geschlossen, beispielsweise

10 mittels eines Schiebers. Das Schüttgut 3 kann im Behälter 1 rasch erwärmt werden, wobei im Schüttgut befindliche Feuchtigkeit entzogen wird. Auch ist es möglich, mit dem Behälter 1 Schüttgüter, wie z. B. PET (Polyäthylenterephthalat), vom amorphen in den kristallinen Zustand zu überführen. Sobald das Schüttgut 3 im Behälter 1 ausreichend behandelt worden ist, wird es über den Auslass 8 aus dem Behälter 1 abgelassen. Das behandelte Schüttgut 3 kann kontinuierlich oder chargenweise dem Behälter 1 entnommen werden. Entsprechend der dem Behälter 1 entnommenen Menge an

15 Schüttgut wird mit der Befülleinrichtung 7 neues Schüttgut vorteilhaft stets so nachgefüllt, dass der Ringraum 104 immer vollständig gefüllt ist.

[0051] Der Durchsatz an Schüttgut 3 wird so eingestellt, dass sich das Schüttgut 3 eine definierte Zeit im Ringraum 104 befindet. Diese Verweilzeit im Ringraum 104 liegt vorzugsweise zwischen etwa 0,2 und etwa 8 Stunden. Die Verweildauer ist auf die Art des Schüttgutes und/oder auf dessen Feuchtegehalt abgestimmt. Die Verweildauer wird so

20 gewählt, dass das Schüttgut einen optimalen Trocknungsgrad hat, ohne dass das Schüttgut infolge einer zu langen und/oder zu hohen Trocknungstemperatur geschädigt wird, beispielsweise anschniltz. Hat das Schüttgut einen hohen Feuchtegehalt, ist die Verweildauer im Ringraum 104 länger als bei einem weniger feuchten Schüttgut.

[0052] Die beiden Rohre 2, 4 sind als gelochte Rohre ausgebildet, so dass die Trockenluft, die zum Trocknen des Schüttgutes 3 erforderlich ist, durch die Öffnungen der Rohre an das Schüttgut gelangen bzw. aus dem Schüttgut

25 herausströmen kann. Die Öffnungen der Rohre 2, 4 sind kleiner als die Korngröße des Schüttgutes, so dass das Schüttgut aus dem Ringraum 104 nicht durch das äußere Rohr nach außen bzw. durch die Öffnungen des inneren Rohres 4 in das innere Rohr gelangen kann.

[0053] Die zum Behandeln des Schüttgutes erforderliche Trockenluft wird über eine Leitung 12 dem Innenrohr 4 zugeführt. Die Trockenluft wird mittels wenigstens einer Heizeinrichtung 11 auf die erforderliche Trocknungstemperatur

30 gebracht, falls dies notwendig sein sollte. Als Trocknungsmedium wird bevorzugt Trockenluft eingesetzt, kann aber auch ein beliebiges geeignetes Trockengas sein. In der Leitung 12 sitzt ein Temperaturfühler 50, mit dem die Temperatur des Trocknungsmediums vor dem Eintritt in den Behälter 1 erfasst werden kann.

[0054] Der Heizeinrichtung 11 vorgeschaltet ist ein Gebläse 10, das das Trockenmedium dem Behälter 1 zuführt.

[0055] Das Trockenmedium gelangt über die Leitung 12 in das innere Rohr 4. Das Trockenmedium strömt über die

35 Länge und über den Umfang des inneren Rohres 4 durch dessen Öffnungen radial nach außen, was durch die eingezeichneten Strömungspfeile kenntlich gemacht ist. Das Trockenmedium durchströmt das im Ringraum 104 befindliche Schüttgut radial und gelangt durch die Öffnungen des äußeren Rohres 2 in einen Ringraum 108, der radial vom äußeren Rohr 2 und dem zylindrischen Mantel 101 des Behälters 1 begrenzt ist. Beim Durchtritt durch das Schüttgut 3 nimmt das Trockenmedium die Feuchtigkeit auf. Nahe dem Deckenbereich des Behälters 1 ist eine Rückführleitung 6 angeschlossen, über die die mit Feuchtigkeit beladene Rückluft mittels des Gebläses 10 abgesaugt wird. Diese mit Feuchtigkeit

40 beladene Rückluft strömt durch einen Filter 9 und wird dem Gebläse 10 zugeführt. Ein Teil der Rückluft wird über eine Leitung 21 abgezweigt, um diesen Teil einer Entfeuchtungseinrichtung 20 zuzuführen. In der Leitung 21 sitzt ein Wärmetauscher 22, dem ein Kühler 23 nachgeschaltet ist. Er wird vorteilhaft mit Kühlwasser betrieben und kühlt die Rückluft ab. Anschließend gelangt die Rückluft in die Entfeuchtungseinrichtung 20, mit der in bekannter Weise die Feuchtigkeit

45 der Teilmenge der Rückluft entzogen wird. Der entfeuchtete Teil der Rückluft strömt über eine Leitung 24 über einen zweiten Teil des Wärmetauschers 22 zurück in die Rückführleitung 6, in der sich der gekühlte und entfeuchtete Teil der Rückluft mit der unmittelbar über die Leitung 6 dem Gebläse zuströmenden Rückluft, die nicht entfeuchtet und gekühlt ist, vermischt. Da nur ein Teil der Rückluft aus dem Behälter 1 über die Leitung 21 abgezweigt wird, kann der Energiebedarf zur Kühlung und/oder Entfeuchtung klein gehalten werden.

[0056] Anstelle der Entfeuchtungseinrichtung 20 kann zum Entfeuchten der Rückluft beispielsweise entspannte Druckluft oder ein anderer Entfeuchtungsprozess eingesetzt werden, der es ermöglicht, die Rückluft zu entfeuchten.

[0057] Auf die beschriebene Weise wird das Trocknungsmedium im Kreislauf durch die Anlage geführt, wobei stets nur ein Teil der mit Feuchtigkeit beladenen Rückluft dem Entfeuchtungsprozess unterworfen wird. Zur Bestimmung der

55 Feuchtigkeit in der Rückführleitung 6 dient ein Feuchtesensor 51, der mit der Entfeuchtungseinrichtung 20 über eine Signalleitung 109 verbunden ist. Mit dem Feuchtesensor 51 kann der Feuchtegehalt im Trocknungsmedium so geregelt werden, dass er annähernd konstant bleibt oder einen vorgegebenen Feuchtegehalt nicht überschreitet. Um diese vorteilhafte Ausbildung zu erreichen, ist die Entfeuchtungseinrichtung 20 vorteilhaft regelbar. Die Regelung hat den Vorteil, dass der Rückluft nur dann Feuchtigkeit entzogen wird, wenn der in der Rückführleitung gemessene Feuchte-

gehalt den vorgeschriebenen Wert überschreitet. Sofern das Schüttgut 3 nur wenig Feuchtigkeit enthält, kann der Entfeuchtungsprozess sehr kosten- und energiesparend durchgeführt werden. Da sich das Trocknungsmedium beim Durchtritt durch das Schüttgut auch erwärmt, wird die Wärmeenergie mittels des Wärmetauschers 22 ausgenutzt.

[0058] Die Art des Trocknungsmediums hängt vom jeweiligen Schüttgut 3 ab. Für Schüttgüter, für deren Weiterverarbeitung eine geringe Restfeuchte nicht notwendig ist, reicht als Trocknungsmedium Außenluft aus. Sie wird mit der vorgesehenen Trocknungstemperatur durch das Schüttgut 3 in der beschriebenen Weise geleitet. Ist das Schüttgut durch stark hygroskopische Kunststoffe gebildet, für deren Weiterverarbeitung nur eine geringe Restfeuchte zulässig ist, reicht einfache Außenluft nicht aus. In diesem Falle wird Trockenluft oder ein anderes geeignetes Trockengas verwendet.

[0059] Der Feuchtesensor 51 kann seine Signale auch drahtlos der Entfeuchtungseinrichtung 20 übersenden.

[0060] Innerhalb des inneren Rohres 4 ist ein weiteres Rohr 4.1 eingebaut, das über einen Antrieb 5.2 drehbar angetrieben wird. Dieses Rohr 4.1 sitzt auf einer Welle 5.3, die mit dem Antrieb 5.2 antriebsverbunden ist. Der Antrieb 5.2 kann außerhalb oder auch innerhalb des Behälters 1 angeordnet sein. Als Antrieb 5.2 kann jeder geeignete Motor eingesetzt werden, vorzugsweise ein Elektromotor. Die Welle 5.3 und damit das Rohr 4.1 wird mit geringer Drehzahl um seine Achse gedreht. Die Drehzahl richtet sich nach der Art des im Ringraum 104 befindlichen Schüttgutes 3.

[0061] Das Innenrohr 4.1 hat nur geringen Abstand vom Innenmantel des inneren Rohres 4. Der Abstand ist nur so groß, dass sich das innere Rohr 4.1 zuverlässig um seine Achse drehen kann.

[0062] Wie aus Fig. 1 hervorgeht, ist das drehbare innere Rohr 4.1 mit Öffnungen 4.2 versehen, die im Ausführungsbeispiel hochkant angeordnete rechteckige Öffnungen sind. Die Öffnungen sind in Reihen übereinander angeordnet, die in Längsrichtung des Rohres 4.1 geringen Abstand voneinander haben. Innerhalb jedes Umfangsabschnittes können über den Umfang verteilt wenigstens zwei, aber auch mehr als zwei solcher Öffnungen 4.2 vorgesehen sein. Die Öffnungen 4.2 der einen Reihe sind gegenüber den Öffnungen 4.2 der benachbarten Reihe in Umfangsrichtung des Rohres 4.1 versetzt angeordnet. Im Ausführungsbeispiel liegen die Öffnungen 4.2 jeder zweiten Reihe auf gleicher axialer Höhe. Der Versatz der Öffnungen 4.2 in den einzelnen Reihen zueinander ist beliebig.

[0063] Die Formgebung der Öffnungen 4.2, ihre Anzahl sowie ihre Anordnung am Rohr 4.1 kann in Abhängigkeit vom zu trocknenden Schüttgut 3 gewählt werden. Mit dem Innenrohr 4.1 wird dafür gesorgt, dass das Schüttgut 3 nicht gleichmäßig über seine Höhe und seinen Umfang vom Trocknungsmedium durchströmt wird, sondern jeweils nur partiell. Da das Rohr 4.1 um seine Achse gedreht wird, gelangt das Trocknungsmedium an ständig wechselnden Stellen in das Schüttgut 3. Die Stellen des Rohres 4.1 außerhalb der Öffnungen 4.2 decken die Öffnungen des umgebenden Rohres 4 ab, so dass das über die Leitung 12 zugeführte Trocknungsmedium nur im Bereich der Öffnungen 4.2 radial nach außen in das Schüttgut 3 strömen kann. Da das Rohr 4.1 während des Trocknungs-/Kristallisationsvorganges um seine Achse dreht, erfolgt der Eintrag des Trocknungsmediums in das Schüttgut 3 an ständig wechselnden Stellen. Dadurch wird nicht das gesamte Schüttgut 3 über seine Höhe durch das Trocknungsmedium beaufschlagt, so dass derjenige Teil des Schüttgutes, der gerade nicht von Trockenluft durchströmt wird, in Ruhe bleibt. Dadurch wird ein zuverlässiges Nachrutschen des Schüttgutes 3 erreicht, so dass ein zuverlässiger Austrag des Schüttgutes über den Auslass 8 sichergestellt ist. Das Trocknungsmedium kann mit hoher Geschwindigkeit dem Schüttgut 3 zugeführt werden, so dass die Trockenzeit erheblich verkürzt wird. Hierzu trägt auch bei, dass das Schüttgut über seine Höhe radial vom Trocknungsmedium durchströmt wird.

[0064] Wie Fig. 1 für die eine Öffnung 4.2 zeigt, wird durch Drehen des Rohres 4.1 in Pfeilrichtung der austretende Trocknungsmediumsstrom 110 über 360° in das Schüttgut 3 geleitet. Im Bereich außerhalb der Öffnung 4.2 sind die Öffnungen im Rohr 4 durch das Rohr 4.1 abgedeckt, so dass an diesen Stellen kein Trocknungsmedium in das Schüttgut 3 gelangen kann. Da die Öffnungen 4.2 in mehreren Reihen übereinander angeordnet und zudem in Umfangsrichtung des Rohres 4.1 gegeneinander versetzt angeordnet sind, erfolgt auf diese Weise stets eine partielle Durchströmung des Schüttgutes 3 durch das Trocknungsmedium, das aus den jeweiligen Öffnungen 4.2 austritt. Durch eine solche Führung des Trocknungsmediums wird eine besonders effektive, nur wenig Zeit in Anspruch nehmende Trocknung bzw. Kristallisierung des Schüttgutes erreicht.

[0065] Wie aus Fig. 1a hervorgeht, ist in jedem Umfangsabschnitt des Rohres 4.1 jeweils nur eine Öffnung 4.2 vorgesehen. Je nach Anwendungsfall können in jedem Umfangsabschnitt auch zwei oder mehr Öffnungen 4.2 mit Abstand in Umfangsrichtung hintereinander vorgesehen sein. Eine solche Ausbildung des Rohres 4.1 bietet sich bei einem entsprechend großen Durchmesser des Rohres 4.1 bzw. 4 an.

[0066] Fig. 1b zeigt eine Variante, bei der sich der Antrieb 5.2 im Behältnis 1 befindet. Bei der in Fig. 1 dargestellten Ausführungsform liegt der Antrieb 5.2 außerhalb des Behältnisses.

