



(11) **EP 2 351 616 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**
veröffentlicht nach Art. 153 Abs. 4 EPÜ

(43) Veröffentlichungstag:
03.08.2011 Patentblatt 2011/31

(51) Int Cl.:
B02C 17/16 (2006.01) B02C 13/12 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **09809693.6**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/JP2009/061930

(22) Anmeldetag: **30.06.2009**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2010/024038 (04.03.2010 Gazette 2010/09)

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

• **YOSHIKAWA Masahiro**
Hirakata-shi
Osaka 573-1132 (JP)
• **SHIBATA Takashi**
Hirakata-shi
Osaka 573-1132 (JP)

(30) Priorität: **25.08.2008 JP 2008215717**

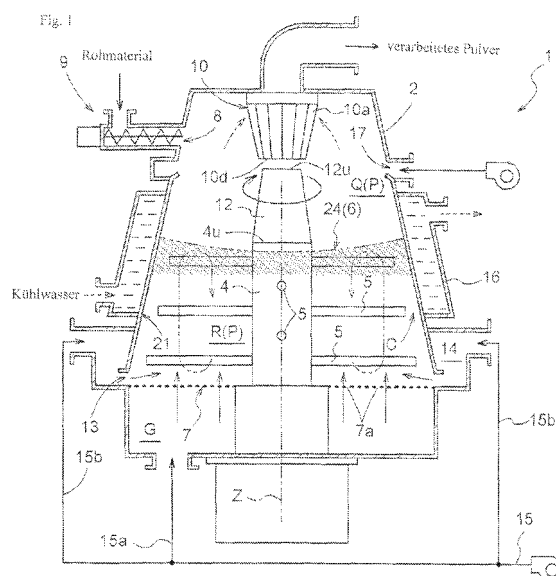
(71) Anmelder: **Hosokawa Alpine Aktiengesellschaft**
86199 Augsburg (DE)

(74) Vertreter: **Charrier, Rapp & Liebau**
Patentanwälte
Fuggerstrasse 20
86150 Augsburg (DE)

(72) Erfinder:
• **KAWAHARA Masayoshi**
Hirakata-shi
Osaka 573-1132 (JP)

(54) **MEDIENSCHÜTTELVORRICHTUNG ZUR VERARBEITUNG VON PULVER**

(57) Mit der vorliegenden Erfindung wird eine Vorrichtung zur Pulververarbeitung durch Rühren eines Mediums bereitgestellt, mit der sich die Effizienz der gesamten Verarbeitung vom Mahlen des zu verarbeitenden Materials bis zum anschließenden Klassieren und Sammeln des Pulvers steigern lässt. Die Vorrichtung 1 zur Pulververarbeitung durch Rühren eines Mediums verfügt über um die Längsachse frei drehbar angebrachte Rührelemente 5, die in einer bzw. mehreren Stufen in Radialrichtung nach außen aus der Rührachse 4 hervorragen; das zu verarbeitende Material im Behälter 2 wird zusammen mit dem Medium 6 durch diese Rührelemente 5 gerührt und gemahlen; das fertig gemahlene Pulver wird über einen oben im Behälter 2 angebrachten Klassierrotor 10 gesammelt. Die Innenwand des Behälters 2 weist eine Schräge 21 auf, die sich nach oben hin der Mitte annähert und sich von der Höhe der Unterkante des obersten Rührelements 5 bzw. von einer tieferen Lage aus nach oben erstreckt.



Beschreibung

Technischer Bereich

- 5 **[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Pulververarbeitung durch Rühren eines Mediums, bei der das zu verarbeitende Material zusammen mit einem Medium in einem Behälter gerührt und dadurch gemahlen wird.

Technischer Hintergrund

- 10 **[0002]** Aus dem Stand der Technik sind Rührmühlen und Kugelmühlen bekannt, die über in der Längsachse frei drehbar angebrachte Rührelemente verfügen, welche in einer bzw. mehreren Stufen in Radialrichtung nach außen aus der Rührachse hervorragen; dabei wird das zu verarbeitende Material durch die Rührelemente zusammen mit einem Medium in einem Behälter gerührt und dadurch gemahlen (siehe etwa Patentdokumente 1-4 unten). Bei solchen Rührmühlen wird das Medium im Behälter durch Drehung der Rührelemente um die Längsachse gerührt. Dabei wird das zu verarbeitende Material durch die im Medium auftretenden Mahlkraft, also Scherkräfte, Stoßkräfte, Druckkräfte, Reibkräfte etc., gemahlen.

[0003] Dabei sind auch solche Rührmühlen bekannt, bei denen oben im Behälter Klassierer angebracht sind, die das fertig gemahlene Material (Feinpulver) nach Partikeldurchmesser klassieren, sortieren und sammeln. Die in den vorstehend genannten Patentdokumenten 1 und 2 erwähnten Rührmühlen sind Beispiele hierfür.

- 20 **[0004]** Die in den Patentdokumenten 1 und 2 erwähnten Rührmühlen verfügen am Boden des Behälters über Öffnungen zum Einlassen eines Gasstroms; im Behälter steigt das gemahlene Feinpulver durch den am Boden des Behälters eingelassenen Gasstrom auf und wird zum Klassierer geleitet. Dadurch werden unnötige Verweilzeiten des fertig gemahlene Feinpulvers im Behälter verringert und ein Verklumpen des Feinpulvers aktiv verhindert, was wiederum eine Steigerung der Mahleffizienz gestattet. In den Patentdokumenten 1 und 2 ist zwar nicht explizit in den Beschreibungen erwähnt, jedoch aus den Zeichnungen ersichtlich, dass der Behälter oben über eine Schräge verfügt, die sich nach oben hin der Mitte annähert und sich von der Höhe der Unterkante des obersten Rührelements 5 bzw. von einer tieferen Lage aus nach oben erstreckt.

- 25 **[0005]** Die im Patentdokument 3 erwähnte Rührmühle verfügt über ein oberes Rührelement (oberes Rührwerk) und ein unteres Rührblatt, die relativ zueinander drehbar angebracht sind; das obere Rührelement und das untere Rührblatt werden mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten in entgegengesetzte Richtungen gedreht. Dadurch wird ein Verkleben des fertig gemahlene Feinpulvers im Behälter aktiv verhindert, was wiederum eine Steigerung der Mahleffizienz gestattet. Im Patentdokument 3 ist weiter ausgeführt, dass die Innenfläche des Behälters als Schräge ausgebildet ist, deren Durchmesser nach oben hin allmählich abnimmt.

- 30 **[0006]** Im Patentdokument 4 ist ausgeführt, dass oben im Behälter eine Schräge ausgebildet ist, deren Durchmesser nach oben hin abnimmt. Bei der im Patentdokument 4 erwähnten Rührmühle handelt es sich um eine sogenannte Nassmühle, bei der das zu verarbeitende Material als Suspension zugeführt wird.

Dokumente zum Stand der Technik

40 Patentdokumente

[0007]

- 45 Patentdokument 1: Patentanmeldung JP 2005-270780 A
 Patentdokument 2: Patentanmeldung JP 2003-265975 A
 Patentdokument 3: Patentanmeldung JP 2005-199124 A
 Patentdokument 4: Patentanmeldung JP 59-102452 A

Darstellung der Erfindung

50

Aufgabe der Erfindung

- [0008]** Bei den in den Patentdokumenten 1 und 2 erwähnten Rührmühlen wirkt auf das durch die Drehung der Rührelemente um die Längsachse aufgewühlte und im Behälter rotierende Medium eine Zentrifugalkraft; mit der Rotation um die Längsachse im Behälter stößt es gegen die Innenwand des Behälters und steigt dadurch an dieser hinauf in den oberen Bereich des Behälters. Daraufhin steigt es durch die Schwerkraft bedingt auf der Innenseite des Behälters wieder herab und erneut herauf; diese Bewegung wiederholt sich permanent. Bei den in den Patentdokumenten 1 und 2 erwähnten Rührmühlen ist dabei die Innenwand der Behälter auf Höhe der in mehreren Stufen angebrachten Rührele-

mente (hier vor allem der Oberkante des obersten Rührelements) als zur Bodenfläche senkrechte Vertikalebene ausgebildet. Bei solchen Rührmühlen lassen sich durch Erhöhung der Rührgeschwindigkeit die Mahlkräfte steigern; gleichzeitig führt aber eine Erhöhung der Rührgeschwindigkeit zu starkem Aufsteigen des Mediums an der Vertikalebene, wodurch das Medium zwischen dem Auf- und Absteigen stark an die Oberfläche treibt. Dadurch wird wiederum die zum Rühren des Mediums aufgebraachte Energie nicht ausreichend in Mahlenergie umgesetzt; es kommt zu größeren Energieverlusten. Bei den in den Patentdokumenten 1 und 2 erwähnten Rührmühlen besteht daher das Problem, dass ab einer bestimmten Geschwindigkeit jede weitere Erhöhung der Rührgeschwindigkeit zu einem verstärkten Auftrieb des Mediums an den Innenwänden des Behälters und damit zu einer Verringerung der Mahleffizienz führt.

