



(19)

REPUBLIK  
ÖSTERREICH  
Patentamt

(10) Nummer: AT 409 345 B

(12)

# PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 341/2000  
(22) Anmeldetag: 02.03.2000  
(42) Beginn der Patentdauer: 15.12.2001  
(45) Ausgabetag: 25.07.2002

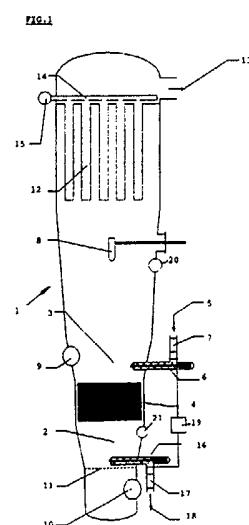
(51) Int. Cl.<sup>7</sup>: B01J 8/28  
B01J 2/16

(73) Patentinhaber:  
ZSIFKOVITS WILHELM  
A-2100 KORNEUBURG, NIEDERÖSTERREICH  
(AT).

AT 409 345 B

## (54) WIRBELSCHICHTVORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON GRANULATEN

(57) Vorrichtung und Verfahren zur Herstellung von Granulaten aus Pulvern, Schmelzen oder in Lösungen und/oder Suspensionen befindlichen Feststoffen bzw. zur Herstellung von Desublimat aus Dämpfen und dergleichen in mehreren Wirbelschichten (2, 3) bei dem das zu granulierende bzw. desublimierende Gut in zumindest einer ersten Wirbelschicht (3) granuliert bzw. desublimiert wird, wobei das Gut in ein oder mehreren Wirbelschichten (2) getrocknet wird und mittels Sichtung (4) ein kontinuierlicher Austausch zwischen mindestens einer granulierenden bzw. desublimierenden (3) und einer trocknenden Wirbelschicht (2) erfolgt.



Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung mit mindestens zwei Wirbelschicht-Kammern zur Herstellung von Granulaten aus Pulvern, Schmelzen oder in Lösungen und/oder Suspensionen befindlichen Feststoffen bzw. zur Herstellung von Desublimat aus Dämpfen und dergleichen.

Weiters betrifft die Erfindung auch ein Verfahren zur Herstellung von Granulaten aus Pulvern, Schmelzen oder in Lösungen und/oder Suspensionen befindlichen Feststoffen bzw. zur Herstellung von Desublimat aus Dämpfen und dergleichen in mehreren Wirbelschichten bei dem das zu granulierende bzw. desublimierende Gut in zumindest einer ersten Wirbelschicht granuliert bzw. desublimiert wird.

Die Wirbelschichttechnik wird für Prozesse mit chemischen Umsetzungen, wie z. B. Rösten von sulfidischen Erzen oder die katalytische Hydrierung flüssiger Erdölfractionen im Dreiphasen-Fließbett eingesetzt. Ein weiteres wichtiges Einsatzgebiet ist das Granulieren und das schonende Trocknen in der Wirbelschicht. Beim Wirbelschicht- oder Fließbettgranulieren von Pulvern zu Granulaten kommen zwei prinzipielle Apparatetypen zum Einsatz.

Zum einen vertikale Wirbelschichtgranulatoren, bei denen pulverförmiger Feststoff in den Granulator eingebracht wird. Durch Erhöhen der Gas- bzw. Luftmenge wird die Pulverschüttung in ein Fließbett bzw. eine Wirbelschicht übergeführt. Nach Erreichen einer stabilen Wirbelschicht wird mittels geeigneter Düsen Wasser oder andere Bindemittel von oben in die Wirbelschicht eingesprührt. Die Flüssigkeit benetzt die Pulverteilchen und beginnt sie zu agglomerieren. Ein feines Granulat entsteht. Durch geeignete Temperaturlösung wird gerade soviel Flüssigkeit abgetrocknet, so dass es nicht zum Überfeuchten des entstehenden Granulates kommt, aber genügend Feuchtigkeit zum weiteren Agglomerieren im Fließbett vorhanden ist. Durch Steigern der Luftmenge wird das schwerer werdende Bett über dem Wirbelpunkt gehalten. Die integrierten Staubabscheider bzw. Filter verhindern, dass kleinere Teilchen beim Erreichen der Austragsgeschwindigkeit aus dem Granulator entweichen. Nach Erreichen der gewünschten Granulatgröße wird das Einsprühen beendet und das Wirbelbett getrocknet. In den meisten Fällen wird die Zulufttemperatur dabei erhöht. Falls nötig wird nach dem Trocknen das Produkt wieder abgekühlt und dann entleert.

Andererseits sind horizontale Wirbeschichtgranulatoren bekannt, bei denen eine kontinuierliche Granulierung möglich ist. Dabei wird der pulverförmige Feststoff an einem Ende auf den Anströmboden aufgegeben. Der Anströmboden ist in Sektionen aufgeteilt, wobei im ersten Abschnitt das Pulver in ein Wirbelbett übergeführt wird; im zweiten Abschnitt wird gleichfalls mittels geeigneter Düsen Bindemittel aufgesprührt und das Pulver agglomeriert; im nächsten Abschnitt wird das entstandene Granulat getrocknet. Das Granulat kann am Ende der Fließstrecke gekühlt werden, bevor es über eine Austragschleuse den Apparat verlässt. Der Feststoff wird z. B. durch die Schrägen des Anströmbodens oder auch durch mechanische Hilfsmittel wie integrierte Schwingförderer durch die Sektionen bewegt.