[0067] Die partielle Luftzuführung über die Höhe des inneren Rohres 4 und über dessen Länge kann auch erreicht werden, wenn kein drehbares Innenrohr 4.1 eingesetzt wird (Fig. 2a und 2b). Bei dieser Ausführungsform ist im inneren Rohr 4 wenigstens eine rohrförmige Blende 4.3 vorgesehen, die axial innerhalb des Rohres 4 bewegbar ist. Im Ausführungsbeispiel sind im Rohr 4 vier mit Abstand übereinander liegende rohrförmige Blenden 4.3 vorgesehen, die auf einer gemeinsamen Kolbenstange 111 sitzen. Mit ihr können die Blenden 4.3 gemeinsam axial innerhalb des Rohres 4 verschoben werden. Die rohrförmigen Blenden haben nur geringfügigen Abstand von der Innenwand des Rohres 4, so

dass sich die Blenden 4.3 zuverlässig verstellen lassen. Der Abstand ist so gering bzw. der Bereich zwischen den Blenden 4.3 und der Innenwand des Rohres 4 so abgedichtet, dass das über die Leitung 12 in das Rohr 4 zugeführte Trocknungsmedium nicht zwischen die Innenwand des Rohres 4 und die Blenden 4.3 gelangen kann. Das Trocknungsmedium kann somit nur im Bereich zwischen den übereinander liegenden Blenden 4.3 durch die Öffnungen des Rohres 4 radial nach außen in das Schüttgut 3 strömen, wie durch die Strömungspfeile angedeutet ist. Da die Blenden 4.3 axial im Rohr 4 verstellbar sind, werden je nach Stellung der Blenden 4.3 unterschiedliche Bereiche des Rohres 4 für den Durchtritt des Trocknungsmediums freigegeben.

[0068] Die Kolbenstange 111 ragt in einen Pneumatikzylinder 5.5, der mittels eines Schaltventiles 5.6 betätigbar ist. Der Kolben 112 im Pneumatikzylinder 5.5 ist doppelseitig beaufschlagbar. In der Schaltstellung gemäß Fig. 2a wird das Druckmedium über den Arbeitsanschluss A des Schaltventils 5.6 in den Pneumatikzylinder 5.5 so eingebracht, dass der Kolben 112 nach oben verstellt wird. Das im anderen Zylinderraum befindliche Druckmedium wird über den Tankanschluss T des Schaltventiles 5.6 zum Tank zurückgeführt. Die auf der Kolbenstange 111 sitzenden Blenden 4.3 werden entsprechend in die in Fig. 2a dargestellte obere Lage verstellt. Das Trocknungsmedium strömt in Richtung der eingezeichneten Strömungspfeile im Bereich zwischen den Blenden 4.3 durch das Rohr 4 radial in das Schüttgut 3.

[0069] Wird das Schaltventil 5.6 umgeschaltet (Fig. 2b), gelangt das unter Druck stehende Medium in den oberen Zylinderraum, wodurch der Kolben 112 nach unten verschoben wird. Das im unteren Zylinderraum befindliche Druckmedium wird zum Tank zurückgeleitet. Über die Kolbenstange 111 werden die Blenden 4.3 in die andere Endstellung verstellt, in der die Blenden 4.3 die bei der Schaltstellung gemäß Fig. 2a frei liegenden Bereiche des Rohres 4 abdecken. Das Trocknungsmedium strömt nunmehr über diejenigen Bereiche des Rohres 4 in das Schüttgut 3, die bei der Schaltstellung gemäß Fig. 2a durch die Blenden verdeckt waren.

[0070] Bei dieser Ausführungsform wird das Schüttgut 3 wiederum nur bereichsweise mit dem Trocknungsmedium beaufschlagt. Das Schaltventil 5.6 kann in gleichen Zeitabständen jeweils umgeschaltet werden, um die Blenden 4.3 in die Stellung gemäß Fig. 2a oder in die Stellung gemäß Fig. 2b zu verstellen. Je nach Schüttgut 3 ist es aber auch möglich, das Schaltventil 5.6 in abwechselnden Zeitabständen umzuschalten.

[0071] Der Abstand zwischen den benachbarten Blenden 4.3 entspricht vorteilhaft der Breite der Blenden 4.3. Dadurch wird erreicht, dass je nach Schaltstellung stets diejenigen Bereiche des Rohres 4 abgedeckt werden, durch die in der jeweils anderen Schaltstellung das Trocknungsmedium in das Schüttgut 3 geströmt ist.

[0072] Es ist grundsätzlich möglich, die Abstände zwischen den Blenden 4.3 auch kleiner oder größer als die Breite der Blenden zu wählen.

[0073] Die Kolbenstange 111 ragt durch den Auslass 8 des Behälters 1 nach außen.

[0074] Selbstverständlich kommen zur Axialverstellung der Blenden 4.3 nicht nur Pneumatikantriebe in Betracht, sondern alle geeigneten Antriebe.

[0075] Beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 2c befindet sich die Kolbenstange 111 vollständig innerhalb des Rohres 4. Auch der Pneumatikzylinder 5.5 ist innerhalb des Rohres 4 an dessen unterem Ende vorgesehen. Lediglich das Schaltventil 5.6 liegt außerhalb des Behälters 1. Die zur Betätigung des doppelseitig beaufschlagbaren Kolbens 112 vorgesehenen Leitungen 113, 114 für das Druckmedium sind vom Schaltventil 5.6 abgedichtet durch die Decke 103 zum Pneumatikzylinder 5.5 geführt. Die Leitungen 113, 114 sind abgedichtet durch den Ringraum 104 hindurch in das Rohr 4 geführt.

[0076] Das Schaltventil 5.6 ist vorzugsweise ein 4/2-Schaltventil. Mit ihm lässt sich der Kolben 112 und damit die Kolbenstange 111 zuverlässig zwischen den beiden Endstellungen verschieben.

[0077] Wie bei der vorigen Ausführungsform werden die Blenden 4.3 für die phasenweise Durchströmung des Schüttgutes 3 in beliebiger Weise mittels des Schaltventils 5.6 hin- und hergeschaltet. Im Übrigen ist das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2c gleich ausgebildet wie die Ausführungsform gemäß den Fig. 2a und 2b.

[0078] Die Ausführungsform nach den Fig. 3 und 3a wird vorteilhaft für die Kristallisation oder für eine bessere Durchmischung bei der Trocknung des Schüttgutes 3 eingesetzt. Bei diesem Ausführungsbeispiel wird das Rohr 4 selbst um seine Achse gedreht. Das über die Leitung 12 zugeführte Trocknungsmedium wird in das Innere des Rohres 4 geleitet und strömt durch die Öffnungen des Rohres über dessen axiale Höhe radial in das Schüttgut 3. Das Rohr 4 kann über seine gesamte Höhe und über seinen gesamten Umfang mit den Durchtrittsöffnungen für das Trockenmedium versehen sein. Grundsätzlich ist es aber auch möglich, die Lochungen nur über einen Teil des Umfangs des Rohres 4 vorzusehen. Hierbei können die Lochungen beispielsweise über den gleichen Teilkreis, in Axialrichtung gesehen, am Rohr vorgesehen sein. Es besteht aber auch die Möglichkeit, die Lochungen beispielsweise wendelförmig am Innenrohr 4 vorzusehen oder die Lochungen, ähnlich wie die Öffnungen 4.2 der Ausführungsform gemäß Fig. 1, abschnittsweise über die Länge des Rohres 4 vorzusehen. Die partielle Beaufschlagung des Schüttgutes 3 mit dem Trockenmedium hat den Vorteil einer sehr schnellen Erwärmung, Kristallisierung und Trocknung des Schüttgutes 3.

[0079] Diese Wirkung wird noch dadurch verstärkt, dass infolge der Drehung des inneren Rohres 4 das Schüttgut selbst in eine Relativbewegung zwischen dem feststehenden äußeren gelochten Rohr 2 und dem drehenden gelochten inneren Rohr 4 versetzt wird.

[0080] Das Rohr 4 ist am unteren Ende durch einen Boden 115 geschlossen, der auf der Welle 5.3 sitzt, die durch

den Antrieb 5.2 um ihre Achse gedreht wird. Der Antrieb 5.2 befindet sich außerhalb des Behälters 1, wobei die Welle 5.3 durch den Auslass 8 nach außen ragt. Der Antrieb 5.2 kann aber auch entsprechend dem Ausführungsbeispiel gemäß den Fig. 1 a und 1 b innerhalb des Rohres 4 angeordnet sein.

[0081] Bei dieser Ausführungsform ist das Rohr 4 am oberen Ende mittels eines Wellenstummels 116 in einem Lager 117 drehbar gelagert, das vorteilhaft ein Wälzlager ist. Das Lager 117 ist innerhalb einer das Rohr 4 am oberen Ende überdeckenden Haube 118 angeordnet, an welche die Leitung 12 für die Zuführung des Trocknungsmediums angeschlossen ist.

[0082] Das Ausführungsbeispiel nach Fig. 3a unterscheidet sich von der Ausführungsform gemäß Fig. 3 lediglich dadurch, dass das Rohr 4a einen größeren Durchmesser hat als bei der Ausführungsform nach Fig. 3. Da das äußere gelochte Rohr 2 den gleichen Durchmesser wie bei der vorigen Ausführungsform hat, hat der Ringraum 104 für das Schüttgut 3 eine verhältnismäßig geringe radiale Breite. Diese Verringerung der radialen Breite des Ringraumes 4 bringt bei speziellen Schüttgütern Vorteile. Aufgrund des größeren Durchmessers des Rohres 4a und des schmalen Ringraumes 104 wird die Relativbewegung des Schüttgutes 3 zwischen den beiden Rohren 2, 4a größer. Dadurch werden Agglomerate, die sich bei der Kristallisation des Schüttgutes 3 bilden könnten, vermieden oder entstehende Agglomerate wieder beseitigt.

[0083] Verschiedene Schüttgüter, die in einer Einrichtung durch eine Wärmebehandlung vom amorphen in den kristallinen Zustand überführt werden sollen, können sich sehr stark in ihren physikalischen Eigenschaften in der Umwandlungsphase voneinander unterscheiden. Dazu kommen noch unterschiedliche Formen der Partikel, die in dem Verfahren verarbeitet werden sollen.

[0084] Weitere Schüttgüter sind auch reine amorphe Neuwaren mit geringem Staubanteil und zylindrischen oder kugelförmigen regelmäßigen Granulaten in kleinen (2 - 3 mm) Körnungen oder großen Körnern mit bis zu 4 bis 5 mm maximalen Längen, die eine sehr hohe Schüttdichte haben. Für dieses Material kann der Ringraum eher breit angelegt sein, um die Materialmenge im Ringraum zu erhöhen. Diese Maßnahme bewirkt eine längere Verweilzeit des Materials im Ringraum, die für größere Materialdicken benötigt wird um es zu trocknen.

[0085] Spezielle Schüttgüter sind auch Mahlgüter von Folien oder Flaschen, die sich sehr unterschiedlich in der Schüttung verhalten. So können zum Beispiel Folienmahlgüter von Flachfolien zum Beispiel sehr problematisch werden, wenn sich die Folienschnitzel flach aufeinander legen und dadurch der Luftdurchlass erschwert wird. Die Erwärmung und die Kristallisationsgeschwindigkeit sind dann unregelmäßig. Hier kann ein kleinerer Abstand zwischen den beiden Rohren 2, 4, 4a durchaus hilfreich sein, um durch eine stärkere Bewegung im Material die Partikel besser zu mischen.

[0086] Weitere physikalische Eigenschaften spezieller Schüttgüter sind die Klebrigkeit und die Erweichung des Materials in der Umwandlungsphase. Es gibt teilkristalline Kunststoffe, die nur eine geringe Klebneigung entwickeln. Dagegen gibt es Kunststoffe, die sehr große Agglomerate bilden können, da sie eine sehr starke Klebneigung entwickeln und sich nach der Kristallisation nur noch schwer zerteilen lassen. Hierfür sind dann geringe Schüttdicken notwendig, die eine hohe Relativbewegung im Material bewirken. Hier ist dann der Abstand der Rohre 2, 4, 4a relativ klein zu halten.

[0087] Bei Materialien mit einer sehr starken Erweichung in der Umwandlungsphase, aber geringer Klebneigung, ist es dann aber besser, nur eine geringe Relativbewegung in der Materialschüttung zuzulassen, was mit einer breiteren Schüttung durchaus möglich wäre.

[0088] Im Übrigen ist die Ausführungsform nach Fig. 3a gleich ausgebildet wie die Ausführungsform gemäß Fig. 3.

[0089] Die Ausführungsform gemäß Fig. 4 entspricht im Wesentlichen dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 3. Das mittels des Antriebes 5.2 drehbar angetriebene innere Rohr 4 ist an seiner Außenseite mit Rührflügeln 4b versehen, die radial vom Rohrmantel abstehen und sich in das Schüttgut 3 erstrecken. Die Rührflügel 4b liegen in Achsrichtung des Rohres 4 mit Abstand übereinander. Die axial benachbarten Rührflügel 4b sind vorteilhaft winkelfersetzt zueinander angeordnet. Hierbei können auf gleicher axialer Höhe zwei oder mehr Rührflügel 4b über den Umfang verteilt angeordnet sein. Grundsätzlich reicht es aber aus, wenn in jeder axialen Höhe nur ein Rührflügel 4b vorgesehen ist. Die Anordnung und Verteilung der Rührflügel 4b ist so gewählt, dass eine gleichmäßige Durchmischung des Schüttgutes 3 über die Höhe des Rohres 4 möglich ist.

[0090] Damit das Schüttgut 3 nicht mitgedreht wird, sind an der Innenseite des äußeren Rohres 2 quer abstehende Flügel 2a vorgesehen, die stationär sind und so angeordnet sind, dass sie im Bereich zwischen axial benachbarten Rührflügeln 4b des inneren Rohres 4 liegen. Die Rührflügel 4b und die stationären Flügel 2a sind so lang, dass sie vorteilhaft einander überlappen, in Achsrichtung der beiden Rohre 2, 4 gesehen. Die stationären Flügel 2 sind vorteilhaft über den Umfang gleichmäßig verteilt angeordnet.

[0091] Die feststehenden Flügel 2a verhindern, dass das Schüttgut 3 durch das drehende Rohr 4 mitgedreht wird. Im Zusammenwirken der drehenden und stationären Flügel 2, 4b wird das Schüttgut 3 optimal durchmischt und die Bildung von Agglomeraten im Schüttgut zuverlässig verhindert. Durch die Rührflügel 4b wird das Schüttgut 3 wiederum nur partiell aufgelockert und bewegt. Dadurch kann das aus dem inneren Rohr 4 austretende Trocknungsmedium innerhalb kurzer Zeit das Schüttgut 3 im erforderlichen Maße trocknen.

[0092] Die Flügel 2a, 4b können unterschiedlich ausgebildet sein. So können für die Flügel beispielsweise im Querschnitt runde Stäbe, aber auch Stäbe in Flügelform eingesetzt werden.