[0009] Das gleiche Problem besteht auch bei der im Patentdokument 3 erwähnten Rührmühle: Bei der im Patentdokument 3 erwähnten Rührmühle wird das Anhaften des Feinpulvers an der Innenseite des Behälters durch das untere Rührblatt verringert, jedoch ist die Innenwand des Behälters auf Höhe der oberen Rührelemente (hier vor allem der Oberkante des allerobersten Rührelements) als zur Bodenfläche senkrechte Vertikalebene ausgebildet. Dies führt auch hier zu starkem Aufsteigen des - durch das oberste Rührelement aufgewühlten und im Behälter rotierenden, somit unter Einwirkung einer Zentrifugalkraft stehenden - Mediums an der Innenseite des Behälters (der Vertikalebene), wodurch das Medium zwischen dem Auf- und Absteigen stark an die Oberfläche treibt. Die Folge sind größere Energieverluste, die zu einer Verringerung der Effizienz beim Mahlen des zu verarbeitenden Materials führen.

[0010] Bei der im Patentdokument 4 erwähnten Rührmühle handelt es sich um eine Nassmühle gemäß der obenstehenden Beschreibung. Bei Rührmühlen, die dergestalt als Nassmühlen ausgeführt sind, unterscheidet sich, wie in der Zeichnung zum Patentdokument 4 durch Pfeil A angezeigt, das Verhalten des Mediums und des zu verarbeitenden Materials im Behälter von dem bei Trockenmühlen. Das in den Patentdokumenten 1-3 erwähnte, bei Rührmühlen inhärente Problem, dass die Effizienz beim Pulvermahlen durch Aufsteigen des Mediums über die Innenwand des Behälters an die Oberfläche verringert wird, tritt deshalb bei Rührmühlen, die als Nassmühlen ausgeführt sind, wie exemplarisch anhand des Patentdokuments 4 gezeigt, kaum auf. Da allerdings das zu verarbeitende Material als Suspension zugeführt wird, muss das fertig gemahlene Feinpulver durch entsprechende Prozesse getrocknet und eventuell verklumptes Feinpulver nach dem Trocknen aufgelöst werden, um ein trockenes Pulver zu erhalten. Die Effizienz der Verarbeitung bis zum Erhalt eines trockenen Pulvers mit dem gewünschten Partikeldurchmesser ist daher im Vergleich zu als Trockenmühlen ausgeführten Rührmühlen notwendigerweise niedrig.

[0011] Ziel der vorliegenden Erfindung ist es angesichts der oben erwähnten Problematik, im Rahmen einer Vorrichtung zur Pulververarbeitung durch Rühren eines Mediums, bei der das zu verarbeitende Material zusammen mit einem Medium im Behälter mittels Rührelementen gerührt und dadurch gemahlen wird und bei der das fertig gemahlene Pulver über einen Klassierer gesammelt wird, die Effizienz der gesamten Verarbeitung vom Mahlen des zu verarbeitenden Materials bis zum Klassieren und Sammeln des fertig gemahlenden Pulvers zu steigern.

Lösung der Aufgabe

[0012] Dieses Ziel soll erreicht werden durch eine Vorrichtung zur Pulververarbeitung durch Rühren eines Mediums, die über um die Längsachse frei drehbar angebrachte Rührelemente verfügt, welche in einer bzw. mehreren Stufen in Radialrichtung nach außen aus der Rührachse nach der vorliegenden Erfindung hervorragen, durch die das zu verarbeitende Material zusammen mit dem Medium im Behälter gerührt und gemahlen wird und bei der das fertig gemahlene Pulver über einen oben im Behälter angebrachten Klassierer klassiert und gesammelt wird; charakteristischerweise weist dabei die Innenwand des Behälters eine Schräge auf, die sich nach oben hin der Mitte annähert und sich von der Höhe der Unterkante des obersten Rührelements bzw. von einer tieferen Lage aus nach oben erstreckt.

[0013] Bei dem oben beschriebenen charakteristischen Aufbau ist die Innenseite des Behälters wenigstens auf Höhe der Unterkante des obersten Rührelements als Schräge ausgeführt, die sich nach oben hin der Mitte annähert, wodurch auf das durch die Rührelemente gerührte und unter Einwirkung einer Zentrifugalkraft stehende Medium beim Auftreffen auf der Innenwand des Behälters (auf der Schräge) im Höhenbereich des oberen Rührelements (Höhenbereich von der Unterkante bis zur Oberkante) eine Kraft schräg nach unten wirkt. Dadurch kann der Auftrieb, der auf das durch Einwirkung der Zentrifugalkraft an der Innenwand hochgedrückte Medium wirkt, verringert und ein übermäßiges Treiben des Mediums im Behälter an die Oberfläche unterdrückt werden. Somit kann die für das Rühren des Mediums aufgebraachte Energie wirksam in Mahlenergie umgesetzt und die Mahleffizienz gesteigert werden.

[0014] Durch das Treiben des Mediums an die Oberfläche haften das zu verarbeitende Material und das fertig gemahlene Pulver leicht an den entsprechenden Stellen an der Innenwand an. Da bei dem oben beschriebenen charakteristischen Aufbau das Treiben des Mediums an die Oberfläche unterdrückt werden kann, lässt sich hier auch das Anhaften des zu verarbeitenden Materials und des fertig gemahlenden Pulvers an der Innenwand verhindern. Indem das Treiben des Mediums an die Oberfläche unterdrückt wird, lassen sich weiter die Höhenunterschiede der zwischen der Innenwand des Behälters und dem Inneren des Behälters aus dem Medium, dem zu verarbeitenden Material und dem fertig gemahlenden Pulver (im Folgenden kurz "Pulver und Medium") gebildeten Hüllfläche verringern. Dadurch kann die Strömungsgeschwindigkeit des Gases zum Transport des fertig gemahlenden Pulvers vereinheitlicht und so wiederum

der Transport des Pulvers an den Klassierer verbessert werden. Im Endeffekt lässt sich so die Effizienz der gesamten Verarbeitung vom Mahlen des zu verarbeitenden Materials bis zum Sammeln des fertig gemahlene Pulvers durch den Klassierer steigern.

[0015] Hierbei erstreckt sich die Schräge idealerweise vom Boden des Behälters aus.

[0016] Durch diesen Aufbau kann der Auftrieb des Mediums im Höhenbereich der Rührelemente zuverlässig verringert werden, mit dem Ergebnis, dass ein übermäßiges Treiben des Mediums im Behälter an die Oberfläche wesentlich unterdrückt wird. Dadurch wiederum lässt sich die Effizienz bei der Verarbeitung des Pulvers wesentlich steigern.

[0017] Die Rührelemente sind hierbei in mehreren Stufen auf der Rührachse ausgebildet, wobei die Länge vom Mittelpunkt der Rührachse bis zum Rand des obersten Rührelements idealerweise kürzer gewählt ist als die Länge bis zum Rand des nächstunteren Rührelements.

[0018] Dieser Aufbau ermöglicht es, die Rührelemente mit gleichmäßiger Winkelgeschwindigkeit zu drehen und die Umfangsgeschwindigkeit am Rand des obersten Rührelements niedriger zu halten als die Umfangsgeschwindigkeit am Rand des nächstunteren Rührelements. Dadurch lässt sich die durch das obere Rührelement auf das Medium wirkende Zentrifugalkraft verringern. Im Endeffekt lässt sich hiermit der Auftrieb im Behälter verringern und das Treiben des Mediums an die Oberfläche unterdrücken.

[0019] Weiter verfügt der genannte Aufbau zwischen der Oberkante der Rührachse und der Unterkante des Klassierers idealerweise über ein Zwischenelement.

[0020] Dieser Aufbau ermöglicht es, das Gas zum Transport des fertig gemahlene Pulvers an den Klassierer im Bereich des Zwischenelements mit annähernd gleichmäßiger Geschwindigkeit aufsteigen zu lassen. Dadurch lässt sich das fertig gemahlene Pulver effizient zum Klassierer transportieren, wodurch sich wiederum die Effizienz der gesamten Verarbeitung vom Mahlen des Pulvers bis zum Klassieren wesentlich steigern lässt.