Ebenfalls ist bekannt in vertikalen Wirbelschichtapparaten Feststoffe, die in einer Flüssigkeit z. B. Wasser gelöst oder suspendiert sind, zu granulieren. In diesem Fall ist die Granulation eine Mischung aus Sprühtrocknen und Wirbelschichtgranulieren. Wie beim Granulieren von Pulver wird die Flüssigkeit in die Wirbelschicht gesprührt, nur dass die Flüssigkeit Bindemittel und zu granulierender Rohstoff gleichzeitig ist. Dieser Prozess wird meistens in höheren Apparaten durchgeführt, um im Gasraum oberhalb des Wirbelbettes bereits einen Teil der Flüssigkeit zu verdampfen. Zusätzlich kann noch oberhalb der Wirbelschicht ein zusätzlicher Gasstrom zugeführt werden, um den Effekt der Sprühtrocknung zu vergrößern. Der Prozess kann diskontinuierlich, semikontinuierlich und kontinuierlich durchgeführt werden. Bei der diskontinuierlichen und der semikontinuierlichen Arbeitsweise wird die Menge in der Wirbelschicht durch Einsprühen von Lösung erhöht und dann die gesamte Menge (diskontinuierlich) oder eine Teilmenge (semikontinuierlich) des Granulats entnommen. Im Falle der kontinuierlichen Arbeitsweise wird nach dem Erreichen einer optimalen Wirbelschicht die Eintragsmenge an Feststoff, durch Einsprühen von Lösung oder Suspension, und die Austragsmenge konstant gehalten.

Vertikale Apparate haben gegenüber horizontalen Apparaten den grundsätzlichen Vorteil der Konstruktionsweise. Da sie zylindrisch/konisch gebaut werden ergeben sich deutliche Vorteile in Materialstärke und somit Gewicht, da die Druckstoßfestigkeit von "Rohren" deutlich günstiger ist als von "kastenförmigen" Konstruktionen mit ihren großen, flachen Flächen. Granulate im Chargenbetrieb aus vertikalen Apparaten sind auch von besserer Qualität in Bezug auf Gleichmäßigkeit

und Staubfreiheit, als solche aus horizontalen, kontinuierlichen Verfahren. Chargenprozesse, in welche fast jederzeit korrigierend eingegriffen werden kann, sind leichter zu steuern. Allerdings weisen sie den Nachteil auf, dass es faktisch unmöglich ist Pulver kontinuierlich zu granulieren.

Die kontinuierliche oder semikontinuierliche Arbeitsweise beim Granulieren von Feststofflösungen oder -suspensionen in vertikalen Anlagen vereinigt die Vorteile der vertikalen Bauweise, das sind: hohe Druckstoßfestigkeit bei geringer Materialstärke, vergleichsweise einfache Steuerung, einfache integrierte Filterkonstruktion bzw. Staubrückhaltesysteme mit dem prinzipiellen Vorteil der kontinuierlichen Arbeitsweise von horizontalen Bauarten. Die grundsätzliche Schwäche der beschriebenen Systeme ist die oftmals breite Größenverteilung der Granulate und damit verbunden der Staubanteil solcher Produkte.

In der Wirbelschicht herrscht auch eine starke innere Reibung, welche nicht harte und abriebfeste Granulate wieder zerstört und in kleinere Teilchen zerfallen lässt. Diese Feinanteile müssen durch nachfolgendes Sichten oder Sieben aus dem Gutkorn entfernt werden. Ein weiterer Nachteil der beschriebenen Konstruktionen beim kontinuierlichen Granulieren und Trocknen aus Lösungen oder Suspensionen ist der, dass immer wieder Feuchtigkeit aus dem Sprühnebel mit den bereits gebildeten Granulaten in Berührung kommt. Das kann bei verschiedenen Stoffen, welche Feuchtigkeit schlecht abgeben, dazu führen, dass die gewünschte Endfeuchte nicht erreicht werden kann, d. h. es muss nach dem kontinuierlichen Austragen noch ein weiterer Trockenschritt in einem externen Wirbelbett angeschlossen werden.

Im Falle der kontinuierlichen Trocknung und Granulation aus Lösungen oder Suspensionen ist es, um eine entsprechende Durchsatzleistung zu erhalten, notwendig mit hohen Zulufttemperaturen zu arbeiten. Oberhalb des Anströmbodens, im Wirbelbett, sinkt die Temperatur durch die Verdunstung der von oben zugeführten Flüssigkeit auf die durch die Prozessparameter eingestellte Betttemperatur. Die Temperatur des Anströmbodens und der unteren Konstruktionsteile der Apparate ist jedoch gleich der Zulufttemperatur. Kommt es z.B. zu einem Ausfall des Ventilators, sinkt die Wirbelschicht zur Schüttung zusammen und kommt mit den heißen Teilen direkt in Berührung. Dabei kann es zur Zersetzung der Schüttung kommen. Deshalb ist eine Limitierung der Zulufttemperatur auf ca. 20°C unterhalb des thermischen Zersetzungspunktes notwendig.