[0093] Fig. 5 zeigt eine Ausführungsform, bei der das Trocknungsmedium über die Rührflügel 4c in das Schüttgut 3 eingebracht wird. In diesem Falle kann das Rohr 4 ohne Lochung ausgebildet sein. Selbstverständlich ist es aber auch möglich, dass der Mantel des Rohres 4 vollständig gelocht oder nur partiell mit einer Lochung versehen ist. Die Rührflügel 4c ragen im Unterschied zur vorigen Ausführungsform bis nahe an die Innenwand des äußeren Rohres 2, so dass das aus den Rührflügeln 4c austretende Trocknungsmedium das Schüttgut 3 im Ring 104 vollständig erfasst. Die Rührflügel 4c sind mit einem flachen Querschnitt versehen (Fig. 5), so dass die Rührflügel im Verhältnis zu ihrer in Achsrichtung des Rohres 4 gemessenen Dicke eine wesentlich größere Breite haben. An ihren Längsseiten 119, 120 sind die Rührflügel 4c mit Austrittsöffnungen 121 versehen, über die das Trocknungsmedium in das Schüttgut 3 austritt. Die Austrittsöffnungen können auch in der Ober- und Unterseite der Rührflügel 4c vorgesehen sein. In diesem Falle sind an allen vier Seiten der Rührflügel 4c entsprechende Austrittsöffnungen für das Trocknungsmedium vorhanden. Die Austrittsöffnungen können auch nur an jeweils einer der Seiten der Rührflügel 4c vorgesehen sein.

[0094] Die radial äußeren Enden der Rührflügel 4c sind geschlossen. Die radial inneren Enden sind zum Innenraum des inneren Rohres 4 offen, so dass das über die Leitung 12 zuströmende Trocknungsmedium in die Rührflügel 4c gelangen kann.

[0095] Die Austrittsöffnungen 121 können beispielhaft runde Öffnungen oder Schlitze sein, über die das Trocknungsmedium in das Schüttgut 3 strömt.

[0096] An der Innenwand des äußeren Rohres 2 sind die stationären Flügel 2a vorgesehen, die in gleicher Weise wie bei der vorigen Ausführungsform am Rohr 2 vorgesehen und in Bezug auf die Rührflügel 4c angeordnet sind.

[0097] Die Rührflügel 4c sind beispielhaft auf gleicher axialer Höhe des Rohres 4 diametral einander gegenüberliegend vorgesehen. Wird das Rohr 4 mit dem Antrieb 5.2 um seine Achse gedreht, wird das Schüttgut 3 durch die Rührflügel 4c partiell bewegt. Im Zusammenwirken mit den stationären Flügeln 2a wird verhindert, dass das Schüttgut 3 durch die Drehung des inneren Rohres 4 in Drehung versetzt wird. Das Trocknungsmedium gelangt nicht gleichzeitig über den gesamten Umfang und die axiale Höhe des Rohres 4 in das Schüttgut 3, sondern nur partiell in dem Bereich, in dem sich die Rührflügel 4c innerhalb des Schüttgutes 3 befinden. Wie bei den vorhergehenden Ausführungsbeispielen befindet sich ein Teil des Schüttgutes 3 in Ruhe, wodurch zuverlässig erreicht wird, dass das Schüttgut 3 einwandfrei nachrutschen kann. Aufgrund des partiellen Eintrages des Trocknungsmediums ist es möglich, das Trocknungsmedium mit einer besonders hohen Geschwindigkeit in das Schüttgut 3 einzubringen, wodurch die Trockenzeit erheblich verringert wird.

[0098] Infolge der Einleitung des Trocknungsmediums über die Rührflügel 4c wird zusätzlich die Antriebskraft vom drehenden Innenrohr 4 verringert, da um die Rührflügel 4c herum eine Wirbelzone entsteht, in der die Menge des Trocknungsmediums entsprechend hoch ist. Außerdem ist der Kontakt zwischen dem Trocknungsmedium und dem Schüttgut 3 infolge des partiellen Eintrages des Trocknungsmediums erheblich besser, als wenn das Trocknungsmedium gleichmäßig über die gesamte Höhe und den gesamten Umfang des inneren Rohres 4 in das Schüttgut 3 eingebracht wird.

[0099] Fig. 6 zeigt eine Anlage, mit der die Trocknungsgeschwindigkeit erheblich gesteigert werden kann. Dies wird dadurch erreicht, dass die Dampfdruckdifferenz zwischen dem Trocknungsmedium und dem zu trocknenden Schüttgut 3 erhöht wird. Um dies zu erreichen, wird das Schüttgut 3 phasenweise unter einen Unterdruck gesetzt. Das Schüttgut 3 im Ringraum 104 zwischen dem äußeren Rohr 2 und dem inneren Rohr 4 wird in einer ersten Phase durch das aus dem Rohr 4 austretende Trocknungsmedium mit hoher Geschwindigkeit durchströmt. Anschließend wird in einer zweiten Phase für eine bestimmte Zeit das Schüttgut 3 einem Unterdruck ausgesetzt. Durch diese abwechselnde Verfahrensführung wird erreicht, dass der Trocknungsprozess sehr stark beschleunigt wird.

[0100] Die Anlage gemäß Fig. 6 ist grundsätzlich gleich ausgebildet wie die Anlage nach Fig. 1. Um den Unterdruck zu erzeugen, sind entsprechende Ventile vorhanden, was nachfolgend näher beschrieben wird.

[0101] Das Trocknungsmedium wird mittels des Gebläses 10 über ein Ventil 31 der Heizeinrichtung 11 zugeführt, mit der das Trocknungsmedium bei Bedarf auf die Trocknungstemperatur erwärmt wird. Über die Leitung 12 gelangt das Trocknungsmedium in das innere Rohr 4, das bei dieser Ausführungsform ein gelochtes Rohr ist. Das Trocknungsmedium tritt über die Höhe und den Umfang des Rohres 4 in das Schüttgut 3 ein. Das Trocknungsmedium nimmt die Feuchtigkeit aus dem Schüttgut 3 auf. Das Trocknungsmedium durchströmt das gelochte äußere Rohr 2 und gelangt in den Ringraum 108 zwischen dem Rohr 2 und dem Behältermantel. Das mit Feuchtigkeit beladene Trocknungsmedium (Rückluft) strömt über die Rückföhrleitung 6 und das Filter 9 zurück zum Gebläse 10, welches die Rückluft über das geöffnete Ventil 31 in die Leitung 12 leitet. Ein Teil der Rückluft gelangt in Strömungsrichtung hinter dem Filter 9 in die Leitung 21, in der ein Ventil 33 sitzt. Wenn es geöffnet ist, kann dieser Teil der Rückluft in der anhand von Fig. 1 erläuterten Weise über den Wärmetauscher 22 und den Kühler 23 zur Entfeuchtungseinrichtung 20 strömen. Hier wird die Rückluft entfeuchtet und über die Leitung 24 und den Wärmetauscher 22 zurück zur Rückföhrleitung 6 geleitet. Die getrocknete Rückluft gelangt über das Gebläse 10 und die Heizeinrichtung 11 in das innere Rohr 4. Zwischen dem Wärmetauscher 22 und der Leitung 6 befindet sich ein Ventil 32, das beim beschriebenen Kreislauf geöffnet ist.

[0102] In dieser Phase entspricht das Verfahren dem Verfahren, wie es mit der Anlage gemäß Fig. 1 durchgeführt wird.

[0103] Am Ausgang der Befölleinrichtung 7 befindet sich ein weiteres Ventil 35, mit dem die Befölleinrichtung 7 abgesperrt werden kann, so dass kein Schüttgut 3 in den Behälter 1 nachgefüllt werden kann. Am Auslass 8 des Behälters 1 ist ein weiteres Ventil 34 vorgesehen, mit dem der Auslass 8 ventiltgesteuert geöffnet und geschlossen werden kann.

[0104] Die an die Druckseite des Gebläses 10 anschließende Leitung 122, von der die Leitung 12 abzweigt, ist in Strömungsrichtung hinter dem Anschluss der Leitung 12 durch ein Ventil 30 verschließbar. Während des beschriebenen Trocknungsvorganges ist das Ventil 30, das die Anlage mit der Umgebung verbindet, geschlossen. Die beschriebene Trocknungsphase wird in bestimmten Zyklen durch die Unterdruckphase abgelöst. In diesem Falle wird mit Hilfe des Gebläses 10 ein Unterdruck in der Anlage erzeugt. Hierzu werden die Ventile 31 bis 35 geschlossen und das Ventil 30 geöffnet. Dies hat zur Folge, dass das Gebläse 10 die Luft aus dem Leitungssystem und dem Behälter 1 über das geöffnete Ventil 30 nach außen fördert. Dadurch entsteht im gesamten Strömungsraum innerhalb der Anlage und damit auch innerhalb des Ringraumes 104, in dem sich das Schüttgut 3 befindet, ein Unterdruck. Er wird für eine bestimmte Zeit aufrechterhalten.

[0105] Nach Beenden der Unterdruckphase wird wieder in die Erwärmungsphase umgeschaltet, indem zunächst das Ventil 31 geöffnet wird, um den Unterdruck in der Anlage abzubauen. Dann können die Ventile 32 und 33 geöffnet werden, während das Ventil 30 geschlossen wird. Dann erfolgt wiederum die Trocknung des Schüttgutes 3 mittels des Trocknungsmediums, das über die Leitung 12 in das innere Rohr 4 geleitet wird.

[0106] In der beschriebenen Weise erfolgt ein stetiger Wechsel zwischen Unterdruck und Erwärmung. Die Beschickung des Behälters 1 und die Entnahme des Schüttgutes 3 aus dem Behälter 1 erfolgt jeweils nur während der Erwärmungsphasen. Die Ventile 34 und 35 werden hierzu bei Bedarf geöffnet. Während dieser Erwärmungsphase werden, wie auch bei den anderen Ausführungsformen, nur kleine Mengen an Schüttgut zugegeben und abgeführt, so dass ein kontinuierlicher Schüttgutdurchsatz erhalten bleibt.

[0107] Bei der Anlage gemäß Fig. 6 sind die beiden Rohre 2, 4 als gelochte Rohre ausgebildet. Im Unterschied zur Ausführungsform nach Fig. 1 ist innerhalb des inneren Rohres 4 kein weiteres Rohr eingebaut. Darum strömt das Trocknungsmedium, das über die Zuführleitung 12 in das innere Rohr 4 gelangt, über die Höhe und über den Umfang des inneren Rohres 4 radial aus und durchströmt das im Ringraum 104 befindliche Schüttgut. Das Trocknungsmedium nimmt die Feuchtigkeit aus dem Schüttgut 3 auf und gelangt durch die Öffnungen des äußeren Rohres 2 in den Ringraum 108. Von hier aus strömt die Luft in der beschriebenen Weise in die Rückführleitung 6.

[0108] Die Anlage gemäß Fig. 7 hat den Behälter 1 mit den beiden Rohren 2, 4, die jeweils als gelochte Rohre ausgebildet sind. Das Trocknungsmedium wird über die Leitung 12 in das Rohr 4 geleitet und tritt aus ihm radial in das Schüttgut 3 aus. Es liegt im Ringraum 104 zwischen den beiden Rohren 2, 4. Das Trocknungsmedium nimmt die Feuchtigkeit aus dem Schüttgut 3 auf, durchströmt das äußere Rohr 2 und gelangt in den Ringraum 108, über den das mit Feuchtigkeit beladene Trocknungsmedium über die Leitung 6 und den Filter 9 im Gebläse 10 zugeführt wird. Ein Teil dieser Rückluft strömt über die Leitung 21 in die Befeuchtungseinrichtung 20, in der dieser Teil der Rückluft entfeuchtet wird. Über die Leitung 109 wird die entfeuchtete Rückluft wieder der Leitung 6 auf der Saugseite des Gebläses 10 zugeführt. Das Trocknungsmedium strömt durch die Heizeinrichtung 11, mit der es bei Bedarf vor dem Eintritt in das Rohr 4 auf die notwendige Trocknungstemperatur erwärmt wird.

[0109] In dieser Phase arbeitet die Anlage gleich wie die Anlage gemäß Fig. 1.

[0110] Die Anlage gemäß Fig. 7 hat das zusätzliche Gebläse 36, mit dem innerhalb der Anlage ein Unterdruck erzeugt werden kann. Das Gebläse 36 ist an die Leitung 122 angeschlossen und der Befülleinrichtung 7 zugeordnet und stellt den zur Schüttgutförderung notwendigen Unterdruck her. Da im Unterdruckzustand immer noch Trocknungsmedium im Prozesskreis vorhanden ist, kann das Trocknungsmedium weiter mittels des Gebläses 10 im Kreislauf gehalten werden, um das Schüttgut 3 zu erwärmen und dadurch zu entfeuchten. Der Unterdruck, der hierbei gleichzeitig wirkt, verstärkt die Dampfdruckdifferenz zwischen dem Trocknungsmedium und dem zu trocknenden Schüttgut 3. Das Gebläse 36 fördert die in der Anlage vorhandene Luft an seiner Druckseite in die Umgebung, bis der gewünschte Unterdruck in der Anlage vorhanden ist.

[0111] An die Befülleinrichtung 7 ist über eine Saugleitung 123 eine Sauglanze 42 angeschlossen, die in einen mit dem Schüttgut 3 beladenen Behälter 41 eingebracht ist. Anstelle des Behälters 41 kann auch jede andere Schüttgutquelle eingesetzt werden.

[0112] Die Saugleitung 123 ist über ein Ventil 37 an die Befülleinrichtung 7 angeschlossen.

[0113] Soll der Behälter 1 mit Schüttgut 3 befüllt werden, wird das Ventil 37 geöffnet. Über das Gebläse 36 wird das Schüttgut 3 aus dem Behälter 41 mittels der Sauglanze 42 in die Befülleinrichtung 7 angesaugt. Vorzugsweise wird das Schüttgut 3 so lange gefördert, bis die Befülleinrichtung 7 gefüllt ist. Dann wird das Ventil 37 geschlossen. Dann wird das (nicht dargestellte) Ventil am Auslass der Befülleinrichtung 7 geöffnet, so dass das Schüttgut aus der Befülleinrichtung 7 in den Ringraum 104 fließen kann.

[0114] An den Auslass 8 des Behälters 1 sind zwei Ventile 38 und 39 angeschlossen, die eine Schleuse für das dem Behälter 1 entnommene Schüttgut 3 bilden. Bei der Schüttgutentnahme wird das Ventil 39 geschlossen und das Ventil 38 geöffnet. Dann kann das Schüttgut in einen Zwischenraum 124 zwischen den beiden Ventilen 38, 39 gelangen. Sobald er gefüllt ist, wird das Ventil 38 geschlossen und das Ventil 39 geöffnet. Das Schüttgut gelangt aus dem Zwischenraum 124 beispielsweise in eine Verarbeitungsmaschine.