[0021] Weiter verfügt der Behälter an den Seitenflächen in Umfangsrichtung idealerweise über Öffnungen, die Gas in Radialrichtung nach innen verströmen.

[0022] Dieser Aufbau ermöglicht es, durch das aus den entsprechenden Öffnungen verströmte Gas die Dispergierbarkeit in dem Bereich, in dem Pulver und Medium im Behälter gerührt werden (im Rührbereich) zu steigern und dadurch das fertig gemahlene Pulver, das sich im Medium bzw. im zu verarbeitenden Material befindet, aus dem Rührbereich auszusondern und in den oberen Bereich des Behälters zu transportieren. Dadurch lassen sich unnötige Verweilzeiten des fertig gemahlene Pulvers im Rührbereich verringern, wodurch ein übermäßiges Mahlen des zu verarbeitenden Materials vermieden und die Effizienz der gesamten Verarbeitung im Behälter gesteigert werden kann.

Kurze Erläuterung der Zeichnungen

[0023]

[Abb.1] Abb. 1 zeigt den Aufbau einer Vorrichtung zur Pulververarbeitung durch Rühren eines Mediums nach der vorliegenden Ausführungsform.

[Abb.2] Abb. 2 dient zur Erläuterung der Kräfte, die an der Innenwand des Behälters auf das Medium wirken.

[Abb. 3] Abb. 3 zeigt schematisch die aus Medium u.a. im Behälter gebildete Hüllfläche.

[Abb.4] Abb.4 zeigt den Zusammenhang zwischen Schrägungswinkel und Mahleffizienz.

[Abb. 5] Abb. 5 zeigt schematisch den Aufbau einer Vorrichtung zur Pulververarbeitung durch Rühren eines Mediums nach einer weiteren Ausführungsform.

[Abb. 6] Abb. 6 zeigt schematisch den Aufbau einer Vorrichtung zur Pulververarbeitung durch Rühren eines Mediums nach einer weiteren Ausführungsform.

[Abb. 7] Abb. 7 zeigt schematisch den Aufbau einer Vorrichtung zur Pulververarbeitung durch Rühren eines Mediums nach einer weiteren Ausführungsform.

[Abb. 8] Abb. 8 zeigt schematisch den Aufbau einer Vorrichtung zur Pulververarbeitung durch Rühren eines Mediums nach einer weiteren Ausführungsform.

Ausführungsformen der Erfindung

[0024] Nachfolgend ist eine Ausführungsform der Vorrichtung zur Pulververarbeitung durch Rühren eines Mediums nach der vorliegenden Erfindung anhand der Zeichnungen erläutert. Die Vorrichtung 1 zur Pulververarbeitung durch Rühren eines Mediums nach der vorliegenden Ausführungsform ist dergestalt aufgebaut, dass das Mahlgut im Behälter 2 durch Rührelemente 5 zusammen mit Medium 6 gerührt und gemahlen und das fertig gemahlene Feinpulver über den oben im Behälter 2 angebrachten Klassierrotor 10 gesammelt wird. Abb. 1 zeigt den Aufbau einer Vorrichtung 1 zur Pulververarbeitung durch Rühren eines Mediums nach der vorliegenden Ausführungsform. Abb. 2 dient zur Erläuterung der Kräfte, die an der Innenwand des Behälters 2 auf das Medium 6 wirken. Abb. 3 zeigt schematisch die im Behälter 2 gebildete Hüllfläche.

[0025] Die Vorrichtung 1 zur Pulververarbeitung durch Rühren eines Mediums nach der vorliegenden Ausführungsform weist, wie in Abb. 1 gezeigt, im Behälter 2 Rührelemente 3, ein Medium 6, eine Bodenplatte 7 und einen als Klassierer dienenden Klassierrotor 10 sowie an den Seitenflächen des Behälters 2 angebrachte Verströmungsöffnungen 13, eine am Außenumfang des Behälters 2 angebrachte Ummantelung 16 und Gaseinlassöffnungen 17 auf. Am Behälter 2 ist oben eine Öffnung 8 zur Materialzufuhr angebracht; über einen dieser Öffnung 8 vorgeschalteten Schneckenförderer 9 wird das Material zugeführt. Der Behälter 2 weist an der Innenwand eine Schräge 21 auf, die sich nach oben hin der Mitte annähert.

[0026] Bei der vorliegenden Ausführungsform ragen aus der annähernd zylindrisch geformten Rührachse 4 mehrere Rührelemente 5 in mehreren Stufen in Radialrichtung nach außen hervor. Die Rührelemente 5 sind also im Behälter 2 um die Längsachse (Mitte der Drehachse Z) frei drehbar angebracht; durch Drehung um die Längsachse (Mitte der Drehachse Z) wird das zu verarbeitende Material, also das Mahlgut, zusammen mit dem Medium 6 gerührt und gemahlen. Dabei ist bei der vorliegenden Ausführungsform die Länge von der Mitte der Drehachse Z bis zum Rand des Rührelements 5 (im Folgenden teilweise als "Rührdurchmesser" bezeichnet) auf jeder Stufe jeweils kürzer gewählt als beim Rührelement 5 der nächstunteren Stufe. Der Rührdurchmesser der Rührelemente 5 ist also so gewählt, dass er zu den oberen Stufen hin abnimmt. Bei der vorliegenden Ausführungsform ist ferner der Freiraum zwischen dem Rand des Rührelements 5 und der unten erwähnten Innenwand des Behälters 2 (konkret: der Schräge 21) auf allen Stufen einheitlich breit. Damit das Medium 6 sich nicht zwischen den Rührelementen 5 und der Innenwand des Behälters 2 verklemmen kann, ist der Freiraum C vorzugsweise mindestens vier Mal so breit wie der Durchmesser von Medium 6, mit Abweichungen von höchstens einem Drittel. Mit "einheitlich breit" in Bezug auf den Freiraum C wird keine exakte Übereinstimmung gefordert, sondern vielmehr, dass der Freiraum auf allen Stufen annähernd gleich breit sei. Das bedeutet: Selbst wenn der Freiraum C durch Abrieb und ähnliche Faktoren variiert, so bewegt sich die Schwankungsbreite dennoch im Rahmen der hier zugrundegelegten Definition von "einheitlich breit" für den Freiraum C, solange sie ein Drittel des Durchmessers des Mediums 6 nicht übersteigt. Im Beispiel aus der Abbildung sind fünf Stufen zu jeweils zwei Rührelementen 5 auf gleicher Höhe angebracht, wobei jede Stufe wie in einem Hahnentrittmuster zur nächsten um 90 Grad versetzt angeordnet ist. Die Rührachse 4 ist an den Abtrieb eines Antriebsmotors gekoppelt (in der Abbildung ausgelassen); die Rührachse 4 und die Rührelemente 5 drehen sich diesem Antrieb entsprechend.

[0027] Für das Medium 6 wird je nach Mahlgut ein passender Werkstoff ausgewählt, beispielsweise Metalle wie Edelstahl oder Keramik. Zur Maximierung der im Medium 6 auftretenden Stoßkräfte wird vorzugsweise ein Werkstoff von hoher Dichte verwendet. Die Größe des Mediums 6 wird passend je nach Partikeldurchmesser des auszusondernden Feinpulvers ausgewählt. Da allerdings im Allgemeinen ein geringer Durchmesser auch zu einer Verminderung der im Medium 6 auftretenden Stoßkräfte führt, andererseits aber ein größerer Durchmesser die Berührungspunkte und damit die Stoßhäufigkeit verringert und somit das Mahlen erschwert, wird unter Berücksichtigung dieser beiden Faktoren vorzugsweise ein Medium 6 mit einem Durchmesser von 2-6 mm verwendet. Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass der Durchmesser des Mediums 6 im Laufe der Verwendung durch langfristigen Abrieb allmählich abnimmt, sollte für den Durchmesser idealerweise zunächst ein Wert von etwa 5-6 mm gewählt werden.