Um die obengenannten Nachteile zu überwinden, wurde versucht durch die Konstruktion eines Wirbelschichtapparates mit einem im Boden integrierten Sichter, die beschriebene Problematik zu lösen. Hierbei fallen die Granulate nach dem Erreichen der kritischen Größe aus der Wirbelschicht durch den Sichter hinaus. Durch Einstellen des separaten Sichterluftstroms lässt sich die Korngröße einstellen. Nicht gelöst ist dadurch die kontinuierliche Granulation von Pulver in einem Schritt, da keine Trocknung der gebildeten Teilchen erfolgen kann. Der Austrag von feuchten Granulaten ist sehr schwer möglich und würde Sichter und Austragsvorrichtung rasch verschmutzen, was zu kurzen Standzeiten führt. Die endgültige Trocknung müsste in einem weiteren nachgeschalteten Apparat erfolgen, in welchem es wieder zu einem entsprechenden Abrieb und zur Staubbildung kommen würde. Auch die Steuerung der Restfeuchte der Granulate aus der kontinuierlichen Trocknung von Lösungen oder Suspensionen wird dadurch nicht verbessert, da feuchte Granulate, welche durch den Sichter fallen, der weiteren Trocknung entzogen sind. Beim Ausfall des Ventilators in einer solchen Konstruktion wird durch den konischen Boden ein Teil der Granulate aus der Wirbelschicht hinausfallen, ein Teil der Schüttung wird aber trotz des konischen Bodens am Anströmboden verbleiben, da die Konizität des Anströmbodens, um eine gute Wirbelschicht zu erhalten, begrenzt ist. Das Volumen des Sichters und der Austragsvorrichtung können, wenn sie nicht überdimensioniert gebaut sind, die Menge an Schüttung keinesfalls aufnehmen, d. h. die Problematik der Zersetzung der Schüttung wird gleichfalls nicht gelöst.

Aus der EP 0 163 836 B1 sind ein Verfahren und eine Vorrichtung zur kontinuierlichen Herstellung von Granulaten mit enger Korngrößenverteilung bekannt, bei dem das zu granulierende Produkt in flüssiger Form mittels einer Sprühdüse von unten nach oben in ein Wirbelbett eingesprührt wird, und das fertige Granulat über einen oder mehrere in den Anströmboden der Wirbelbettapparatur eingesetzte Gegenstrom-Schwerkraft-Sichter entnommen wird. Gegebenenfalls wird das so erhaltene Granulat einer thermischen Nachbehandlung unterworfen. Auch hier bleiben die Probleme der Entnahme des feuchten Granulats und eine Zerstörung des erhaltenen Granulats bei einer anschließenden Trocknung aufgrund innerer Reibung zwischen den Teilchen bei der Trocknung ungelöst.

5 Ziel der Erfindung ist es daher eine vertikale Vorrichtung sowie ein Verfahren zur Herstellung von Granulat zu schaffen, bei der eine kontinuierliche Granulierung möglich ist, und gleichzeitig das Granulat getrocknet wird, um es auf einfache Weise aus der Vorrichtung entnehmen zu können und zu vermeiden, dass bei einer anschließenden, externen Trocknung aufgrund der Reibung das Granulat wieder zerstört wird.

10 Dieses Ziel wird bei einer Vorrichtung der eingangs angeführten Art erfindungsgemäß dadurch erreicht, dass mindestens eine erste Wirbelschicht-Kammer zur Granulierung über einen Schwerkraftsichter mit mindestens einer Wirbelschicht-Kammer zur Trocknung von aus der ersten Wirbelschicht-Kammer ausfallenden Feststoffen verbunden ist.

15 Bei dieser Konstruktion werden die für die bisherigen Konstruktionen beschriebenen Nachteile überwunden. Durch diese Konstruktion werden mindestens zwei Wirbelschicht-Kammern erhalten. Die untere Wirbelschicht-Kammer wird zum Trocknen der in der oberen erhaltenen Granulate verwendet. Der Abrieb und ev. mitgerissene Feinanteile werden durch den aufsteigenden Luftstrom laufend dem, über der unteren Wirbelschicht-Kammer angebrachten, Schwerkraftsichter zugeführt und aus der unteren Wirbelschicht-Kammer entfernt und in die obere Wirbelschicht-Kammer gebracht, wo durch Aufsprühen von weiterem Bindemittel diese Anteile wieder agglomeriert werden 20 und durch den Sichter wieder in die untere Wirbelschicht-Kammer zurückfallen.