[0115] Die Schleuse in Form der beiden Ventile 38, 39 erlaubt es, das Schüttgut dem Behälter 1 zu entnehmen, während in der Anlage Unterdruck anliegt.

[0116] Damit das dem Behälter 1 entnommene Schüttgut 3 beispielsweise einer Verarbeitungsmaschine zugeführt werden kann, kann anstelle der beschriebenen Schleuse beispielsweise auch eine Zelleradschleuse eingesetzt werden, die einen kontinuierlichen Schüttgutstrom zulässt.

[0117] Bei dieser Anlage ist von Vorteil, dass der Unterdruck zusätzlich und gleichzeitig zum Trocknen des Schüttgutes mittels des Trocknungsmediums eingesetzt wird. Der Unterdruck erfolgt in Verbindung mit der Befülleinrichtung 7, die zum Befüllen des Behälters 1 stets mit Unterdruck arbeitet. Die Befülleinrichtung 7 ist an die Saugseite des Gebläses 36 angeschlossen, so dass das Schüttgut 3 aus dem Behälter 41 angesaugt wird. Der dadurch erzeugte Unterdruck wirkt auch im Ringraum 104, in dem das Schüttgut 3 im Behälter 1 für den Trocknungsvorgang liegt. Durch die gleichzeitige Anwendung des Unterdruckes und des Durchströmens des Schüttgutes 3 durch das Trocknungsmedium ergibt sich eine optimale Trocknung des Schüttgutes 3 innerhalb kürzester Zeit.

[0118] Auch bei dieser Anlage sind die beiden Rohre 2, 4 als gelochte Rohre ausgebildet. Im Unterschied zur Anlage nach Fig. 1 befindet sich innerhalb des inneren Rohres 4 kein weiteres Rohr, mit dem die Lochungen des inneren Rohres 4 teilweise verdeckt werden können. Das über die Leitung 12 in das innere Rohr 4 geleitete Trocknungsmedium durchströmt das Schüttgut 3 im Ringraum 104 und gelangt durch die Öffnungen des äußeren Rohres 2 in den Ringraum 108. Von hier aus strömt das mit Feuchtigkeit beladene Trocknungsmedium in die Rückföhrleitung 6.

[0119] Während bei der Anlage gemäß Fig. 7 die beiden Rohre 2, 4 im Behälter 1 stationär angeordnet sind und das Trocknungsmedium über die gelochten Rohre in das Schüttgut 3 sowie anschließend in den Ringraum 108 gelangen, zeigt Fig. 8 eine Anlage, bei der das innere Rohr 4 entsprechend der Ausführungsform gemäß den Fig. 1, 1a und 1b um seine Achse drehbar ist. Der Antrieb für das Rohr 4 kann außerhalb des Behälters 1, aber auch innerhalb des Behälters 1 (Fig. 1 b) vorgesehen sein. Bei dieser Ausführungsform wird, wie anhand der Anlage gemäß Fig. 1 erläutert worden ist, das Schüttgut 3 im Ringraum 104 zwischen den beiden Rohren 2, 4 phasenweise vom Trocknungsmedium durchströmt. Gleichzeitig wirkt, wie anhand von Fig. 7 beschrieben worden ist, der Unterdruck auf das Schüttgut 3 im Ringraum 104.

[0120] Bei der Anlage gemäß Fig. 8 kann für das innere Rohr 4 auch eine Ausbildung entsprechend den Fig. 2a bis 2c und entsprechend den Fig. 3 und 3a eingesetzt werden. Insbesondere bei Einsatz des Rohres 4 entsprechend den Fig. 3 und 3a ergibt sich der Vorteil, dass insbesondere bei der Kristallisation von thermoplastischen Polyestern flüchtige Bestandteile aus dem Material entweichen können. Dadurch kann der Prozess einer Postkondensation in der Anlage erfolgen, bei dem sich die Molekularketten des Polyesters wieder verlängern und Acetaldehyd aus dem Schüttgut ausgetrieben wird.

[0121] Schließlich kann bei der Anlage gemäß Fig. 8 auch ein Rohr entsprechend Fig. 4 eingesetzt werden, bei dem das drehende Innenrohr 4 mit den Rohrflügeln 4b und das äußere Rohr 2 mit den stationären Flügeln 2a versehen ist. Durch eine solche Gestaltung wird die Bildung von Agglomeraten bei der Kristallisation vermieden.

[0122] Es ist ferner möglich, auch die Ausbildung des Innenrohres 4 gemäß Fig. 5 bei der Anlage gemäß Fig. 8 einzusetzen. Das aus den Rührflügeln 4c austretende Trocknungsmedium kann mit der Anwendung des beschriebenen Unterdruckes kombiniert werden.

[0123] Bei der beschriebenen Anlage ist in der Leitung 12 der Temperaturfühler 50 vorgesehen, mit dessen Hilfe der Trocknungsprozess sehr einfach gesteuert werden kann. Mit dem Temperaturfühler 50 wird die Temperatur des in das Rohr 4 eingeleiteten Trocknungsmediums erfasst. Die Bezugstemperatur ist die Temperatur des Schüttgutes 3 am Austritt des Behälters 1. Sowohl die Temperatur des Schüttgutes am Behälteraustritt als auch die Temperatur des zuströmenden Trocknungsmediums werden erfasst. Dadurch kann die Temperatur des Trocknungsmediums einfach so gesteuert oder auch geregelt werden, dass das Schüttgut 3 im Behälter 1 nicht unzulässig hoch erwärmt wird.

[0124] Der Temperaturfühler 50 kann an jeder geeigneten Stelle innerhalb der Anlage vorgesehen sein. Vorteilhaft ist die beschriebene Lage des Temperaturfühlers 50 unmittelbar vor dem Eintritt des Trocknungsmediums in den Behälter 1.

[0125] Die Heizeinrichtung 11 wird entsprechend den erfassten Temperaturen des Trocknungsmediums und des Schüttgutes am Behälterauslass so gesteuert oder auch geregelt, dass das Trocknungsmedium stets die für eine optimale Trocknung des Schüttgutes 3 erforderliche Temperatur hat.

[0126] Bei den beschriebenen Ausführungsformen wird das Trocknungsmedium über das innere Rohr zugeführt und tritt nach Durchströmen des Schüttgutes 3 durch die Durchlassöffnungen des äußeren Rohres 2 in den Ringraum 108 ein. Von hier gelangt die Rückluft in die Rückföhrleitung 6.

[0127] Das Trocknungsmedium kann bei den beschriebenen Ausführungsbeispielen das Schüttgut 3 aber auch in umgekehrter Richtung durchströmen. Dementsprechend sind die Rohre 2, 4 und die Einbauten so angeordnet und ausgebildet, dass das Trocknungsmedium durch das äußere Rohr 2 in den Schütt-Ringraum 104 strömen kann. Nach Durchströmen des Schüttgutes 3 gelangt das Trocknungsmedium in das innere Rohr 4 und wird von dort der Rückföhrleitung 6 zugeführt.

[0128] Eine beispielhafte Ausführungsform eines solchen Trocknungsbehälters zeigen die Fig. 9a und 9b. Diese Ausführungsform ist ähnlich ausgebildet wie das Ausführungsbeispiel gemäß den Fig. 2a und 2b. Bei dieser Ausführungsform wird das äußere Rohr 2 von wenigstens einer rohrförmigen Blende 4.3 umgeben, die axial bewegbar ist. Im

Ausführungsbeispiel sind vier mit Abstand übereinander liegende rohrförmige Blenden 4.3 vorgesehen, die auf der gemeinsamen Kolbenstange 111 sitzen. Mit ihr können die Blenden 4.3 gemeinsam axial längs des äußeren Rohres 2 verschoben werden. Die rohrförmigen Blenden haben nur geringfügigen Abstand von der Außenwand des Rohres 2, so dass die Blenden 4.3 zuverlässig verstellt werden können. Der Abstand ist so gering bzw. der Bereich zwischen den Blenden 4.3 und der Außenwand des Rohres 2 so abgedichtet, dass das zugeführte Trocknungsmedium nicht zwischen die Außenwand des Rohres 2 und die Blenden 4.3 gelangen kann. Das Trocknungsmedium kann nur im Bereich zwischen den übereinander liegenden Blenden 4.3 durch die Öffnungen des Rohres 2 radial nach innen in das Schüttgut 3 strömen, wie durch die Strömungspfeile angedeutet ist. Da die Blenden 4.3 axial längs des Rohres 2 verstellbar sind, werden je nach Stellung der Blenden 4.3 unterschiedliche Bereiche des Rohres 2 für den Durchtritt des Trocknungsmediums freigegeben.

[0129] Das Trocknungsmedium wird in den Ringraum 108 zwischen dem äußeren Rohr 2 und dem zylindrischen Mantel 101 des Behälters 1 eingeleitet.

[0130] Die Kolbenstange 111 ragt in den Pneumatikzylinder 5.5, der mittels des Schaltventiles 5.6 betätigbar ist. Der Kolben 112 im Pneumatikzylinder 5.5 ist doppelseitig beaufschlagbar. In der Schaltstellung gemäß Fig. 9a wird das Druckmedium über den Arbeitsanschluss A des Schaltventils 5.6 in den Pneumatikzylinder 5.5 so eingebracht, dass der Kolben 112 nach oben verstellt wird. Das im anderen Zylinderraum befindliche Druckmedium wird über den Tankanschluss T des Schaltventils 5.6 zum Tank zurückgeführt. Die auf der Kolbenstange 111 sitzenden Blenden 4.3 werden entsprechend in die in Fig. 9a dargestellte obere Lage verstellt. Das Trocknungsmedium strömt in Richtung der eingezeichneten Strömungspfeile im Bereich zwischen den Blenden 4.3 durch das Rohr 2 radial nach innen in das Schüttgut 3.

[0131] Wird das Schaltventil 5.6 umgeschaltet (Fig. 9b), gelangt das unter Druck stehende Medium in den oberen Zylinderraum, wodurch der Kolben 112 nach unten verschoben wird. Das im unteren Zylinderraum befindliche Druckmedium wird zum Tank zurückgeleitet. Über die Kolbenstange 111 werden die Blenden 4.3 in die andere Endstellung verstellt, in der die Blenden 4.3 die bei der Schaltstellung gemäß Fig. 9a freiliegenden Bereiche des Rohres 2 abdecken. Das Trocknungsmedium strömt nunmehr über diejenigen Bereiche des Rohres 2 in das Schüttgut 3, die bei der Schaltstellung gemäß Fig. 9a durch die Blenden verdeckt waren.

[0132] Das Schüttgut 3 wird wiederum nur bereichsweise mit dem Trocknungsmedium beaufschlagt. Das Schaltventil 5.6 kann wie bei der Ausführungsform gemäß den Fig. 2a und 2b in gleichen Zeitabständen umgeschaltet werden, um die Blenden 4.3 in die Stellung gemäß Fig. 9a oder in die Stellung gemäß Fig. 9b zu verstellen. Je nach Schüttgut 3 ist es auch möglich, das Schaltventil 5.6 in abwechselnden Zeitabständen umzuschalten.

[0133] Der Abstand zwischen den axial benachbarten Blenden 4.3 entspricht vorteilhaft der Breite der Blenden 4.3. Dadurch wird erreicht, dass je nach Schaltstellung stets diejenigen Bereiche des Rohres 4 abgedeckt werden, durch die in der jeweils anderen Schaltstellung das Trocknungsmedium in das Schüttgut 3 geströmt ist.

[0134] Grundsätzlich ist es möglich, die Abstände zwischen den Blenden 4.3 auch kleiner oder größer als die Breite der Blenden 4.3 zu wählen.

[0135] Die Kolbenstange 111 ragt durch den konischen Mantel 102 des Behälters 1 nach außen.

[0136] Zur Axialverstellung der Blenden 4.3 kommen nicht nur Pneumatikantriebe in Betracht. Es können alle geeigneten Antriebe eingesetzt werden.

[0137] Das Trocknungsmedium tritt nach Durchströmen des Schüttgutes 3 in das innere Rohr 4 ein und wird von hier über eine Leitung 125 der Rückföhrleitung 6 zugeföhrt.

[0138] Fig. 10 zeigt eine Anlage, die im Wesentlichen gleich ausgebildet ist wie die Anlage gemäß Fig. 8. Die beiden koaxial zueinander liegenden Rohre 2, 4 sind gelochte Rohre, so dass das Trocknungsmedium, das über die Zuföhrleitung 12 in das innere Rohr 4 gelangt, durch dessen Öffnungen radial nach außen in das Schüttgut 3 strömen kann. Das Trocknungsmedium durchströmt das Schüttgut 3 radial und tritt durch die Öffnungen des äußeren Rohres 2 nach außen in den Ringraum 108. Beim Durchtritt durch das Schüttgut 3 nimmt das Trocknungsmedium Feuchtigkeit auf und gelangt als Rückluft in die Rückluftleitung 6. Die Rückluft wird vom Gebläse 10 angesaugt und strömt durch das Filter 9 und wird vor dem Eintritt in den Trocknungsbehälter, wenn erforderlich, mittels der Heizeinrichtung 11 erwärmt. Das Trocknungsmedium wird somit über die Leitung 6, die Leitung 122 und die Leitung 12 im Kreislauf geföhrt und hierbei bei Bedarf mittels der Heizeinrichtung 11 erwärmt.

[0139] Im Unterschied zur Ausführungsform gemäß Fig. 8 wird nicht ein Teil der Rückluft zur Entfeuchtungseinrichtung 20 abgezweigt. Vielmehr wird von der Entfeuchtungseinrichtung 20 über eine Leitung 126 bei Bedarf entfeuchtetes Trocknungsmedium in die Rückföhrleitung 6 vordem Gebläse 10 eingeleitet.

[0140] Im weiteren Unterschied zur Anlage nach Fig. 8 befindet sich im Rohr 4 kein inneres Rohr mit Blendenöffnungen. Darum tritt das Trocknungsmedium über die Höhe und den Umfang des Rohres 4 radial in den Ringraum 104 aus, in dem sich das zu trocknende Schüttgut 3 befindet.