[0028] Bei der Bodenplatte 7 handelt es sich um ein am Boden im Behälter 2 gelegenes scheibenförmiges Element, das den Bereich von der Mitte bis zur Innenwand bedeckt. Die Bodenplatte 7 unterteilt den Innenraum des Behälters 2 in die zwei Bereiche Pulververarbeitungskammer P und Gasraum G. Die Pulververarbeitungskammer P, also der Raum im Behälter 2 von der Bodenplatte 7 bis zum Klassierrotor 10, ist der Raum, in dem das Mahlgut zusammen mit dem Medium 6 durch die Rührelemente 5 gerührt und gemahlen wird; der Gasraum G ist der Raum, der den über den Gaszuströmkanal 15a zugeführten Gasstrom vorübergehend aufnimmt. Dabei wird für den Gasstrom normalerweise Luft verwendet. Es können jedoch auch Schutzgase wie Stickstoff, Helium und Argon verwendet werden, wenn beispielsweise das Material gegenüber Sauerstoff unbeständig ist. Der Gasstrom kann auch gekühlt, erhitzt oder befeuchtet bzw. über Filter etc. eingeleitet werden. Die Bodenplatte 7 verfügt über gasdurchlässige Öffnungen 7a. Als Bodenplatte 7 können Lochplatten, etwa Platten mit schlitzförmigen Öffnungen, gestanzte Lochbleche und perforierte Platten, verwendet werden.

Über die Öffnungen 7a in der Bodenplatte 7 wird der Gasstrom vom Gasraum G in die Pulververarbeitungskammer P eingelassen; durch diesen Gasstrom steigt das in der Pulververarbeitungskammer P gemahlene Feinpulver auf und wird zum Klassierrotor 10 geleitet. Um für den Gasstrom vom Gasraum G zur Pulververarbeitungskammer P einen großen Durchsatz zu gewährleisten, ist es dabei wünschenswert, Anzahl und Maße der Öffnungen 7a möglichst groß zu wählen, so dass die Öffnungen 7a über eine große Gesamtfläche verfügen. Unbedingt erforderlich ist allerdings nur eine Größe, die wenigstens gewährleistet, dass das Medium 6 in der Pulververarbeitungskammer P nicht hinabfällt.

[0029] Der Behälter 2 verfügt oben an den Seitenflächen über eine Öffnung 8 zur Materialzufuhr. Die Zuführung des Mahlguts ins Innere des Behälters 2 erfolgt dabei über einen der Öffnung 8 zur Materialzufuhr vorgeschalteten Schneckenförderer 9. Ein solcher Schneckenförderer 9 wird idealerweise verwendet, wenn es sich bei dem Material um einen Feststoff, insbesondere um Pulver, handelt und das Material mit einheitlicher Geschwindigkeit konstant zugeführt werden soll. Anstatt eines Schneckenförderers können auch Doppelklappen, Drehschieber u.ä. verwendet werden. Die Schneckenförderer bzw. sonstigen Geräte zur Materialzuführung müssen dabei nicht unbedingt direkt an die Öffnung 8 zur

Materialzufuhr angeschlossen werden; vielmehr kann das Material auch über pneumatische Transportrohre zugeführt werden. Es besteht weiter die - in der Abbildung nicht gezeigte - Möglichkeit, das Gesamtgewicht der Vorrichtung 1 zur Pulververarbeitung durch Rühren eines Mediums mittels Wägezellen oder anderer Wiegegeräte zu kontrollieren, wodurch sich die zugeführte Materialmenge so regeln lässt, dass sich auch bei konstanter Verarbeitung immer eine einheitliche Menge in der Vorrichtung befindet.

[0030] Bei der vorliegenden Ausführungsform wird der Innenraum des Behälters 2 durch die Bodenplatte 7 in Gasraum G und Pulververarbeitungskammer P unterteilt; dabei sind über der Oberfläche der Bodenplatte 7 Verströmungsöffnungen 13 und im Behälter 2 oben ein um die (in der Abbildung nicht gezeigte) Drehachse rotierender Klassierrotor 10 angebracht. Vom Gasraum G aus strömt das Gas durch die an der Bodenplatte 7 angebrachten Öffnungen 7a in die Pulververarbeitungskammer P ein; die entsprechenden Öffnungen 13 verströmen Gas in die Pulververarbeitungskammer P hinein. Der Innenraum der Pulververarbeitungskammer P wird aus einem Rührbereich R, in dem das Medium 6 gerührt wird, und einem darüber gelegenen Klassierbereich Q gebildet. Vom Innenraum der Pulververarbeitungskammer P aus wird das im Rührbereich R zusammen mit dem Medium 6 durch die Rührelemente 5 gerührte und gemahlene Feinpulver durch ein zu dessen Transport dienendes Trägergas in den Klassierbereich Q hinaufgetragen. Mit "Trägergas" ist hier entweder der Gasstrom oder das einströmende Gas gemeint bzw. beide. Oben in der Mitte des Behälters 2 ist ein um die Längsachse rotierender Klassierrotor 10 angebracht, der das aufgestiegene Feinpulver klassiert und als fertig verarbeitetes Pulver sammelt. Der Klassierrotor 10 verfügt dabei über mehrere strahlenförmig angebrachte Klassierblätter 10a. Die Klassierung des Feinpulvers erfolgt durch das Zusammenspiel der durch die Drehung des Klassierrotors 10 entstehenden Zentrifugalkraft in Radialrichtung und dem Zustrom von Gas in den Klassierrotor 10. Die Drehzahl des Klassierrotors 10 wird entsprechend dem Partikeldurchmesser des gewonnenen fertig verarbeiteten Pulvers gewählt. Bei der vorliegenden Ausführungsform bildet der Klassierrotor 10 den erfindungsgemäßen Klassierer.

[0031] Der Behälter 2 weist an der Innenwand eine Schräge 21 auf, die sich nach oben hin dem Zentrum annähert; bei der vorliegenden Ausführungsform erstreckt sich die Schräge 21 vom Boden des Behälters aus. Im vorliegenden Beispiel erstreckt sich die Schräge 21 von der Bodenplatte 7 aus. Dadurch ist die Innenwand des Behälters 2 auf der Höhe aller Rührelemente 5 als Schräge 21 ausgebildet. Bei der vorliegenden Ausführungsform weist die Schräge 21 einen einheitlichen Winkel auf; der Behälter als ganzes ist als Kegel mit abgeschnittener Spitze ausgebildet. Dabei weicht der Schrägungswinkel von der Vertikalen bevorzugt um 3-35 Grad und besonders bevorzugt um 6-35 Grad ab. Ein Schrägungswinkel von 6-25 Grad ist noch wesentlich bevorzugter; 11 Grad sind ideal.

[0032] Im Folgenden wird das Verhalten des Mediums 6 in der Pulververarbeitungskammer P erläutert. Durch Drehung der Rührelemente 5 um die Längsachse (Mitte der Drehachse Z) wird auf das Medium eine Zentrifugalkraft ausgeübt (siehe Abb. 2). Das unter Einwirkung dieser Zentrifugalkraft stehende Medium 6 stößt gegen die Innenwand des Behälters 2, wird durch das übrige Medium 6 hochgedrückt und steigt dadurch an der Innenwand des Behälters 2 hinauf. Daraufhin steigt es durch die Schwerkraft bedingt auf der Innenseite des Behälters 2 wieder hinab und erneut hinauf; diese Bewegung wiederholt sich permanent (siehe Punkt-Punkt-Strichlinie in Abb. 1). Beim Auftreffen des Mediums 6 auf der Innenwand des Behälters 2 übt dabei, da ja die Innenwand des Behälters 2 eine Schräge 21 aufweist, welche sich nach oben hin der Mitte annähert, die Schräge 21 wie in Abb. 2 gezeigt auf das Medium 6 einen Strömungswiderstand N in entgegengesetzter Richtung zu dem zur Schräge 21 senkrechten Bestandteil der Zentrifugalkraft F (also schräg nach unten) aus. Dadurch wirkt auf das Medium 6 der vertikal nach unten gerichtete Bestandteil N_y des Strömungswiderstands N, wodurch wiederum der Auftrieb an der Innenwand durch das übrige Medium 6 verringert und ein übermäßiges Treiben des Mediums 6 im Behälter 2 an die Oberfläche unterdrückt wird. Vor allem, da sich bei der vorliegenden Ausführungsform die Schräge 21 von der Bodenplatte 7 aus erstreckt, wird der Auftrieb des Mediums 6 in allen Lagen oberhalb der Bodenplatte 7 verringert und ein Treiben des Mediums 6 an die Oberfläche effektiv unterdrückt.

[0033] Bei der vorliegenden Ausführungsform sind, wie oben erwähnt, die Längen der Rührelemente 5 so gewählt, dass die Länge von der Mitte der Drehachse Z bis zum Rand der Rührelemente 5 (der Rührdurchmesser) nach oben hin jeweils abnimmt. Wenn sich die Rührachse 4 mit einheitlicher Winkelgeschwindigkeit dreht, nimmt daher auch die Umfangsgeschwindigkeit am Rand der Rührelemente 5 nach oben hin jeweils ab. Im Rührbereich R des Mediums 6 nimmt dadurch auch die durch das Rührelemente 5 auf das Medium 6 wirkende Zentrifugalkraft F (siehe Abb. 2) nach oben hin jeweils ab. Auch durch diesen Mechanismus wird ein Treiben des Mediums 6 im Behälter 2 an die Oberfläche unterdrückt.