25 Somit kann in solchen Apparaten auch Pulver kontinuierlich granuliert werden. Die pulverförmigen kleinen, leichten Teilchen werden im Sichter vom Luftstrom nach oben transportiert und können nicht in die untere Wirbelschicht-Kammer fallen. Durch Aufsprühen von Bindemittel, im einfachsten Fall Wasser, auf das Pulver wird dieses agglomeriert. Erst nachdem die Teilchen eine kritische Größe erreicht haben und ihr Gewicht größer ist, als die dem Gasstrom durch den Sichter entsprechende Geschwindigkeit, können sie in die untere Wirbelschicht-Kammer gelangen. In der Wirbelschicht-Kammer unterhalb des Sichters sind die Agglomerate dem Sprühnebel entzogen und werden durch den Zuluftstrom getrocknet. Dabei wird durch die innere Reibung der Wirbelschicht ein Teil wieder in kleinere Teilchen zerfallen. Diese werden wiederum mit dem Luftstrom aus der Wirbelschicht-Kammer dem Sichter angeboten und so sie leicht (klein) genug sind durch den Sichter nach oben transportiert. Dort treffen sie wieder auf den Sprühnebel aus Bindemittel und werden wieder agglomeriert.

30 Der erfindungsgemäße Wirbelschichtgranulator arbeitet normalerweise mit einer Anströmgeschwindigkeit von 1 bis 3 m/s je nach Dichte, Oberflächenbeschaffenheit und Größe der Teilchen in der Wirbelschicht. Das Trennen von Haufwerk im Schwerkraftsichter folgt der Grundgleichung der Schwerkraftsedimentation.

$$35 \quad w_0 = \sqrt{\frac{4 \cdot d \cdot \Delta p \cdot g}{3 \cdot \rho \cdot \zeta}}$$

$w_0$  .... Strömungsgeschwindigkeit  
 $d$  .... Teilchendurchmesser  
 $\Delta p$  .... Dichteunterschied des Transportmediums und der Teilchen  
 $\rho$  .... Dichte der Teilchen  
 $g$  .... Erdbeschleunigung  
 $\zeta$  .... Viskosität des Transportmediums

40 Daraus errechnet sich bei einer Strömungsgeschwindigkeit der Luft von 2 m/s eine Trenngröße von 0,24 mm für kugelförmige Teilchen mit einer Dichte von 1,35 g/cm<sup>3</sup>. D. h. Teilchen, welche kleiner als die Trenngröße sind, werden mit dem Gasstrom nach oben transportiert.

45 Für eine konstruktiv einfache Gestaltung, welche eine verlässliche Sedimentation gewährleistet, ist es vorteilhaft, wenn als Schwerkraftsichter ein Bündel von Rohren vorgesehen ist.

Um einen Sedimentationseffekt in dem Rohrbündel zu erzeugen ist wesentlich, dass eine laminaire Rohrströmung auftritt, wobei es hierfür günstig ist, wenn die Rohre eine Höhe aufweisen, die dem 7 bis 15 fachen des Rohrdurchmessers entspricht.

50 Ebenfalls ergibt sich eine konstruktiv einfache Gestaltung für die Sichtung, wenn als Schwerkraftsichter ein Zickzack-Sichter vorgesehen ist.

Um mit der Vorrichtung Granulate verschiedener Größe auf einfache Weise erzeugen zu können, ist es vorteilhaft, wenn der Schwerkraftsichter modularisch austauschbar ist.

55 Für einen einfachen Austausch des Schwerkraftsichters ist es von Vorteil, wenn der Schwerkraftsichter ausschwenkbar ist.

Damit das zu granulierende Gut einfach in den Wirbelschichtgranulator eingebracht werden kann, ist es vorteilhaft, wenn die erste Wirbelschicht-Kammer eine Aufnahmeverrichtung, beispielsweise eine Schnecke oder eine Schleuse, aufweist.

Für eine einfache effiziente Entnahme des fertigen Granulats, ist es günstig, wenn die zweite bzw. ein oder mehrere weitere Wirbelschicht-Kammer(n) eine Entnahmeverrichtung, beispielsweise eine Schnecke oder eine Schleuse, aufweist. Auch könnte die Entnahme über einen Zentralrohraustrag erfolgen, bei dem durch Verschieben eines zentralen Rohres in Richtung der Wirbelschichtkammern eine mittige Abdeckung angehoben wird, und somit das auszutragende Gut über das Zentralrohr entnommen werden kann.

10 Zur Steuerung der Verweilzeit, wodurch wiederum die Restfeuchte und die Stabilität (Härte) des Granulats gesteuert werden kann, ist es vorteilhaft, wenn eine, vorzugsweise Differenzdruck-gesteuerte, Steuervorrichtung der Auf- bzw. Entnahmemenge von Feststoffen, zwischen der Aufnahmeverrichtung und der Entnahmeverrichtung vorgesehen ist. Beim Start des Prozesses befindet sich natürlich kein Granulat im unteren Teil. Durch die Menge Granulat welche sich mit der Zeit 15 in der unteren Wirbelschicht ansammelt bevor man mit dem Austragen beginnt, lässt sich auf einfache Weise die durchschnittliche Verweilzeit beeinflussen.