[0141] Mit dem Temperaturfühler 50, der in der Zuföhrleitung 12 vor dem Eintritt in den Trocknungsbehälter vorgesehen ist, kann der Trocknungsprozess einfach gesteuert werden, wie dies im Zusammenhang mit der Ausführungsform gemäß Fig. 8 erläutert ist.

[0142] Soll der Behälter 1 mit Schüttgut 3 befüllt werden, wird das Ventil 37 geöffnet. Wie anhand der Ausführungsform

gemäß Fig. 7 erläutert worden ist, wird das Schüttgut 3 mittels des Gebläses 36 aus dem Behälter 41 mittels der Sauglanze 42 über die Saugleitung 123 angesaugt. Das Ventil 37 ist geöffnet, so dass das Schüttgut 3 in den Ringraum 104 zwischen den beiden Rohren 2, 4 gelangen kann. Am Auslass 8 des Trocknungsbehälters 1 befindet sich die Schleuse mit den beiden Ventilen 38, 39 und dem zwischen ihnen befindlichen Zwischenraum 124. Wie anhand der Ausführungsform gemäß Fig. 7 im Einzelnen erläutert worden ist, ermöglicht die Schleuse am Auslass 8 des Trocknungsbehälters, dass das Schüttgut entnommen werden kann, während in der gesamten Anlage Unterdruck anliegt. Der Behälter 41 ist an die Saugseite des Gebläses 36 angeschlossen, so dass das Schüttgut 3 aus dem Behälter 41 angesaugt wird. Der dadurch erzeugte Unterdruck wirkt auch im Ringraum 104. Durch die gleichzeitige Anwendung des Unterdruckes und des Durchströmens des Schüttgutes 3 durch das Trocknungsmedium wird das Schüttgut 3 innerhalb kürzester Zeit wirkungsvoll getrocknet.

[0143] Fig. 11 zeigt eine Anlage, bei der das Schüttgut 3 den Innenraum des Trocknungsbehälters 1 ausfüllt. Im Unterschied zu den vorigen Ausführungsbeispielen befinden sich im Trocknungsbehälter 1 keine inneren und äußeren Rohre.

[0144] Die Anlage gemäß Fig. 11 ist im Übrigen im Wesentlichen gleich ausgebildet wie die Anlage nach Fig. 10. Mittels des Gebläses 10 wird das Trocknungsmedium über die Heizeinrichtung 11 in die Zuführleitung 12 gefördert. Sie ragt bis in die Mitte des Trocknungsbehälters 1 und ist innerhalb des Trocknungsbehälters 1 nach unten gerichtet. Am unteren Ende dieses vertikalen Leitungsabschnittes 12' befindet sich ein nach unten gerichteter Trichter 13, der mit Abstand vom Auslass 8 des Trocknungsbehälters endet und aus dem das Trocknungsmedium nach unten austritt. Das durch Pfeile gekennzeichnete Trocknungsmedium strömt nach unten aus dem Trichter 13 in das Schüttgut 3. Das Trocknungsmedium durchströmt das Schüttgut 3 nach oben und nimmt hierbei Feuchtigkeit aus dem Schüttgut auf. Über die Rückführleitung 6 strömt das Trocknungsmedium aus dem Trocknungsbehälter 1. Das mit Feuchtigkeit beladene Trocknungsmedium durchströmt das Filter 9 und wird dann durch die Heizeinrichtung 11 vor seinem erneuten Eintritt in den Trocknungsbehälter 1, falls erforderlich, erwärmt. Der Temperaturfühler 50 erfasst in der beschriebenen Weise die Temperatur des Trocknungsmediums beim Eintritt in den Trocknungsbehälter 1.

[0145] Über die Entfeuchtungseinrichtung 20 und die Leitung 126 wird bei Bedarf entfeuchtete Luft der Rückführleitung 6 zugeführt.

[0146] Die Anlage arbeitet im Übrigen gleich, wie anhand der Fig. 7, 8 und 10 erläutert worden ist. Mit dem Gebläse 36 wird in der Anlage der Unterdruck erzeugt, der zusätzlich und gleichzeitig zum Trocknen des Schüttgutes eingesetzt wird. Durch die gleichzeitige Anwendung des Unterdruckes und des Durchströmens des Schüttgutes 3 durch das Trocknungsmedium ergibt sich wiederum eine hervorragende Trocknung des Schüttgutes innerhalb kürzester Zeit.

[0147] Wie bei den Ausführungsformen nach den Fig. 7, 8 und 10 wird der Unterdruck durch das Gebläse 36 erzeugt, das auch dazu dient, den Trocknungsbehälter 1 mit dem Schüttgut 3 zu befüllen. Der Unterdruck ist auch in dem geschlossenen Heizkreis 6, 9, 10, 122, 11, 12 vorhanden, wodurch sich die optimale Trocknung innerhalb nur einer geringen Zeit ergibt.

[0148] Die in Fig. 12 dargestellte Anlage entspricht der Anlage gemäß Fig. 10. Der Trocknungsbehälter 1 ist an eine Verarbeitungsmaschine 52 angeschlossen, mit der das Schüttgut 3 verarbeitet wird. Das Schüttgut 3 gelangt vom Auslass 8 des Trocknungsbehälters 1 in eine Zuleitung 53, die das Schüttgut 3 einem Aufschmelzbereich 54 der Verarbeitungsmaschine 52 zuführt. Über diesen Aufschmelzbereich 54 gelangt das Schüttgut in eine Extruderschnecke 55, mit der das Schüttgut 3 aufgeschmolzen und in eine nur schematisch dargestellte Spritzgussform 56 gelangt. Mit ihr wird aus dem aufgeschmolzenen Schüttgut 3 der jeweilige Gegenstand hergestellt.

[0149] Der beschriebene Unterdruck in der Anlage, hervorgerufen durch das Gebläse 36, wirkt über die Zuleitung 53 auch im Aufschmelzbereich 54 der Verarbeitungsmaschine 52. Dadurch können eventuell ausgasende feuchte Partikel oder andere flüchtige Stoffe noch am Beginn der Schmelzphase aus dem Schüttgut gezogen werden. Diese Gase werden dann über das Gebläse 36 aus dem Prozess entfernt.

[0150] Bei allen beschriebenen Ausführungsformen ist es entsprechend der Anlage gemäß Fig. 12 möglich, dass der Unterdruck auch im Aufschmelzbereich der Verarbeitungsmaschine 52 herrscht. Fig. 12 ist nur ein Ausführungsbeispiel, das jedoch nicht beschränkend in Bezug auf die sonstige Ausgestaltung der Anlage zu verstehen ist.

[0151] Bei den Ausführungsformen gemäß den Fig. 6 bis 12 ist als Unterdruckerzeuger das Gebläse 36 vorgesehen, mit dem auch das Schüttgut 3 in den Trocknungsbehälter 1 gesaugt wird. Der Unterdruck in der Anlage kann aber auch von einer beliebigen anderen Unterdruck erzeugenden Einrichtung erzeugt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Trocknen und/oder Kristallisieren von Schüttgut, insbesondere von Kunststoffgranulat, bei dem das in wenigstens einem Trocknungsraum befindliche Schüttgut mit einem Trocknungsmedium durchströmt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Trocknungsraum (104) mit dem Schüttgut (3) zumindest für einen Teil der Trocknungszeit unter Unterdruck gesetzt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass das Schüttgut (3) abwechselnd mit dem Trocknungsmedium und mit Unterdruck beaufschlagt wird.
- 5 3. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass das Schüttgut (3) gleichzeitig mit dem Trocknungsmedium und mit Unterdruck beaufschlagt wird.
- 10 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet, dass der Trocknungsraum (104) und ein an ihn anschließender Heizkreis (6, 9, 10, 12) unter Unterdruck gesetzt werden.
- 15 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, dass der Trocknungsraum (104) und ein Aufschmelzbereich (54) einer Verarbeitungsmaschine (52) unter Unterdruck gesetzt werden.
- 20 6. Verfahren zum Trocknen und/oder Kristallisieren von Schüttgut, bei dem das Schüttgut mit einem Trocknungsmedium durchströmt wird, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, dass mit dem Trocknungsmedium das Schüttgut nur partiell durchströmt wird, wobei der Trocknungsmediumsstrom so gelenkt wird, dass nacheinander alle oder zumindest alle Bereiche des Schüttgutes (3) erfasst werden.
- 25 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, dass das Trocknungsmedium mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten in das Schüttgut (3) eingebracht wird.
- 30 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch gekennzeichnet, dass das Trocknungsmedium im Kreislauf durch den Trocknungsbehälter (1) geführt wird, wobei vorzugsweise ein Teil des Trocknungsmediums nach dem Durchströmen des Schüttgutes (3) einer Entfeuchtungseinrichtung (20) und dann vorteilhaft als entfeuchteter Teil dem zum Trocknungsbehälter (1) strömenden Trocknungsmedium zugeführt wird.
- 35 9. Anlage zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 8, mit mindestens einem Trocknungsbehälter für das Schüttgut, an den wenigstens eine Zuführleitung für das Trocknungsmedium und wenigstens eine Rückluftleitung angeschlossen sind,
dadurch gekennzeichnet, dass die Anlage mit wenigstens einem Unterdruckerzeuger (36) versehen ist, mit dem zumindest der Trocknungsraum (104) im Trocknungsbehälter (1) zumindest für einen Teil der Trocknungszeit unter Unterdruck gesetzt wird.
- 40 10. Anlage nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet, dass der Unterdruckerzeuger (36) ein Gebläse ist, an dessen Saugseite eine Befüll-einrichtung (7) für das Schüttgut (3) angeschlossen ist.
- 45 11. Anlage nach Anspruch 9 oder 10,
dadurch gekennzeichnet, dass an den Auslass (8) des Trocknungsbehälters (1) eine Materialschleuse angeschlossen ist, die zwei Ventile (38, 39) aufweist, zwischen denen ein Zwischenraum (124) für das Schüttgut (3) angeordnet ist.
- 50 12. Anlage nach einem der Ansprüche 9 bis 11,
dadurch gekennzeichnet, dass der Auslass (8) des Trocknungsbehälters (1) über wenigstens eine Leitung (53) mit einem Aufschmelzbereich (54) einer Verarbeitungsmaschine (52) verbunden ist.
- 55 13. Anlage, insbesondere nach einem der Ansprüche 9 bis 12,
dadurch gekennzeichnet, dass der Trocknungsbehälter (1) so ausgebildet ist, dass das Trocknungsmedium in den Trocknungsraum (104) so eintritt, dass das Schüttgut (3) im Trocknungsraum (104) stets nur partiell mit dem Trocknungsmedium beaufschlagt wird.
14. Anlage nach Anspruch 13,

dadurch gekennzeichnet, dass der Trocknungsbehälter (1) wenigstens ein inneres Rohr (4) und wenigstens ein das innere Rohr (4) unter Bildung des Trocknungsraumes (104) umgebendes äußeres Rohr (2) aufweist, die jeweils Durchtrittsöffnungen für das Trocknungsmedium aufweisen, und dass vorteilhaft an einem der beiden Rohre (2, 4) Einbauten (4.1, 4.3, 4b, 4c) vorgesehen sind, mit denen eine partielle Durchströmung des Schüttgutes vorgenommen wird.

5

15. Anlage nach Anspruch 14,

dadurch gekennzeichnet, dass die Einbauten (4.1) durch ein Innenrohr bzw. ein Außenrohr gebildet sind, das im inneren Rohr (4) bzw. auf dem äußeren Rohr (2) drehbar gelagert ist, wobei vorteilhaft das Innen/Außenrohr (4,1) wenigstens eine, vorzugsweise mehrere Durchlassöffnungen (4.2) für den Durchtritt des Trocknungsmediums aufweist und die Öffnungen des inneren Rohres (4) bzw. des äußeren Rohres (2) durch das Innenrohr bzw. Außenrohr (4.1) bis auf den Bereich der Durchlassöffnung (4.2) abgedeckt sind.

10

16. Anlage nach Anspruch 15,

dadurch gekennzeichnet, dass ein Antrieb (5.2) für das Innenrohr bzw. das Außenrohr (4.1) außerhalb oder innerhalb des Trocknungsbehälters (1) angeordnet ist.

15

17. Anlage nach Anspruch 14,

dadurch gekennzeichnet, dass die Einbauten (4.3) durch wenigstens eine Blende gebildet sind, die im inneren Rohr (4) oder auf dem äußeren Rohr (2) axial verschiebbar ist und einen Teil der Löcher des inneren Rohres (4) bzw. des äußeren Rohres (2) abdeckt.

20

18. Anlage nach Anspruch 14,

dadurch gekennzeichnet, dass die Einbauten (4b, 4c) durch wenigstens einen Rührflügel gebildet sind, der vom inneren Rohr (4) bzw. vom äußeren Rohr (2) in den Trocknungsraum (104) absteht, und dass das innere Rohr (4) bzw. das äußere Rohr (2) um seine Achse drehbar ist.

25

19. Anlage nach Anspruch 18,

dadurch gekennzeichnet, dass von der Innenwand des äußeren Rohres (2) bzw. der Außenwand des inneren Rohres (4) mindestens ein Flügel (2a) absteht, der, in Achsrichtung der Rohre (2, 4) gesehen, den Rührflügel (4b) überlappt, der vorteilhaft ein Hohlkörper ist, in den das Trocknungsmedium strömt und der wenigstens eine Ausströmöffnung (121) für das Trocknungsmedium aufweist.

30

20. Anlage, insbesondere nach Anspruch 9,

dadurch gekennzeichnet, dass das innere Rohr (4) bzw. das äußere Rohr (2) ein gelochtes Rohr ist, das mittels eines Antriebes (5.2) um seine Achse drehbar ist.