[0034] Indem dergestalt das Treiben des Mediums 6 über die Innenwand des Behälters 2 an die Oberfläche unterdrückt wird, kann die für das Rühren des Mediums 6 aufgebrauchte Energie effektiv als Mahlenergie genutzt werden. Dadurch lässt sich die Mahleffizienz gegenüber Vorrichtungen zur Pulververarbeitung durch Rühren eines Mediums nach dem Stand der Technik, deren Behälter 2 mit geradem Querschnitt ausgebildet sind, steigern.

[0035] Im Rührbereich R, in dem Medium 6 und unverarbeitetes Pulver durch die Rührelemente 5 gerührt werden, sind allerdings diejenigen Stellen am leichtesten für das Trägergas durchlässig, an denen der Luftströmungswiderstand von Pulver und Medium am geringsten ist. Bei großen Höhenunterschieden der Hüllfläche 24 ist daher die Durchlässigkeit gegenüber dem Trägergas in der Mitte des Behälters 2 (niedrige Hüllfläche 24) hoch, während die Durchlässigkeit gegenüber dem Trägergas an der Innenwand des Behälters 2 (hohe Hüllfläche 24) niedrig ist, so dass die Durchlässigkeit

gegenüber dem Trägergas im Rührbereich R nicht mehr einheitlich, sondern lagenabhängig ist. Ein gleichmäßiger Transport des Feinpulvers zum Klassierbereich Q wird dadurch schwierig; es kann beispielsweise passieren, dass das transportierte Pulver den gewünschten Partikeldurchmesser übersteigt, während Pulver mit dem gewünschten Partikeldurchmesser nicht transportiert wird, sondern im Rührbereich R verbleibt und dort feiner als nötig zermahlen wird. Mit der Vorrichtung 1 zur Pulververarbeitung durch Rühren eines Mediums nach der vorliegenden Ausführungsform lassen sich die Höhenunterschiede der aus Pulver und Medium gebildeten Hüllfläche 24 verringern (siehe Abb. 3; die Punkt-Punkt-Strichlinie zeigt die Lage bei Ausbildung des Behälters 2 mit geradem Querschnitt), indem ein übermäßiges Treiben des Mediums 6 an die Oberfläche unterdrückt wird; das zwischen der Innenwand des Behälters 2 und der Mitte des Behälters 2 bestehende Durchlässigkeitsgefälle gegenüber dem Trägergas kann dadurch ebenfalls verringert werden. Im Endeffekt kann so eine gleichmäßigere Durchlässigkeit des Rührbereichs R gegenüber dem Trägergas und damit ein gleichmäßigerer Transport des Feinpulvers in den Klassierbereich Q durch das Trägergas erzielt werden. Dadurch kann wiederum gegenüber Vorrichtungen zur Pulververarbeitung durch Rühren eines Mediums nach dem Stand der Technik ein Verbleiben des Feinpulvers im Rührbereich R und damit ein übermäßiges Mahlen unterdrückt und somit die Effizienz der gesamten Verarbeitung vom Mahlen bis zum Klassieren gesteigert werden.

[0036] Die Verströmungsöffnungen 13 sind an den Seitenflächen des Behälters 2 in Umfangsrichtung so angebracht, dass Gas in Radialrichtung nach innen verströmt werden kann. Bei der vorliegenden Ausführungsform sind am gesamten Umfang der Seitenflächen des Behälters 2 über der Oberfläche der Bodenplatte 7 schlitzförmige Verströmungsöffnungen 13 angebracht. Es kann auch ein anderer Aufbau gewählt werden, bei dem Gas von mehreren Stellen aus annähernd gleichmäßig in Radialrichtung nach innen verströmt werden kann, beispielsweise indem mehrere Verströmungsöffnungen 13 annähernd gleichmäßig verteilt in Umfangsrichtung angeordnet werden, oder indem durch Anbau perforierter Elemente o.ä. am gesamten Umfang des Behälters 2 Verströmungsöffnungen 13 angeordnet werden. Für das verströmte Gas kann das gleiche Gas verwendet werden wie für den eingelassenen Gasstrom; wie zuvor erläutert, kann Luft oder ein Schutzgas wie Stickstoff verwendet werden. Das einströmende Gas kann auch in Temperatur, Feuchtigkeit etc. geregelt oder über Filter o.ä. eingeleitet werden. Bei der vorliegenden Ausführungsform verteilt sich der über Gaszufuhrkanal 15 zugeführte Gasstrom auf die beiden Zufuhrkanäle Gaszuströmkanal 15a und Gaseinströmkanal 15b; anschließend strömt das Gas aus den Öffnungen 7a in der Bodenplatte 7 und den Verströmungsöffnungen 13 in den Behälter 2 (Pulververarbeitungskammer P). Das aus den Verströmungsöffnungen 13 einströmende Gas erfüllt im Rührbereich R die Funktion, das fertig gemahlene Feinpulver, das sich im Medium 6 bzw. im Mahlgut befindetet, aus dem Rührbereich R auszusondern und in den oberen Bereich des Behälters 2 zu transportieren.

Dadurch lassen sich unnötige Verweilzeiten des Feinpulvers im Rührbereich R des Behälters 2 verringern, wodurch ein übermäßiges Mahlen des Feinpulvers vermieden und die Effizienz der gesamten Verarbeitung vom Mahlen bis zum Klassieren gesteigert werden kann. Da bei der vorliegenden Ausführungsform ferner die Verströmungsöffnungen 13 über der Oberfläche der Bodenplatte 7 angebracht sind, kann ein Verbleiben und Anhaften des Feinpulvers in der Ecke zwischen der Innenwand des Behälters 2 und der Bodenplatte 7 verhindert werden.

[0037] Der Behälter 2 weist am Außenumfang einen Ringkanal 14 auf, der die Verströmungsöffnungen 13 bedeckt. Der Ringkanal 14 verbindet dabei den Gaseinströmkanal 15b, der das Gas den Verströmungsöffnungen 13 zuführt, und die Öffnungen 13. Der dadurch im Inneren des Ringkanals 14 gebildete Raum erfüllt die Funktion, das über den Gaseinströmkanal 15b zugeführte, aus den Öffnungen 13 in den Behälter 2 einströmende Gas vorübergehend aufzunehmen. Das über den Gaseinströmkanal 15b zugeführte einströmende Gas wird nach einem Druckausgleich im Ringkanal 14 den Verströmungsöffnungen 13 zugeführt. Dadurch kann das einströmende Gas über die Öffnungen 13 annähernd gleichmäßig verströmt werden. Dies führt wiederum dazu, dass das Feinpulver im Behälter 2 gleichmäßig dispergieren und die Effizienz der gesamten Verarbeitung wesentlich gesteigert werden kann.

[0038] Die Seitenflächen des Behälters 2 oberhalb der Rührelemente 5 verfügen über Gaseinlassöffnungen 17, über die das Gas von den Seitenflächen des Behälters 2 aus nach innen einströmt. Die Gaseinlassöffnungen 17 können beispielsweise schlitzförmig ausgebildet sein, so dass das Gas von den Seitenflächen des Behälters 2 aus über den gesamten Umfang nach oben einströmt. Der Aufbau kann auch so gestaltet werden, dass am gesamten Umfang des Behälters 2 zahlreiche in Tangentialrichtung schräggestellte Blätter angebracht oder die Gaseinlassöffnungen 17 in Tangentialrichtung zum Behälter 2 angebracht sind, damit das Gas in einer Kreisbewegung zuströmt. Für das zuströmende Gas kann das gleiche Gas verwendet werden wie für das verströmte Gas und den eingelassenen Gasstrom; wie zuvor erläutert, kann Luft oder ein Schutzgas wie Stickstoff verwendet werden. Das zuströmende Gas kann auch in Temperatur, Feuchtigkeit etc. geregelt oder über Filter o.ä. eingeleitet werden. Das über die Gaseinlassöffnungen 17 zuströmende Gas dient dabei nicht nur dazu, ein Anhaften des Feinpulvers an der Innenwand des Behälters 2 zu vermeiden, sondern erfüllt gleichzeitig auch eine Funktion als Dispersionsgas zum Klassieren.