20 Beim Granulieren aus Lösungen oder Suspensionen kann es von Vorteil sein, wenn die erste Wirbelschicht-Kammer an ihrem oberen Ende einen zusätzlichen Gaseinlass zum Trocknen der Lösung aufweist, da somit mit einer hohen Luftmenge getrocknet werden kann, ohne die Eigenschaften der Wirbelschicht oder der Schwerkraftsichtung zu beeinträchtigen.

Ein weiterer Vorteil einer solchen Konstruktion ist der, dass die Zulufttemperatur für das untere Fließbett relativ niedrig gehalten werden kann, da die benötigte Energie für die Trocknung der Suspension oder Lösung über die Kopfluft eingebracht werden kann.

25 Um die Luftmenge im Sichter zu erhöhen kann es günstig sein, wenn die zweite bzw. ein oder mehrere weitere Wirbelschicht-Kammer(n) an ihrem oberen Ende einen zusätzlichen Gaseinlass aufweist. Hierdurch kann die Trenngröße unabhängig von den übrigen Größen in der Vorrichtung erhöht werden.

30 Für eine weitere Steuerung der Trenngröße ohne Änderung der Gasgeschwindigkeit am Boden ist es günstig, wenn der Schwerkraftsichter eine freie Querschnittsfläche aufweist, die veränderbar ist.

Ein erfindungsgemäßes Verfahren der eingangs angeführten Art, ist dadurch gekennzeichnet, dass das Gut in ein oder mehreren Wirbelschichten getrocknet wird und mittels Sichtung ein kontinuierlicher Austausch zwischen mindestens einer granulierenden bzw. desublimierenden und einer trocknenden Wirbelschicht erfolgt.

35 Durch dieses Verfahren wird ein Kreislauf von Agglomeration, Trocknung und Zerfall instabiler Granulate geschaffen, durch welchen schlussendlich stabile, staubarme und abriebfeste Granulate erhalten werden.

Für eine Trennung von Granulaten verschiedener Größe ist es günstig, wenn das granulierte bzw. desublimierte Gut mit Hilfe einer laminaren Rohrströmung gesichtet wird.

40 Um eine kontinuierliche Erzeugung von Granulat zu ermöglichen, ist es vorteilhaft, wenn die gleiche Menge Gut über eine Aufnahmeverrichtung zugeführt wird wie über eine Entnahmeverrichtung entnommen wird.

45 Bei Verwendung von in Lösungen oder Suspensionen vorliegenden Feststoffen, welche granuliert werden sollen, ist es von Vorteil, wenn in die erste Wirbelschicht ein zusätzlicher Gasstrom eingeleitet wird. Damit kann mit hohen Luftmengen getrocknet werden, ohne dass die Eigenschaften des Fließbetts oder die Trennung im Sichter beeinträchtigt werden.

50 Ein weiterer Vorteil eines solchen Verfahrens ist der, dass die Zulufttemperatur für das untere Fließbett relativ niedrig gehalten werden kann, da die benötigte Energie für die Trocknung der Suspension oder Lösung über die Kopfluft eingebracht werden kann. Im Falle eines Ausfalls des Ventilators fallen alle Teilchen, da es keinen festen Anströmboden gibt, aus der heißen oberen Zone durch den Sichter in die kältere untere Zone. Somit kommen die Teilchen nur sehr kurz mit den heißen Materialteilen der Konstruktion in Berührung und es kann dadurch mit höheren Zulufttemperaturen gearbeitet werden, da die 20°C Sicherheitsdifferenz zwischen maximaler Zulufttemperatur und Zersetzungstemperatur reduziert werden kann.

55 Bei Produkten, die der Zersetzungstemperatur länger ausgesetzt werden können, kann in der

oberen Wirbelschicht, wenn es die jeweiligen Sicherheitsvorschriften zulassen, auch mit Zulufttemperaturen jenseits der Zersetzungstemperatur gearbeitet werden.

Für eine Steuerung der Restfeuchte des Granulats ist es vorteilhaft, wenn in mindestens eine das Granulat trocknende Wirbelschicht ein zusätzlicher Gasstrom eingeleitet wird.

5 Für die Steuerung der Stabilität und der Restfeuchte des Granulats, ist es günstig, wenn die Verweilzeit in der bzw. den das Granulat trocknenden Wirbelschicht(en) mittels der Zeitdifferenz zwischen dem Beginn der Gutaufnahme und der Gutentnahme gesteuert wird.

Um auf einfache Weise Granulat unterschiedlicher Teilchengröße zu erhalten und dabei die 10 Gasgeschwindigkeit am Boden konstant zu halten, ist es günstig, wenn mittels Änderung der Strömungsgeschwindigkeiten bei der bzw. den Sichtung(en) die Teilchengröße des gesichteten Gutes verändert wird.

Ebenfalls kann auf einfache Weise die Teilchengröße des Granulats festgelegt werden, wenn 15 vorteilhafter Weise mittels Änderung der Bodengeschwindigkeit in der bzw. den das Granulat trocknenden Wirbelschicht(en) die Teilchengröße des gesichteten Gutes verändert wird.