35

40

45

50

55

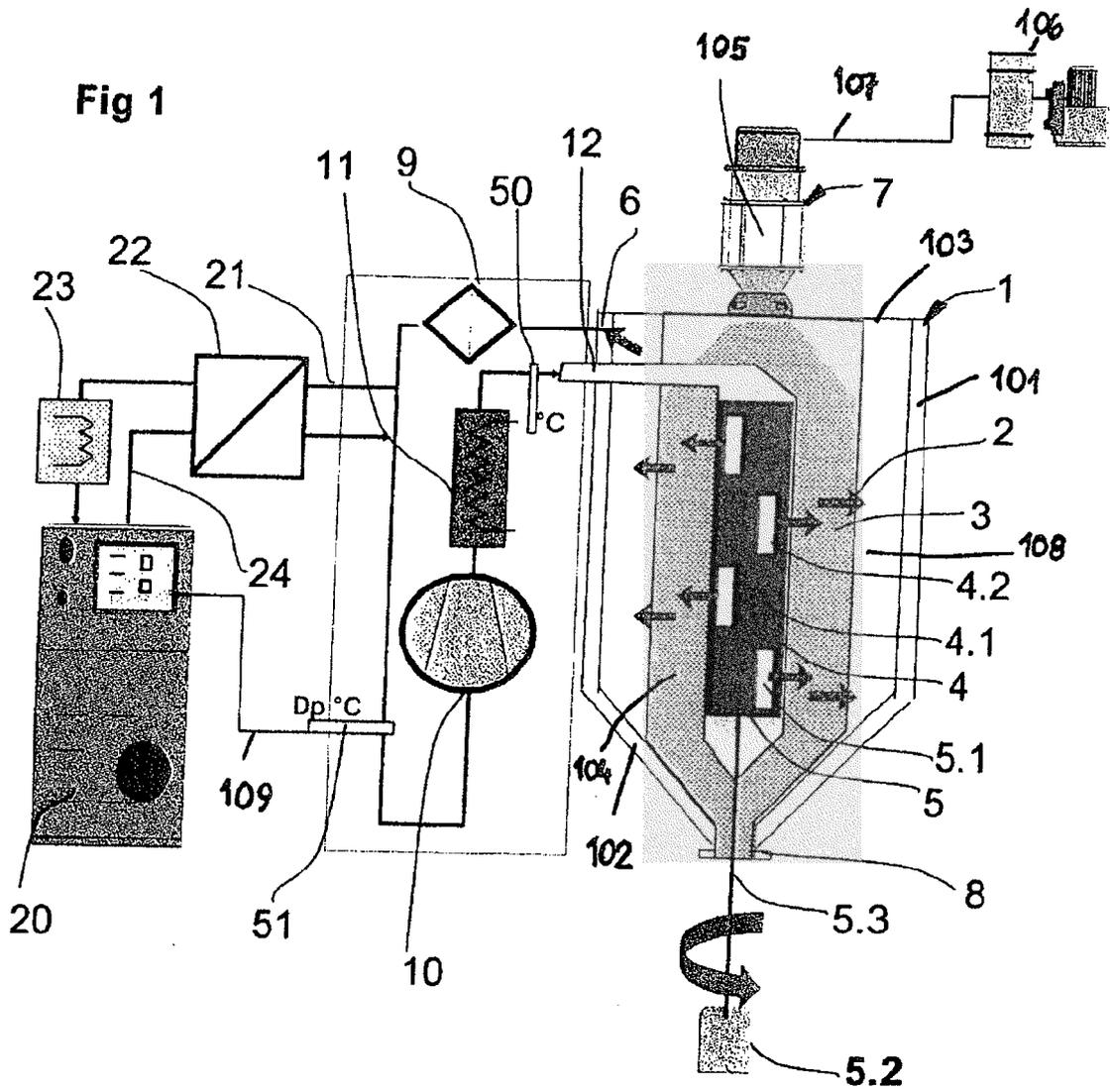


Fig 1a

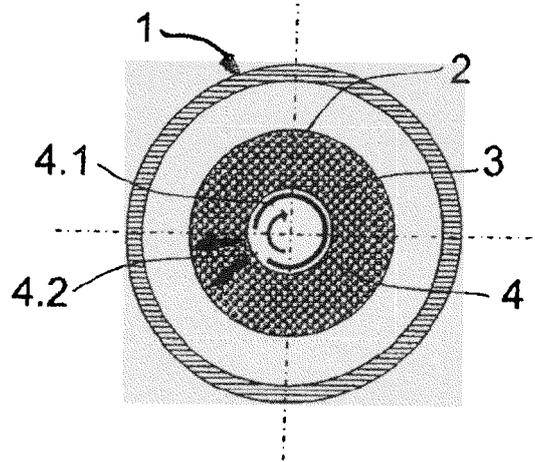


Fig 1b

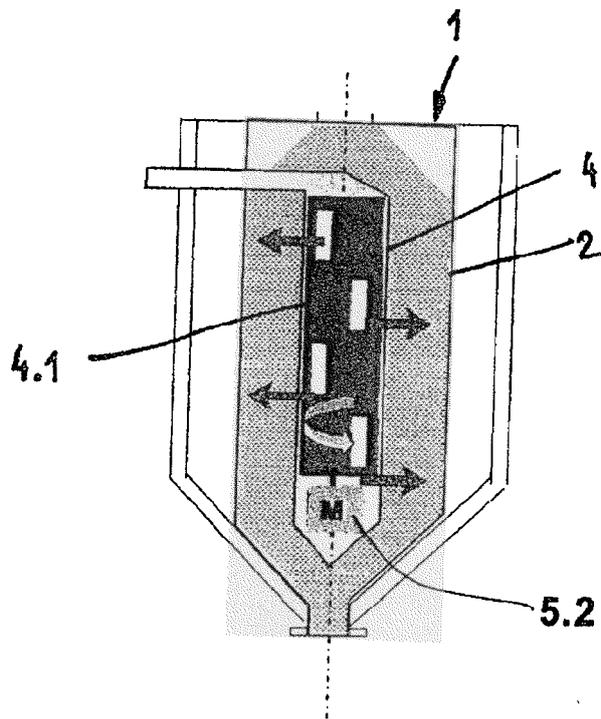


Fig 2a

Fig 2b

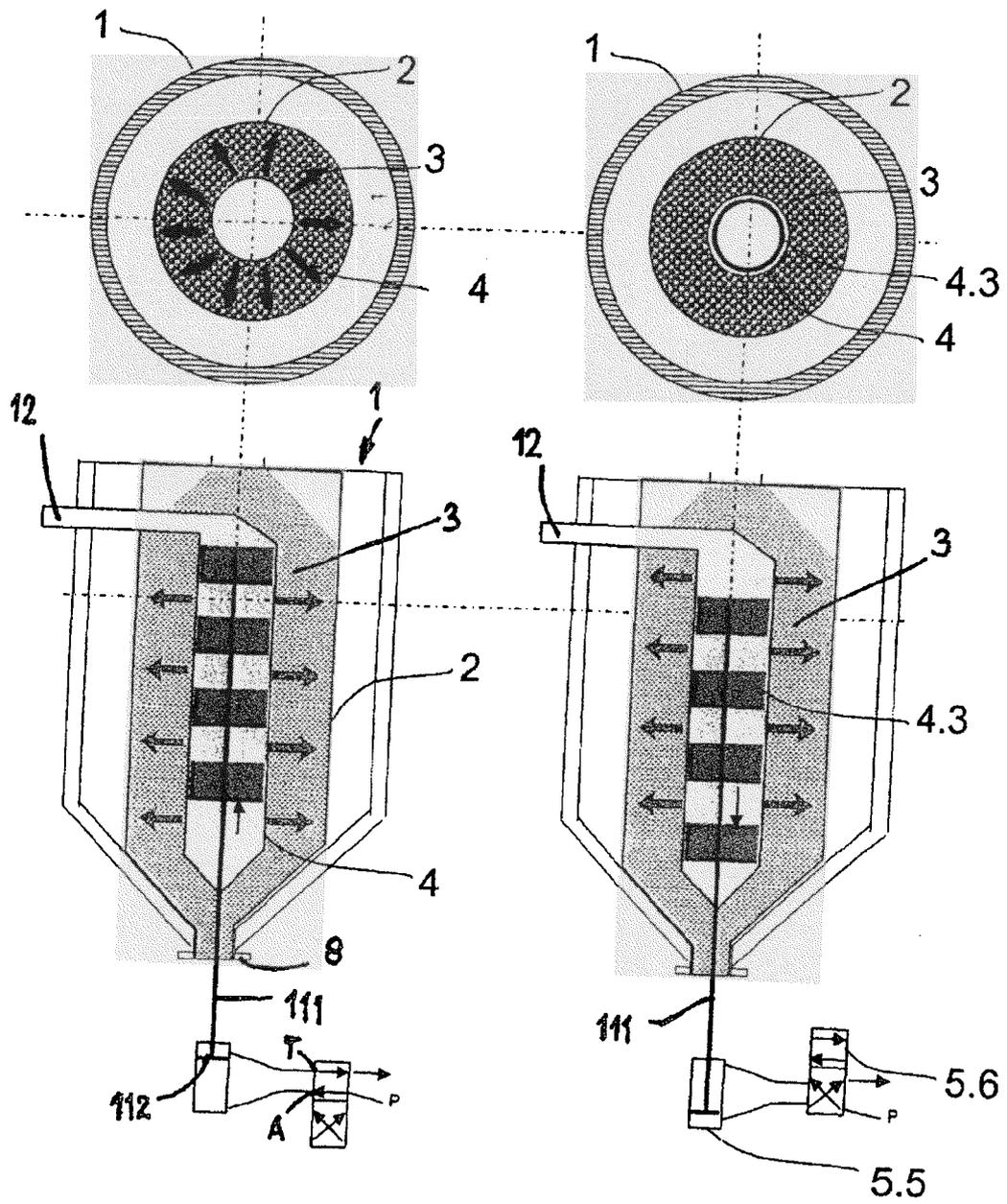
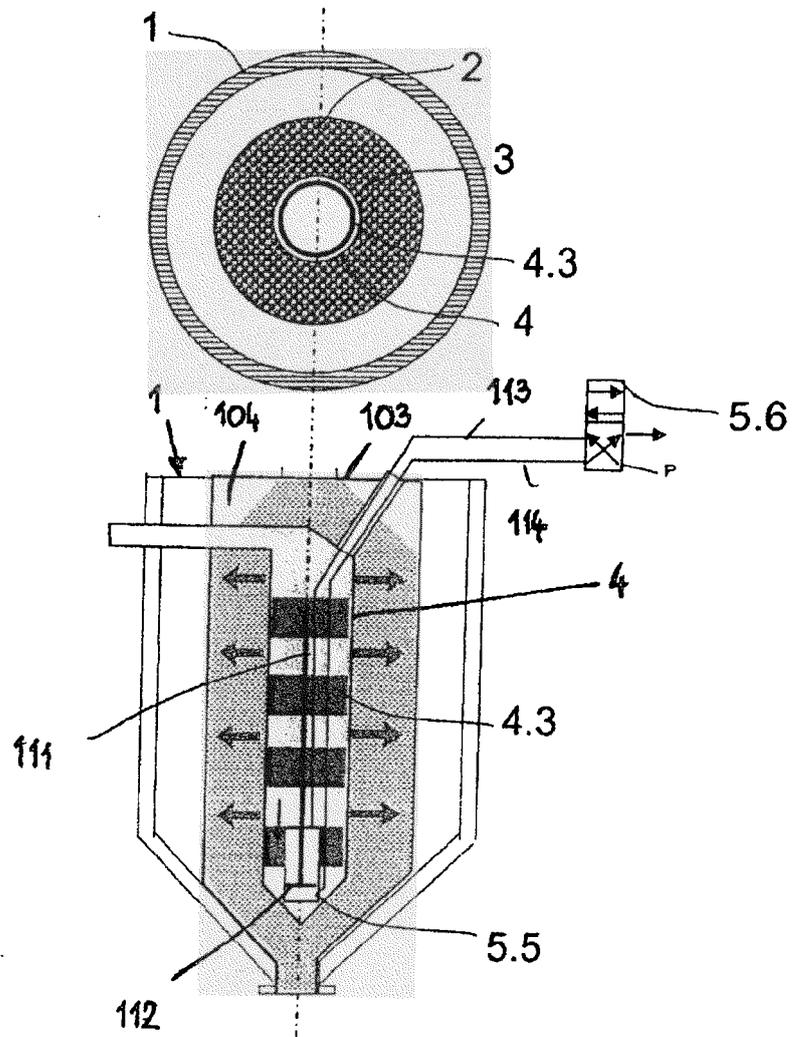