[0039] Die Ummantelung 16 ist am Außenumfang des Behälters 2 angebracht und dient als Thermostat zur beliebigen Regelung der Temperatur im Behälter 2. Bei der vorliegenden Ausführungsform wird Kühlwasser durch die Ummantelung 16 geführt, um den Behälter 2 zu kühlen. Selbst wenn Kühlluft in den Behälter 2 eingeleitet wird, etwa durch die Öffnungen 13, um die Temperatur im Inneren auf relativ niedrigem Niveau zu halten, kann es beim Betrieb der Vorrichtung 1 zur Pulververarbeitung durch Rühren eines Mediums vorkommen, dass, die Temperatur an der Innenwand des Behälters

2 ansteigt und an der Innenwand anhaftendes Mahlgut oder Feinpulver durch die Wärme geschädigt wird. Wenn nun zur Kühlung Kühlwasser durch die Ummantelung 16 geführt wird, wie in der vorliegenden Ausführungsform, kann ein Anstieg der Temperatur an der Innenwand des Behälters 2 unterdrückt werden; dadurch kann die Vorrichtung 1 zur Pulververarbeitung durch Rühren eines Mediums nach der vorliegenden Ausführungsform auch etwa zum Mahlen von

Material, das durch Wärme leicht geschädigt wird oder degeneriert, wirksam eingesetzt werden.
[0040] Bei der vorliegenden Ausführungsform ist zwischen der Oberkante 4u der Rührachse 4 und der Unterkante 10d des Klassierrotors 10 ein Zwischenelement 12 angebracht. Bei der vorliegenden Ausführungsform ist das Zwischenelement 12 ein annähernd zylindrisches Element, das annähernd gleich wie die Oberkante 4u der Rührachse 4 geformt und an die Rührachse 4 gekoppelt ist. Die Oberkante 12u des an die Rührachse 4 gekoppelten Zwischenelements 12 und die Unterkante 10d des Klassierrotors 10 sind nahe beieinander angeordnet. Dadurch wird der Raum zwischen der Oberkante 4u der Rührachse 4 und der Unterkante 10d des Klassierrotors 10 praktisch ausgefüllt; der über dem Rührbereich R gelegene Klassierbereich Q bildet dadurch im Querschnitt einen ringförmigen Raum.

[0041] Wenn dabei ein solches Zwischenelement 12 nicht angebracht ist, wird die Aufstiegs geschwindigkeit des Trägergases und somit auch die des in der Pulververarbeitungskammer P aufsteigenden Feinpulvers im Klassierbereich Q von der Oberkante 4u der Rührachse 4 bis auf Höhe der Unterkante 10d des Klassierrotors 10 aufgrund der großen Durchgangsfläche verringert. Dadurch kann das Feinpulver nicht in ausreichendem Maße zum Klassierrotor 10 transportiert werden; das bereits gemahlene Feinpulver kann etwa beim Transport verklumpen, an Geschwindigkeit verlieren und wieder in den Rührbereich R des Mediums 6 hinabfallen. Dies trägt als ein Faktor zu übermäßigem Mahlen bei.

[0042] Bei der Vorrichtung 1 zur Pulververarbeitung durch Rühren eines Mediums nach der vorliegenden Ausführungsform ist dagegen ein Zwischenelement 12 angebracht, um den zwischen der Oberkante 4u der Rührachse 4 und der Unterkante 10d des Klassierrotors 10 gebildeten Raum auszufüllen. Dadurch bildet der Klassierbereich Q im Querschnitt einen in der Mitte ausgefüllten ringförmigen Raum; da die Durchgangsfläche im gesamten Klassierbereich Q annähernd gleich ist, steigen das Trägergas und das hierdurch transportierte Feinpulver mit annähernd einheitlicher Geschwindigkeit auf. Dadurch kann das Feinpulver effizient zum Klassierrotor 10 transportiert werden, wodurch sich wiederum die Effizienz der gesamten Verarbeitung vom Mahlen bis zum Klassieren wesentlich steigern lässt.

[0043] Im Folgenden wird die Mahlverarbeitung bei der Vorrichtung 1 zur Pulververarbeitung durch Rühren eines Mediums nach der vorliegenden Ausführungsform anhand eines Ausführungsbeispiels erläutert.

[0044] (Versuch 1) Zunächst wurde anhand eines Behälters, bei dem sich von der Bodenplatte 7 aus eine Schräge 21 erstreckt, welche sich nach oben hin der Mitte annähert (im Folgenden "kegelförmiger Behälter"), und eines Behälters mit vollständig geradem Querschnitt (im Folgenden "zylindrischer Behälter") der Zusammenhang zu Klassierdrehzahl, Partikeldurchmesser des gewonnenen Feinpulvers und Verarbeitungskapazität untersucht. Dabei war die Schräge 21 des kegelförmigen Behälters um 11 Grad geneigt; der Durchmesser der Bodenplatte 7 betrug sowohl beim kegelförmigen Behälter als auch beim zylindrischen Behälter 600 mm. Als Medium 6 wurden Stahlkugeln mit einem Durchmesser von 6,0 mm und als Mahlgut schweres Calciumcarbonat (spezifische Oberfläche entsprechend Äquivalentdurchmesser 1,0 μm) verwendet. Die Verarbeitung erfolgte konstant mit einem Gesamt-Luftstrom (Gasstrom, einströmendes Gas und zuströmendes Gas) von 10 m^3/min und einer Rührelemente-Drehzahl von 120 U/min. Die Klassierdrehzahl des Klassierrotors 10 betrug 3000 U/min bzw. 7000 U/min; der Äquivalentdurchmesser wurde aus der spezifischen Oberfläche mittels BET-Messung bestimmt; die Verarbeitungskapazität wurde als Verarbeitungsmenge pro Zeiteinheit bestimmt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 dargestellt.

[0045]

5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55

[Tabelle 1]

Klassierdrehzahl (U/min)	Kegelförmiger Behälter		Zylindrischer Behälter	
	Äquivalentdurchm. μm	Verarbeitungskapazität (kg/h)	Äquivalentdurchm. μm	Verarbeitungskapazität (kg/h)
3000	0,22	15,6	0,12	4,8
7000	0,12	8,1	0,13	7,0

[0046] Wie aus Tabelle 1 ersichtlich, konnte bei Verwendung eines zylindrischen Behälters unabhängig von der Klassierdrehzahl ein Feinpulver mit annähernd gleichem Durchmesser gewonnen werden; bei einer Klassierdrehzahl von 3000 U/min lag die Verarbeitungskapazität niedriger als bei 7000 U/min. Vom Klassierprinzip ausgehend sollten Äquivalentdurchmesser und Verarbeitungskapazität theoretisch mit steigender Klassierdrehzahl abnehmen. Die Ergebnisse bei Verwendung eines zylindrischen Behälters widersprechen allerdings dieser Theorie. Dies ist offenbar darauf zurückzuführen, dass bei einem zylindrischen Behälter die Mahleffizienz durch Treiben des Mediums 6 an die Oberfläche verringert wird und die großen Höhenunterschiede in der vom Medium 6 etc. gebildeten Hüllfläche 24 zu einer uneinheitlichen Strömungsgeschwindigkeit des im Behälter 2 aufsteigenden Trägergases führen.

[0047] Demgegenüber führte bei Verwendung eines kegelförmigen Behälters eine Klassierdrehzahl von 3000 U/min zu einem größeren Äquivalentdurchmesser und einer höheren Verarbeitungskapazität als bei 7000 U/min. Ein Vergleich zwischen kegelförmigem Behälter und zylindrischem Behälter bei einer Klassierdrehzahl von 7000 U/min zeigte ferner, dass die Verarbeitungskapazität zur Gewinnung eines Feinpulvers mit annähernd gleichem Äquivalentdurchmesser bei dem kegelförmigen Behälter um etwa 15% höher lag. Dies zeigt, dass die Effizienz der gesamten Verarbeitung vom Mahlen bis zum Klassieren gesteigert werden konnte.

[0048] (Versuch 2) Als nächstes wurde anhand eines kegelförmigen Behälters mit einer Bodenplatte 7 vom Durchmesser 600 mm, bei dem der Schrägungswinkel 21 gegenüber der Vertikalen zwischen 0 und 35 Grad variiert wurde, der Zusammenhang zwischen Schrägungswinkel 21 und Mahleffizienz untersucht. Ein Schrägungswinkel 21 von 0 Grad entsprach dabei dem Vergleichsbeispiel eines zylindrischen Behälters. Als Medium 6 wurden Zirkoniumkugeln mit einem Durchmesser von 3 mm, als Mahlgut Talk (durchschnittlicher Partikeldurchmesser 13 μm) verwendet. Die Verarbeitung erfolgte konstant mit einem Gesamt-Luftstrom von 10 m^3/min , einer Rührelemente-Drehzahl von 120 U/min und einer Klassierdrehzahl von 7000 U/min; der durchschnittliche Partikeldurchmesser wurde mittels Laserdiffraktometrie/Laserbeugungsspektrometrie bestimmt; die Verarbeitungskapazität wurde als Verarbeitungsmenge pro Zeiteinheit bestimmt; die Mahleffizienz wurde durch Division der Verarbeitungskapazität durch die zur Mahlverarbeitung aufgewendete Energiemenge bestimmt. Die Ergebnisse sind in Abb. 4 und Tabelle 2 dargestellt. In Tabelle 2 ist die Mahleffizienz bei den einzelnen Schrägungswinkeln im Vergleich zur Mahleffizienz bei einem Schrägungswinkel 21 von 0 Grad als "relative Mahleffizienz" angegeben.