Die Erfindung wird nachstehend anhand von in der Zeichnung dargestellten bevorzugten Ausführungsbeispielen, auf die sie jedoch nicht beschränkt sein soll, noch weiter erläutert. Im einzelnen zeigen in der Zeichnung: Fig. 1 einen Querschnitt einer Vorrichtung mit zwei Wirbelschicht-Kammern zur Herstellung von Granulat aus Pulver, Schmelzen oder in Lösung befindlichen Feststoffen bzw. zur Herstellung von Desublimat aus Dämpfen mit einem integrierten Schwerkraftsichter, der die beiden Wirbelschicht-Kammern voneinander trennt; Fig. 2 einen herkömmlichen Zick-zack-Schwerkraftsichter; Fig. 3 einen herkömmlichen Rohrbündel-Schwerkraftsichter.

Fig. 1 zeigt eine Vorrichtung mit zwei Wirbelschicht-Kammern 2, 3 zur Herstellung von Granulat aus Pulver, Schmelzen oder in Lösungen befindlichen Feststoffen bzw. zur Herstellung von Desublimat aus Dämpfen, wobei ein Schwerkraftsichter 4 die beiden Wirbelschicht-Kammern 2, 3 voneinander trennt. Das zu granulierende Gut wird bei 5 in eine Aufnahmeverrichtung 6 eingegeben, die beispielsweise ein Schneckenförderer sein kann. Um das Einsaugen von Fremdluft zu verhindern ist beim Eintritt in den Schneckenförderer 6 eine Doppelpendelklappe 7 vorgesehen. Das Gut tritt über die Förderschnecke 6 in die obere Wirbelschicht-Kammer 3 ein, in welche sie mittels Besprühung mit einem Bindemittel, z.B. Wasser, welches mittels der Düse 8, die am oberen Ende der oberen Wirbelschicht-Kammer 3 vorgesehen ist, granuliert. Das in feinen Feststoffteilchen vorliegende Gut wird mittels dem Bindemittel zu größeren Einheiten agglomeriert, bis es bei 30 erreichen einer bestimmten Größe über den Schwerkraftsichter 4 aus der oberen Wirbelschicht-Kammer 3 gesichtet wird.

Das über die Aufnahmeverrichtung 6 in die obere Wirbelschicht-Kammer 3 eintretende Gut, 35 z.B. pulverförmiger Feststoff, wird mittels den Luftströmen, die bei einem oberen Kopflufteinlass 9 und einem unteren Bodenlufteinlass 10 in die Vorrichtung eintreten, nach oben transportiert. Teilchen, die einen geringeren Durchmesser als eine Trenngröße  $d$ , die sich aus der Grundgleichung der Schwerkraftsedimentation

40 
$$w_0 = \sqrt{\frac{4 \cdot d \cdot \Delta p \cdot g}{3 \cdot \rho \cdot \zeta}}$$
 ergibt (vgl. Erläuterung auf S. 6), aufweisen, können nicht durch den Schwerkraftsichter 4 in die untere Wirbelschicht-Kammer 2 eintreten. Erst nachdem die Teilchen durch Aufsprühen von Bindemittel mittels Düse 8 einen Durchmesser erreichen, der größer als jener der Teilchengröße  $d$  ist, fallen die Teilchen aufgrund ihres Gewichtes, welches größer ist als 45 die vom Luftstrom auf die Teilchen wirkende Auftriebskraft, durch den Sichter 4 in die untere Wirbelschicht-Kammer 2. In der unteren Wirbelschicht-Kammer 2 sind die Granulate dem als Bindungsmittel wirkenden Sprühnebel entzogen und werden dort mittels der durch den Anströmboden 11 durchtretenden Luft getrocknet. Hierbei wird durch innere Reibung in der Wirbelschicht ein Teil 50 des Granulats wieder in kleinere Teilchen zerfallen, so dass diese Teilchen wieder mit dem Luftstrom aus der unteren Wirbelschicht-Kammer 2 durch den Sichter 4 in die obere Wirbelschicht-Kammer 3 transportiert werden. In der oberen Wirbelschicht-Kammer 3 treffen sie wieder auf den Bindemittel-Sprühnebel, werden so wiederum agglomeriert und fallen aufgrund der Schwerkraft wieder durch den Schwerkraftsichter 4 in die untere Wirbelschicht-Kammer 2.

55 Somit ergibt sich eine Art Kreislauf zwischen Agglomerieren, Trocknen und Zerfall der instabilen Granulate, durch den zuletzt stabile staubarme und abriebfeste Granulate aus dem ursprüngli-

chen pulverförmigen Feststoff gebildet werden.

Oberhalb der oberen Wirbelschicht-Kammer 3 ist ein Filter 12 vorgesehen, der zur Reinigung der bei 13 austretenden Luft dient. Über dem Filter 12 ist eine Filterabblasevorrichtung 14 vorgesehen, welche mittels Druckluft aus einem Druckluftbehälter 15 den auf dem Filter 12 anhaftenden Staub ablöst.