Fig 2c



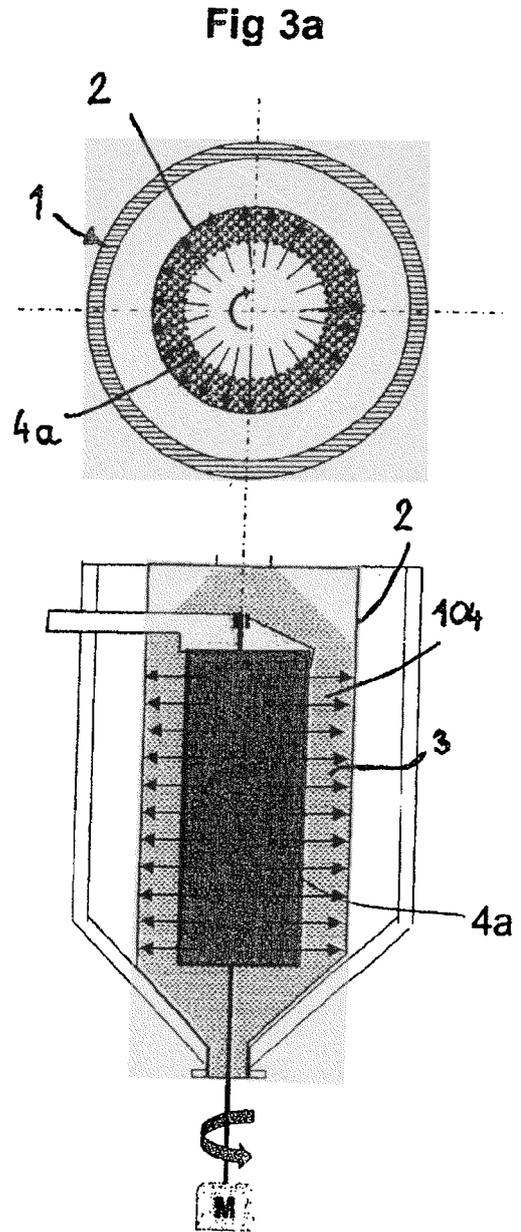
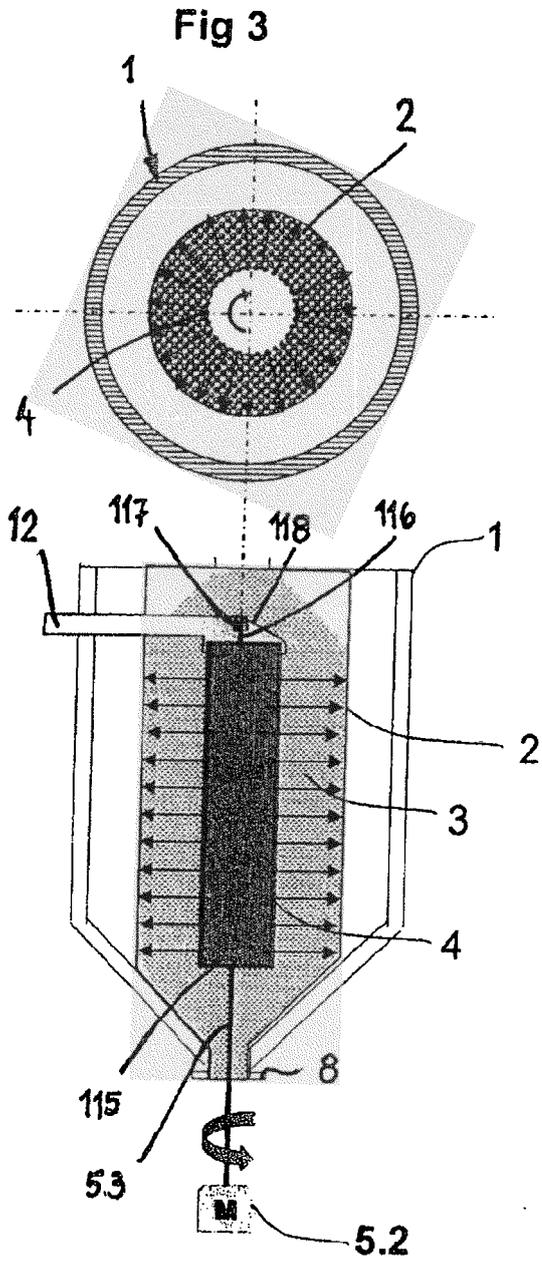
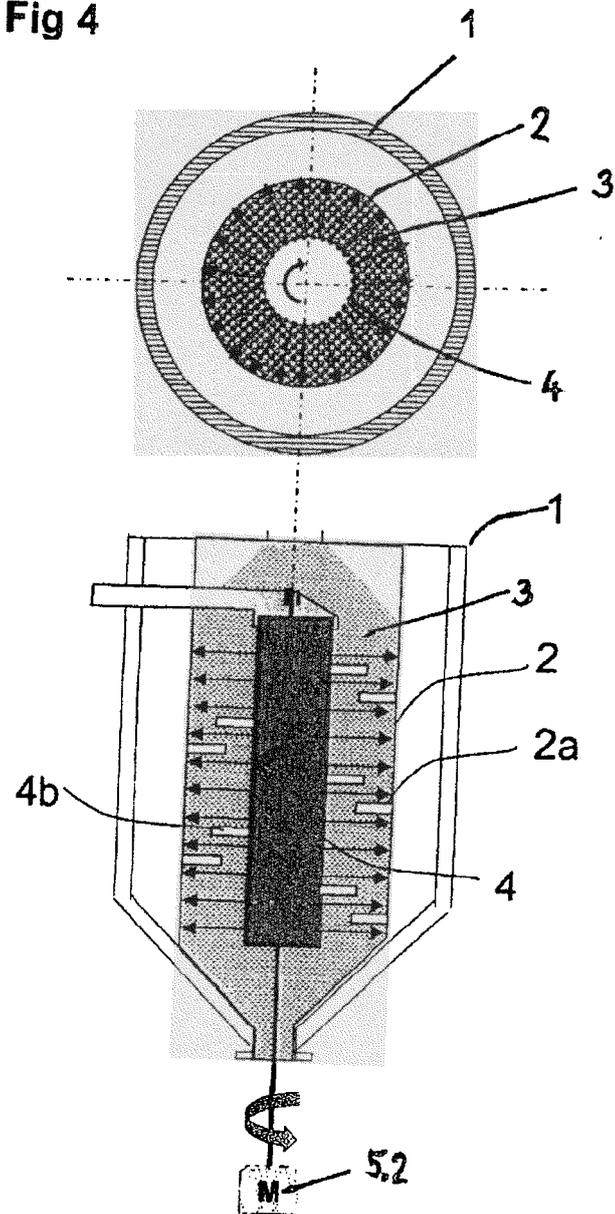