[0049]

[Tabelle 2]

Schrägungswinkel	durchschn. Partikeldurchm.	Verarbeitungskap.	Energie	Mahleffizienz	rel. Mahleffizienz
(Grad)	(μm)	(kg/h)	(kW)	(kg/kWh)	
0	1,25	10,8	10,1	1,07	1,00
3	1,18	12,1	10,2	1,19	1,11
6	1,02	16,1	10,5	1,53	1,43
11	0,92	18,5	11,2	1,65	1,54
15	0,92	18,7	11,9	1,57	1,47
25	0,94	19,2	12,3	1,56	1,46
35	1,15	17,9	13,8	1,30	1,21

[0050] Wie aus Abb. 4 deutlich wird, lag die Mahleffizienz des kegelförmigen Behälters bei bestimmten Schrägungswinkeln an der Innenwand höher. Wie aus Tabelle 2 ersichtlich, lag die Mahleffizienz des kegelförmigen Behälters im Schrägungswinkelbereich 21 zwischen 3 und 35 Grad etwa 11 Prozent höher als bei einem zylindrischen Behälter; im Schrägungswinkelbereich zwischen 6 und 35 Grad lag die Mahleffizienz um etwa 21 Prozent höher; im Schrägungswinkelbereich zwischen 6 und 25 Grad lag die Mahleffizienz um etwa 43 Prozent höher; bei einem Schrägungswinkel von 11 Grad lag die Mahleffizienz schließlich sogar 54 Prozent höher. Die Mahleffizienz lag damit auf allen Stufen höher als bei einem zylindrischen Behälter.

[0051] (Versuch 3) Als nächstes wurde anhand eines kegelförmigen Behälters mit einer Bodenplatte 7 vom Durchmesser 600 mm, bei dem im Raum zwischen der Oberkante 4u der Rührachse 4 und der Unterkante 10d des Klassierrotors 10 ein Zwischenelement 12 angebracht ist, und eines solchen Behälters ohne Zwischenelement der Zusammenhang zu Klassierdrehzahl, Partikeldurchmesser des gewonnenen Feinpulvers und Verarbeitungskapazität untersucht. Dabei betrug der Abstand H zwischen der Oberkante 4u der Rührachse 4 und der Unterkante 10d des Klassierrotors 10 bei dem Behälter ohne Zwischenelement 12 genau wie bei dem Behälter mit Zwischenelement 12 etwa 300 mm; der Abstand zwischen der Unterkante 10d des Klassierrotors 10 und der Oberkante 12u des Zwischenelements 12 betrug etwa 10 mm. Als Medium 6 wurden Zirkoniumkugeln mit einem Durchmesser von 5,0 mm, als Mahlgut Glasstaub (durchschnittlicher Partikeldurchmesser 33 μm) verwendet. Die Verarbeitung erfolgte konstant mit einem Gesamt-Luft-

EP 2 351 616 A1

strom von 10 m³/min, einer Rührelemente-Drehzahl von 130 U/min und einer Klassierdrehzahl von 3000 bzw. 7000 U/min; der durchschnittliche Partikeldurchmesser wurde mittels Laserdiffraktometrie/Laserbeugungsspektrometrie bestimmt; die Verarbeitungskapazität wurde als Verarbeitungsmenge pro Zeiteinheit bestimmt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 dargestellt.

5 **[0052]**

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

5	[Tabelle 3]				
10	mit Zwischenelement			ohne Zwischenelement	
15	Klassierdrehzahl	Äquivalentdurchm.	Verarbeitungskapazität	Äquivalentdurchm.	Verarbeitungskapazität
20	(U/min)	µm	(kg/h)	µm	(kg/h)
25	3000	5,47	42,9	3,44	6,6
30	7000	2,98	7,1	3,08	5,2
35					
40					
45					
50					
55					

[0053] Wie aus Tabelle 3 ersichtlich, waren die Schwankungen des durchschnittlichen Partikeldurchmessers des gewonnenen fertig verarbeiteten Pulvers und der Verarbeitungskapazität bei einem Behälter ohne Zwischenelement 12 - gemessen am relativ breiten Klassierdrehzahlbereich - ziemlich gering. Dies ist offenbar darauf zurückzuführen, dass die Aufstiegs-
 5 geschwindigkeit des Trägergases und somit auch die des durch das Trägergas in der Pulververarbeitungs-
 kammer P aufsteigenden Feinpulvers im Klassierbereich Q von der Oberkante 4u der Rührachse 4 bis auf Höhe der
 Unterkante 10d des Klassierrotors 10 aufgrund der großen Durchgangsfläche verringert ist, wodurch das Feinpulver
 nicht mehr effizient zum Klassierrotor 10 transportiert werden kann.

[0054] Demgegenüber war bei einem Behälter mit Zwischenelement 12 bei einer Klassierdrehzahl von 3000 U/min
 10 der durchschnittliche Partikeldurchmesser größer und die Verarbeitungskapazität wesentlich höher als bei 7000 U/min.
 Bei beiden Klassierdrehzahlen war die Verarbeitungskapazität bei einem Behälter mit Zwischenelement 12 höher als
 bei einem solchen ohne Zwischenelement 12.

[0055] (Weitere Ausführungsformen)

(1) Bei den Erläuterungen der oben beschriebenen Ausführungsform wurde davon ausgegangen, dass die Schräge
 15 21 sich von der Bodenplatte 7 der Behälters 2 aus erstreckt und die Innenwand des Behälters 2 auf der Höhe aller
 Rührelemente 5 als Schräge 21 ausgebildet ist. Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sind jedoch nicht
 auf diesen Fall beschränkt. Wenn sich die Schräge 21 wenigstens von der Höhe der Unterkante des oberen Rüh-
 relements 5 bzw. von einer tieferen Lage aus nach oben erstreckt, dann kann sich die Schräge also auch von der
 20 Höhe der Oberkante bzw. Unterkante des mittleren von mehreren Rührelementen 5 aus erstrecken; die Innenwand
 des Behälters 2 muss also nicht unbedingt auf der Höhe aller Rührelemente 5 als Schräge 21 ausgebildet sein. Der
 Behälter 2 kann beispielsweise, wie in Abb. 5 gezeigt, von der Bodenfläche des Behälters 2 bis zur gewünschten
 Höhe über eine zur Bodenfläche annähernd senkrechte Vertikalebene 22 als geraden Querschnitt verfügen. In
 diesem Falle würde sich die Schräge 21 direkt an die Vertikalebene 22 anschließen. Wie in Abb. 6 gezeigt, kann
 25 die Innenwand des Behälters 2, zusätzlich zur Schräge 21, die sich nach oben hin der Mitte annähert (hier als "erste
 Schräge" bezeichnet), auch über eine zweite Schräge 23 verfügen, die sich nach oben hin der Außenseite annähert.
 Dabei kann sich die zweite Schräge 23 auch von der Bodenplatte 7 bis zur Höhe eines Rührelements 5 unterhalb
 der obersten Stufe erstrecken. In diesem Falle würde sich die erste Schräge 21 direkt an die zweite Schräge 23
 anschließen.

In diesen Fällen lässt sich der Vorteil erzielen, dass das Fassungsvermögen des Behälters 2 und damit die Verar-
 30 beitungskapazität größer ist, als wenn sich die Schräge 21 von der Bodenplatte 7 des Behälters 2 aus erstreckt. In
 diesem Falle lässt sich zwar das Treiben des Mediums 6 an die Oberfläche weniger effektiv unterdrücken, als wenn
 sich die Schräge 21 von der Bodenplatte 7 aus erstreckt; dafür lässt sich jedoch der Vorteil erzielen, dass die
 Zirkulation des Mediums 6 in der Ecke des Bodens des Behälters 2, an der es relativ leicht zum Verweilen von
 Medium 6 und Mahlgut kommt, gefördert wird.