Zur Entnahme der fertigen Granulate ist im unteren Endbereich der unteren Wirbelschicht-Kammer 2 eine Entnahmeverrichtung 16 vorgesehen, welche eine kontinuierliche, semikontinuierliche oder auch diskontinuierliche Entnahme von fertigem Granulat ermöglicht, beispielsweise kann ein Schneckenförderer vorgesehen sein. Auch die Entnahmeverrichtung 16 weist eine Doppelpendelklappe 17 auf, um ein Strömen des Gutes entgegen der vorgesehenen Richtung 18 und das Einsaugen von Fremdluft zu unterbinden.

Die Aufnahmeverrichtung 6 und die Entnahmeverrichtung 16 sind mittels einer Steuervorrichtung 19 verbunden durch welche es möglich ist, das Verhältnis der zugeführten und abgeführten Menge an Gut festzulegen. Beispielsweise kann hier der Differenzdruck am Anströmboden 11 für eine Steuerung, bei der die gleiche Menge Pulver in die obere Wirbelschicht zugeführt wird wie in der unteren Wirbelschicht-Kammer 2 entnommen wird, verwendet werden.

Ferner ist es möglich mittels dieser Steuereinrichtung 19 die Verweilzeit des Granulats in der Vorrichtung 1 zu bestimmen, da zu Beginn die untere Wirbelschicht-Kammer 2 leer ist und mittels der Steuervorrichtung 19 der Zeitpunkt bestimmt werden kann zu welcher Granulat aus der unteren Wirbelschicht-Kammer 2 entnommen wird. Durch die Steuerung der Verweilzeit lässt sich wiederum die Restfeuchte und Stabilität (Härte) des entnommenen Granulats in einem bestimmten Maß steuern. Zur Regelung der Granulatgröße lässt sich die freie Fläche des Schwerkraftsichters 4 und damit die Strömungsgeschwindigkeit im Schwerkraftsichter 4 verändern, wobei in diesem Fall die Luftgeschwindigkeit beim Bodenluftteinlass 10 konstant bleibt. Allerdings kann ebenfalls durch Einstellen der Bodenluftgeschwindigkeit die Trenngröße  $\omega_0$  eingestellt werden.

Beim Granulieren aus Lösungen oder Suspensionen kann ein zusätzlicher Luftstromeinlass 20 einer Vorrichtung 1 zum Trocknen der Lösung vorgesehen sein. Hierdurch kann mit einer hohen Luftmenge getrocknet werden, ohne dass die Eigenschaften der Wirbelschicht oder der Schwerkraftsichtung beeinträchtigt werden. Ebenfalls kann am oberen Ende der unteren Wirbelschicht-Kammer 2 ein weiterer Gasstromeinlass 21 vorgesehen sein, um die Luftmenge im Sichter zu erhöhen, was zu einer Erhöhung der Trenngröße  $\omega_0$  führt, ohne die Gasgeschwindigkeit durch den Anströmboden 11 zu erhöhen. Der Schwerkraftsichter 4 ist modulartig austauschbar, um je nach Anwendung der Vorrichtung 1 eine bestimmte Trenngröße  $\omega$  zu erreichen. Für ein einfaches Austauschen des Schwerkraftsichters 4 ist er ausschwenkbar in der Vorrichtung 1 gelagert.

Fig. 2 zeigt schematisch einen herkömmlichen Zickzack-Schwerkraftsichter, der in verschiedenen Ausführungsformen modulartig an der Stelle des Schwerkraftsichters 4 in die Vorrichtung 1 eingesetzt werden kann.

Fig. 3 zeigt schematisch einen Schwerkraftsichter 4, der aus einem Bündel von Rohren 22 besteht. Die Rohre weisen eine Höhe auf, die dem 7 bis 15fachen des Durchmessers der einzelnen Rohre entspricht. Hierbei ist wesentlich, dass in den Rohren eine laminare Rohrströmung auftritt, wodurch ein Sedimentationseffekt erreicht wird.

#### PATENTANSPRÜCHE:

45

1. Vorrichtung (1) mit mindestens zwei Wirbelschicht-Kammern (2, 3) und mindestens einer Aufnahme- und einer Entnahmeverrichtung (6, 16) zur Herstellung von Granulaten aus Pulvern, Schmelzen oder in Lösungen und/oder Suspensionen befindlichen Feststoffen bzw. zur Herstellung von Desublimat aus Dämpfen und dergleichen, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine erste Wirbelschicht-Kammer (3) zur Granulierung über einen Schwerkraftsichter (4) mit mindestens einer Wirbelschicht-Kammer (2) zur Trocknung von aus der ersten Wirbelschicht-Kammer (3) ausfallenden Feststoffen verbunden ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Schwerkraftsichter (4) ein Bündel von Rohren (22) vorgesehen ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Rohre (22) eine Höhe