Fig 4



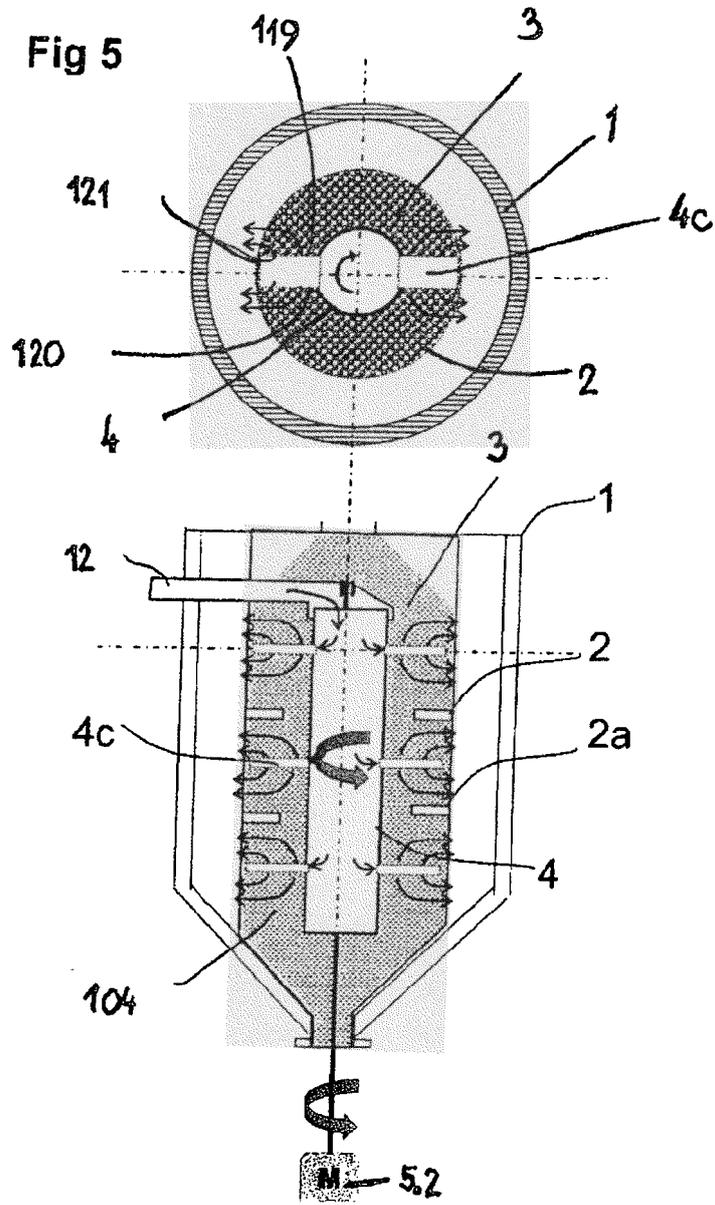


Fig 6

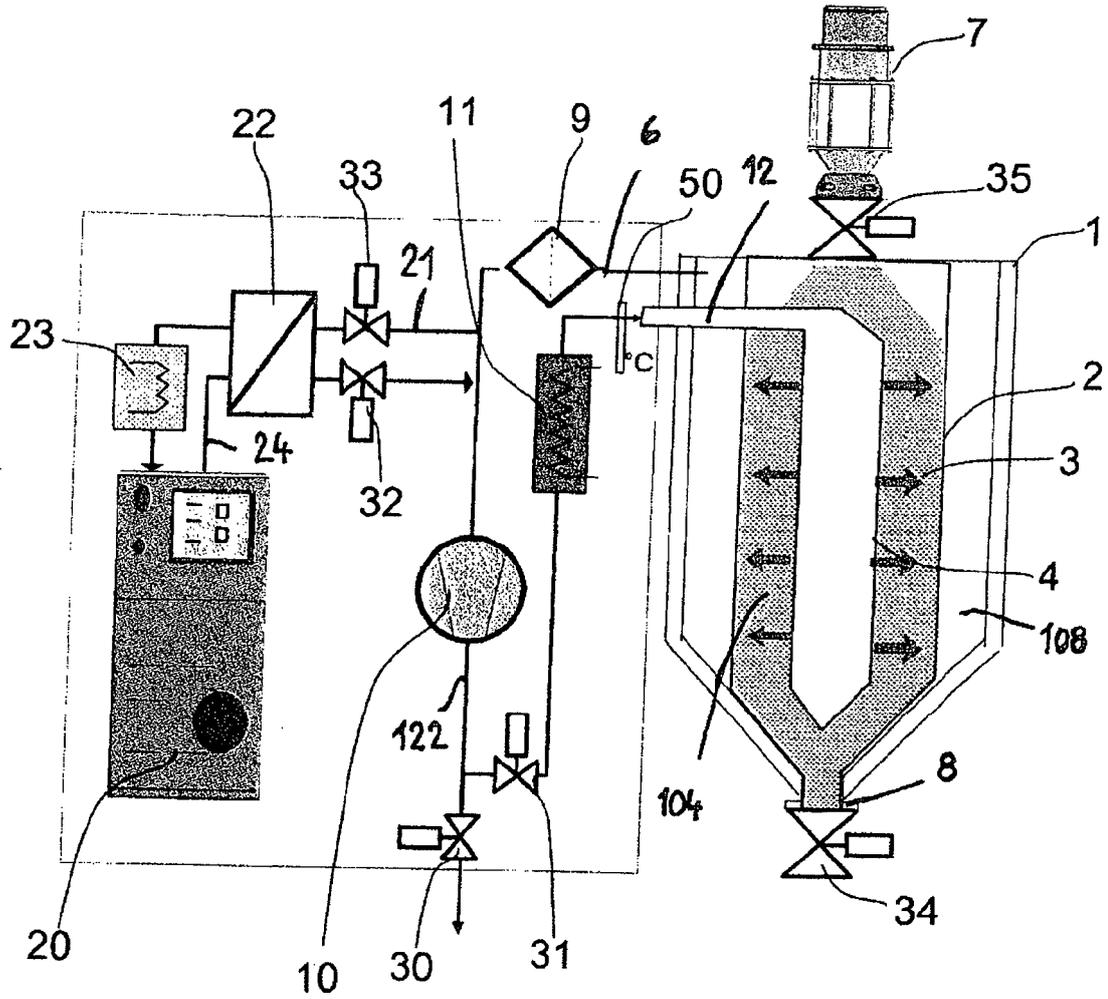


Fig 7

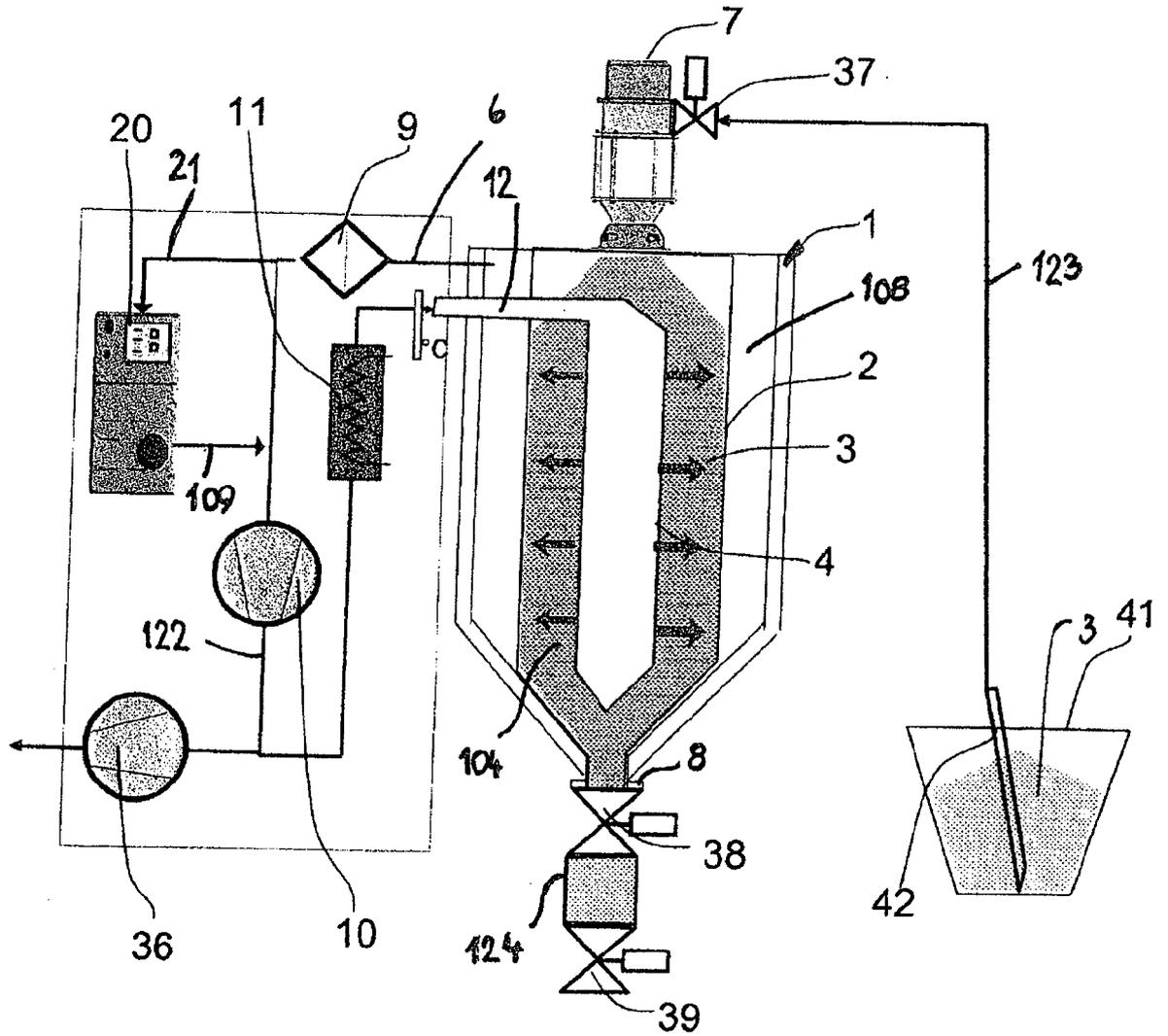


Fig 8

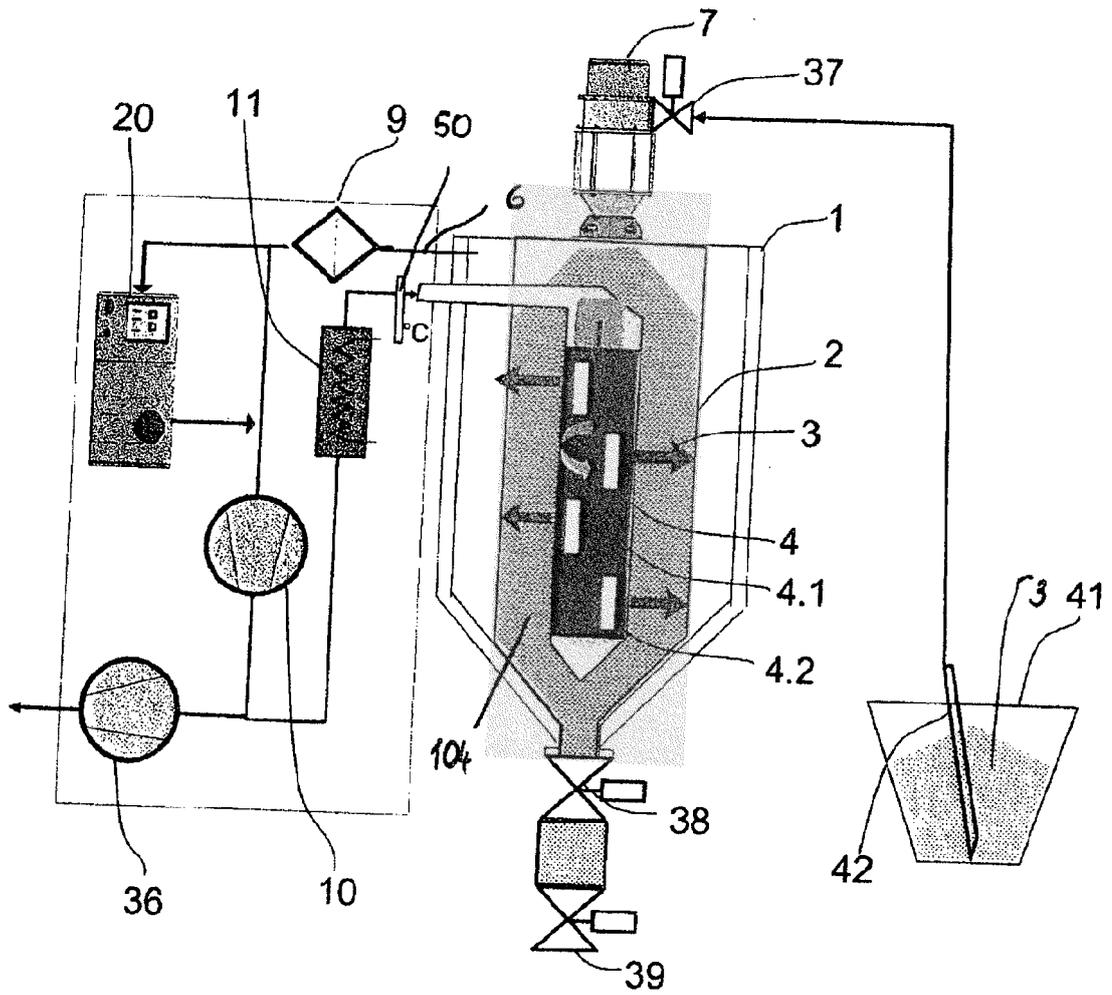


Fig 9a

Fig 9b

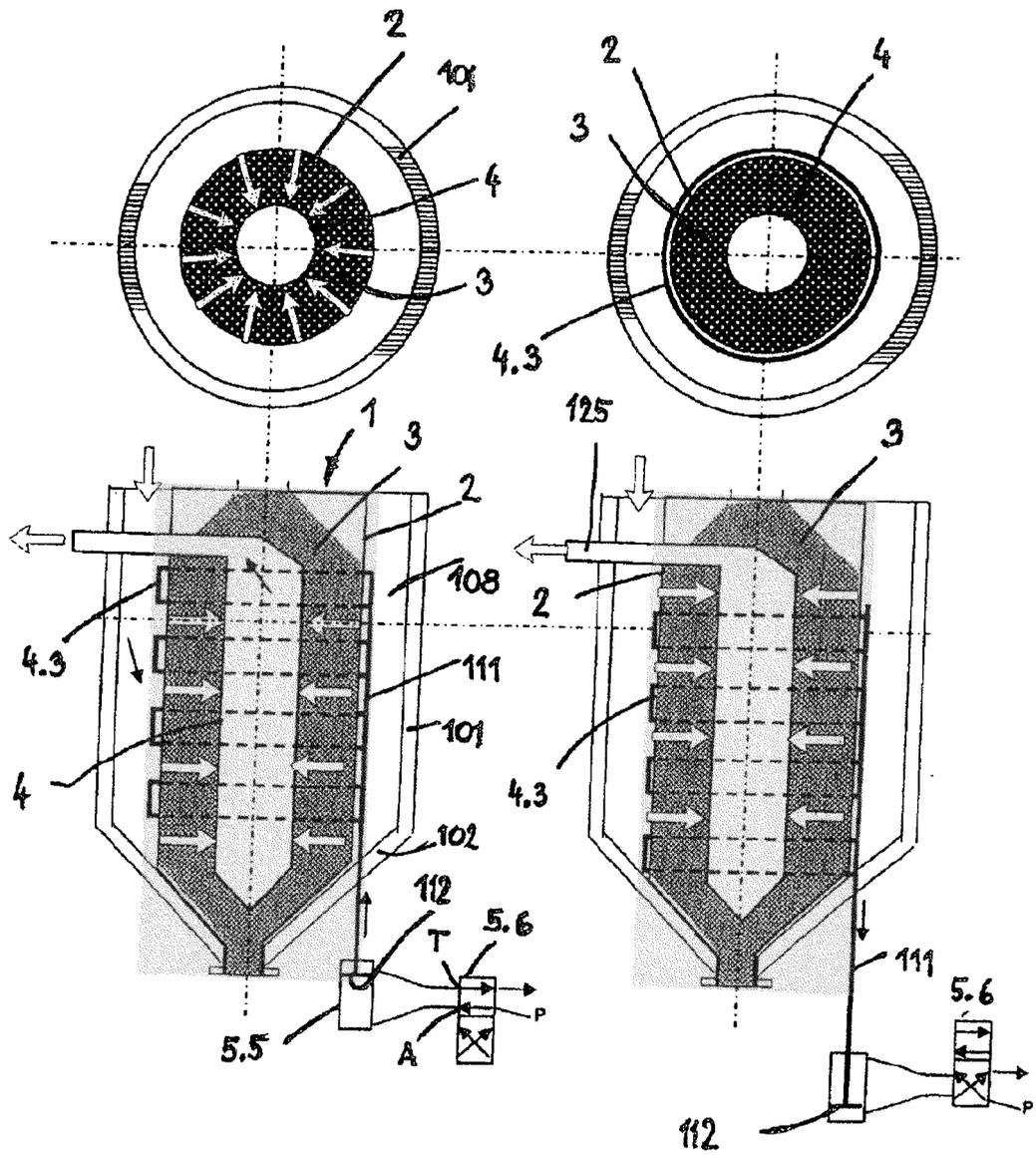


Fig 10

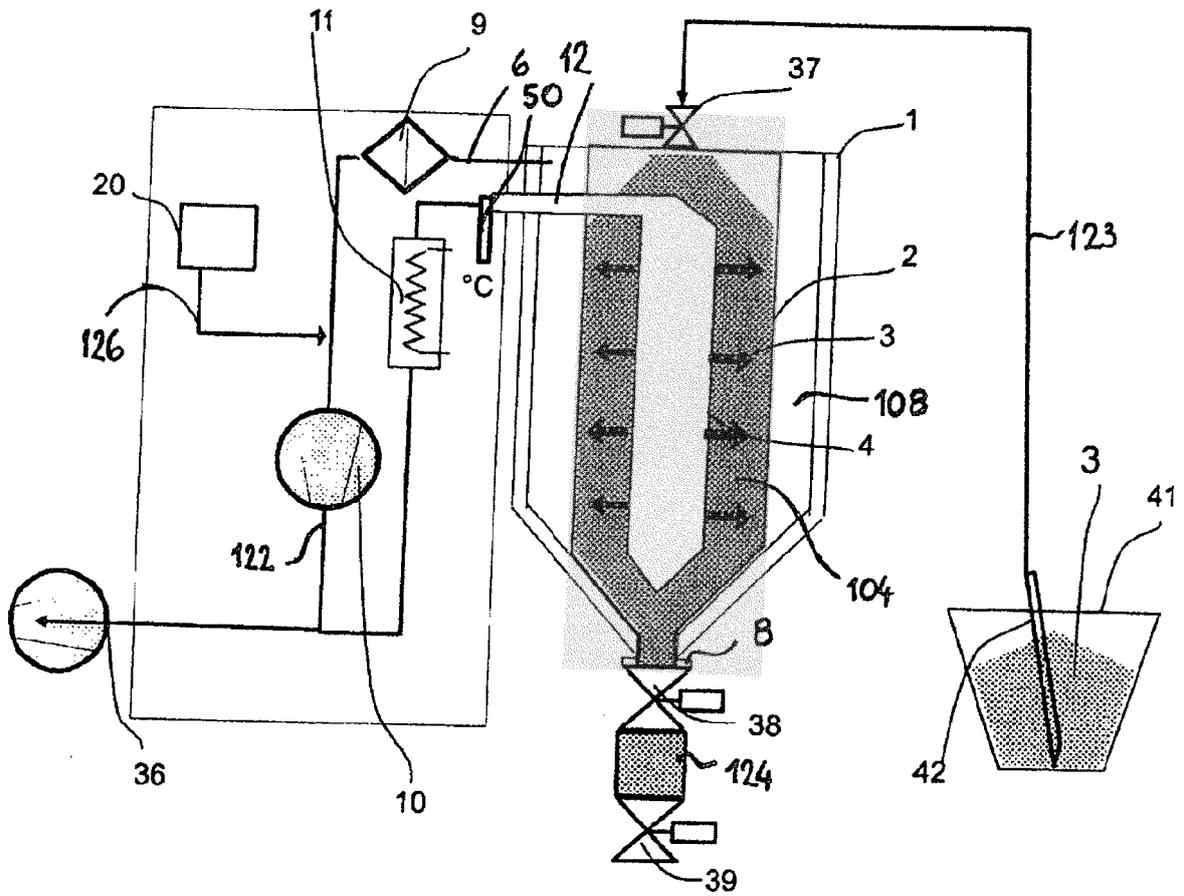


Fig. 11

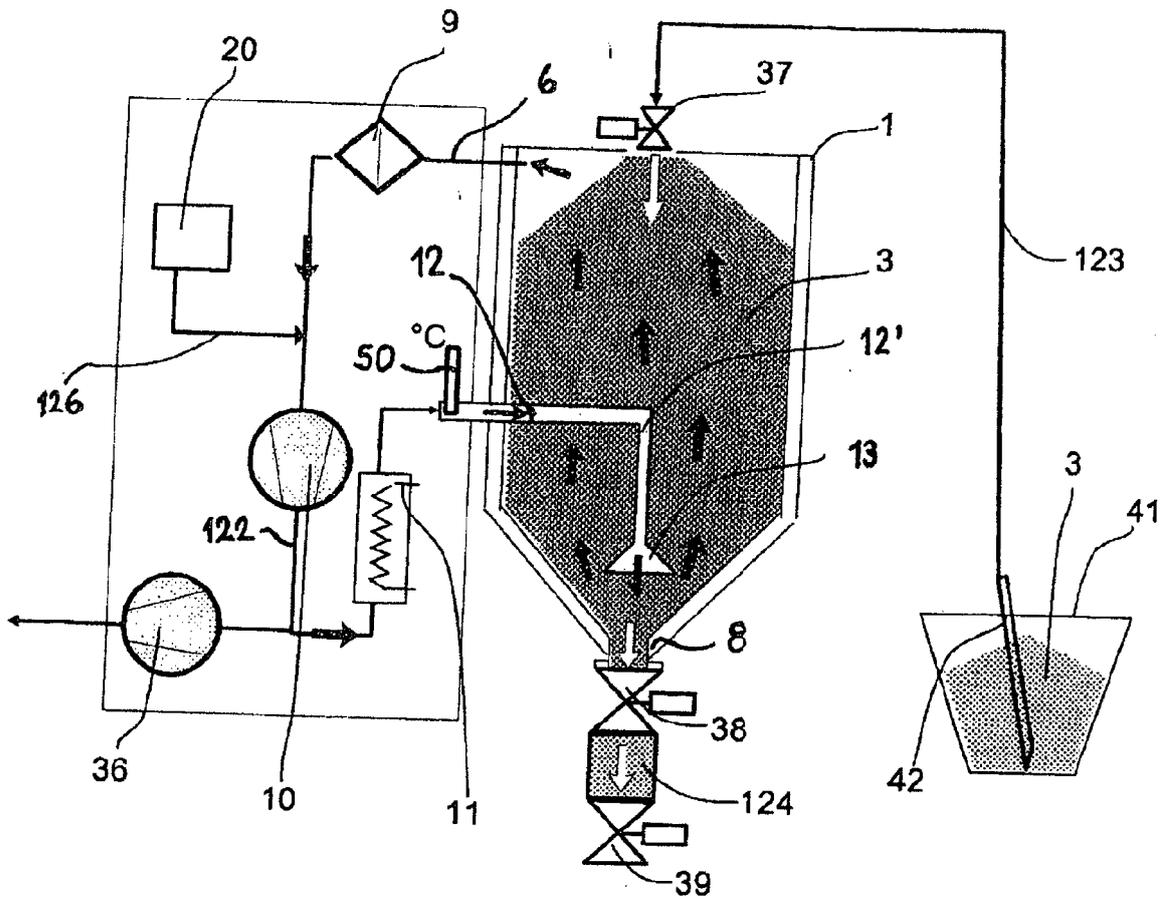


Fig 12