- aufweisen, die dem 7 bis 15-fachen des Rohrdurchmessers entspricht.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Schwerkraftsichter (4) ein Zickzack-Sichter vorgesehen ist.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Schwerkraftsichter (4) modularig austauschbar ist.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Schwerkraftsichter ausschwenkbar ist.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Wirbelschicht-Kammer (3) die Aufnahmeverrichtung (6), beispielsweise eine Schnecke oder eine Schleuse, aufweist.
- 10 8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite bzw. ein oder mehrere weitere Wirbelschicht-Kammer(n) (2) die Entnahmeverrichtung (16), beispielsweise eine Schnecke, ein Zentralrohraustrag oder eine Schleuse, aufweist.
- 15 9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass eine, vorzugsweise differenzdruckgesteuerte, Steuervorrichtung (19) der Auf- bzw. Entnahmemenge von Feststoffen, zwischen der Aufnahmeverrichtung (6) und der Entnahmeverrichtung (16) vorgesehen ist.
- 10 10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Wirbelschicht-Kammer (3) an ihrem oberen Ende einen zusätzlichen Gaseinlass (20) aufweist.
- 20 11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite bzw. ein oder mehrere weitere Wirbelschicht-Kammer(n) (2) an ihrem oberen Ende einen zusätzlichen Gaseinlass (21) aufweist.
- 25 12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Schwerkraftsichter (4) eine freie Querschnittsfläche aufweist, die veränderbar ist.
- 30 13. Verfahren zur Herstellung von Granulaten aus Pulvern, Schmelzen oder in Lösungen und/oder Suspensionen befindlichen Feststoffen bzw. zur Herstellung von Desublimat aus Dampfen und dergleichen in mehreren Wirbelschichten (2, 3) bei dem das zu granulierende bzw. desublimierende Gut in zumindest einer ersten Wirbelschicht (3) granuliert bzw. desublimiert wird, dadurch gekennzeichnet, dass das Gut in ein oder mehreren Wirbelschichten (2) getrocknet wird und mittels Sichtung ein kontinuierlicher Austausch zwischen mindestens einer granulierenden bzw. desublimierenden und einer trocknenden und/oder durch innere Reibung härtenden Wirbelschicht (2) erfolgt.
- 35 14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass das granulierte bzw. desublimierte Gut mit Hilfe einer laminaren Rohrströmung gesichtet wird.
15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass in die erste Wirbelschicht (3) ein zusätzlicher Gasstrom eingeleitet wird.
- 40 16. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass in mindestens einer das Granulat trocknende Wirbelschicht (2) ein zusätzlicher Gasstrom eingeleitet wird.
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass mittels Änderung der Strömungsgeschwindigkeiten bei der bzw. den Sichtung(en) die Teilchengröße des gesichteten Gutes verändert wird.
- 45 18. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass mittels Änderung der Bodengeschwindigkeit in der bzw. den das Granulat trocknenden Wirbelschicht(en) die Teilchengröße des gesichteten Gutes verändert wird.

HIEZU 1 BLATT ZEICHNUNGEN

FIG.1

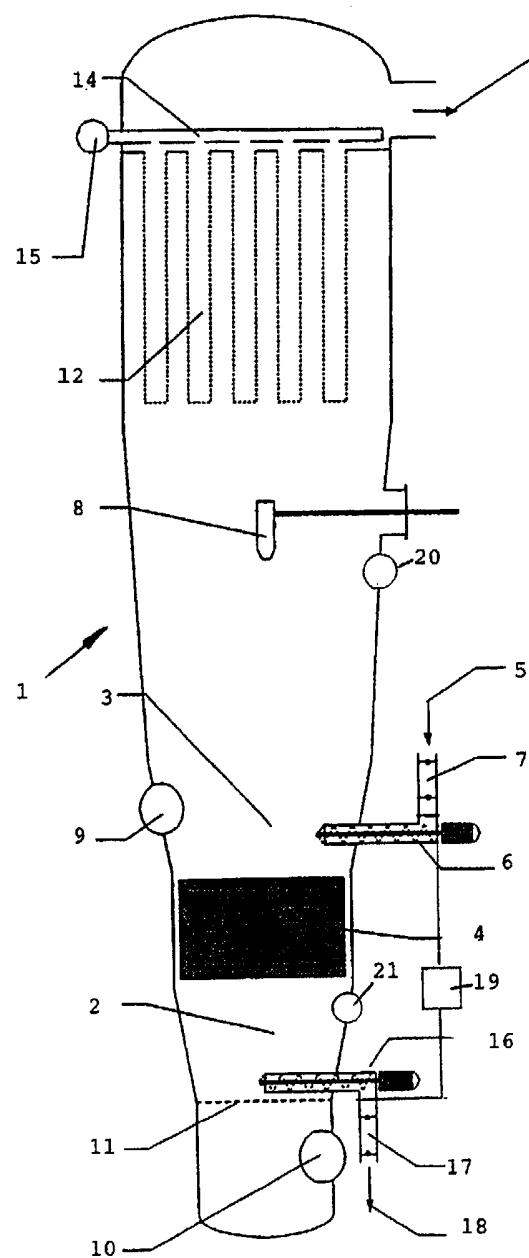


FIG.2

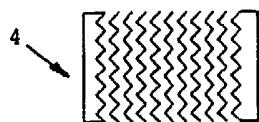


FIG.3