[0056] (2) Bei den Erläuterungen der oben beschriebenen Ausführungsform wurde davon ausgegangen, dass die
 35 Schräge 21 einen einheitlichen Schrägungswinkel aufweist. Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sind jedoch
 nicht auf diesen Fall beschränkt. Bei einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist beispiels-
 weise die Schräge 21 derart ausgebildet, dass deren Schrägungswinkel nach oben hin zunimmt. Dadurch nimmt der auf die
 40 Partikel des Mediums 6 wirkende vertikal nach unten gerichtete Bestandteil Ny (siehe Abb. 2) des Strömungswiderstands
 N nach oben hin zu, wodurch wiederum ein Treiben des Mediums 6 im Behälter 2 an die Oberfläche wesentlich besser
 unterdrückt wird.

[0057] (3) Bei den Erläuterungen der oben beschriebenen Ausführungsform wurde davon ausgegangen, dass die
 45 Innenwand des Behälters 2 als Schräge 21 ausgebildet ist. Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sind jedoch
 nicht auf diesen Fall beschränkt. Beispielsweise kann die Schräge 21 auch dadurch ausgebildet werden, dass in einem
 Behälter 2 von gerader Querschnittsform innen ein separates Element angebracht wird. Die Innenwand kann ferner
 oberhalb der Höhe, auf der das Treiben des Mediums an die Oberfläche unterdrückt wird, statt eines schrägen Quer-
 schnitts auch einen geraden Querschnitt aufweisen. In diesem Falle ist der Außendurchmesser des Klassierrotors 10
 vorzugsweise zwischen 1,3 und 2-mal so groß wie der Innendurchmesser des geraden Teils oben im Behälter 2.

[0058] (4) Bei den Erläuterungen der oben beschriebenen Ausführungsform wurde davon ausgegangen, dass die
 50 Länge von der Mitte der Drehachse Z bis zum Rand des Rührelements 5 (der Rührdurchmesser) auf jeder Stufe jeweils
 kürzer gewählt ist als beim Rührelement 5 der nächstunteren Stufe. Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung
 sind jedoch nicht auf diesen Fall beschränkt. Bei einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist
 beispielsweise, wie in Abb. 5 und Abb. 6 gezeigt, auf manchen Stufen der Rührdurchmesser gleich groß gewählt wie
 55 der Rührdurchmesser auf der nächstunteren Stufe. Dabei wird allerdings vorzugsweise für die Umfangsgeschwindigkeit
 am Rand des obersten Rührelements 5 ein niedrigerer Wert gewählt als für die anderen Rührelemente 5, so dass also
 wenigstens der Rührdurchmesser auf der obersten Stufe kleiner gewählt ist als der Rührdurchmesser auf der nächst-
 unteren Stufe, und der Rührdurchmesser auf den anderen Stufen für jede Stufe kleiner gewählt ist als der Rührdurch-

messer auf der nächstunteren Stufe bzw. gleich groß. In den Beispielen aus Abb. 5 und 6 ist der Rührdurchmesser bis zur drittuntersten Stufe gleich gewählt und nimmt von dort aus nach oben hin ab. In diesem Falle ist der Rührdurchmesser vorzugsweise auf die Form der Innenwand des Behälters 2 abgestimmt, so dass der Freiraum C zwischen dem Rand des Rührelements 5 und der Innenwand des Behälters 2 auf allen Stufen annähernd einheitlich breit ist. Der Rührdurchmesser kann etwa auch für alle Stufen gleich groß gewählt werden oder für manche Stufen größer als der Rührdurchmesser der nächstunteren Stufe.

[0059] (5) Bei den Erläuterungen der oben beschriebenen Ausführungsform wurde davon ausgegangen, dass fünf Stufen zu jeweils zwei Rührelementen 5 auf gleicher Höhe angebracht sind, wobei jede Stufe wie in einem Hahnentrittmuster zur nächsten um 90 Grad versetzt angeordnet ist. Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sind jedoch nicht auf diesen Fall beschränkt. Die Anzahl der Stufen bzw. die Anzahl der Rührelemente 5 pro Stufe kann also frei gewählt werden. Wenn dabei nur eine Stufe Rührelemente 5 vorhanden ist, dann entspricht diese der "obersten Stufe". Der Versatzwinkel bei Anordnung wie in einem Hahnentrittmuster ist ebenfalls frei wählbar. Die Rührelemente 5 können im Querschnitt rund, elliptisch, polygonal (etwa viereckig) oder auch anders geformt sein; deren Ränder können auch paddelförmig ausgebildet sein.

[0060] (6) Bei den Erläuterungen der oben beschriebenen Ausführungsform wurde davon ausgegangen, dass an den Seitenflächen des Behälters 2 über den gesamten Umfang schlitzförmige Verströmungsöffnungen 13 angebracht sind, und dass über den gesamten Umfang des Behälters 2 ein Ringkanal 14 angebracht ist, der diese Verströmungsöffnungen 13 bedeckt. Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sind jedoch nicht auf diesen Fall beschränkt. Beispielsweise kann die Erfindung auch so ausgeführt werden, dass an den Seitenflächen des Behälters 2 in Umfangsrichtung mehrere Verströmungsöffnungen 13 bzw. mehrere Reihen solcher Öffnungen angeordnet sind und der Außenumfang des Behälters 2 teilweise einen Ringkanal aufweist, der wenigstens diese Verströmungsöffnungen 13 bedeckt.

[0061] (7) Bei den Erläuterungen der oben beschriebenen Ausführungsform wurde davon ausgegangen, dass an den Seitenflächen des Behälters 2 über der Oberfläche der Bodenplatte 7 Verströmungsöffnungen 13 angebracht sind. Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sind jedoch nicht auf diesen Fall beschränkt. Beispielsweise kann die Erfindung auch so ausgeführt werden, dass die Verströmungsöffnungen 13 an den Seitenflächen des Behälters 2 im mittleren Rührbereich R des Mediums 6 angebracht sind. Auch in diesem Falle kann die Effizienz bei der Dispersion des Feinpulvers im Behälter 2 gesteigert werden, indem das fertig gemahlene Feinpulver in den oberen Bereich des Behälters 2 hinaufgetragen wird.

[0062] (8) Bei den Erläuterungen der oben beschriebenen Ausführungsform wurde davon ausgegangen, dass oben im Behälter 2 mittig ein um die Längsachse rotierender Gasstrom-Klassierrotor 10 angebracht ist, der als Klassierer dient. Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sind jedoch nicht auf diesen Fall beschränkt. Es kann beispielsweise auch ein um die Querachse rotierender Klassierrotor 10 verwendet werden. Bei einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung werden, wie in Abb. 7 gezeigt, gleichzeitig mehrere um die Querachse rotierende Klassierrotoren 10 verwendet. Ein solcher Aufbau ist geeignet, wenn der oben genannte Behälter 2 zumindest teilweise einen geraden Querschnitt aufweist. Wenn also durch Verwendung einer Vorrichtung 1 zur Pulververarbeitung durch Rühren eines Mediums, deren Behälter 2 ein großes Fassungsvermögen aufweist, eine große Verarbeitungskapazität erzielt werden soll, kann durch gleichzeitige Verwendung mehrerer relativ kleiner Klassierrotoren 10 eine höhere Klassiergenauigkeit erzielt werden als bei Verwendung eines einzigen relativ großen Klassierrotors 10. Bei Verwendung eines einzigen um die Querachse rotierenden Klassierrotors 10 entspricht der äußere Drehumfang des untersten Klassierblatts 10a der "Unterkante 10d des Klassierers". Als Klassierer können auch andere Klassierer ohne Klassierrotor 10 verwendet werden.

[0063] (9) Bei den Erläuterungen der oben beschriebenen Ausführungsform wurde davon ausgegangen, dass der Raum von der Oberkante 4u der Rührachse 4 bis zur Unterkante 10d des Klassierrotors 10 durch ein an die Rührachse 4 gekoppeltes Zwischenelement 12 ausgefüllt ist. Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sind jedoch nicht auf diesen Fall beschränkt. Bei einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist beispielsweise, wie in Abb. 5 gezeigt, der Raum von der Oberkante 4u der Rührachse 4 bis zur Unterkante 10d des Klassierrotors 10 durch ein an den Klassierrotor 10 gekoppeltes Zwischenelement 12 ausgefüllt. Im Beispiel aus Abb. 7 werden mehrere Klassierrotoren 10 gleichzeitig verwendet und bilden über ein Sammelrohr (bzw. ein Verbindungsrohr zum Sammeln) 11 eine Einheit; an dieses Sammelrohr 11 ist das Zwischenelement 12 gekoppelt. In diesem Falle bilden die Klassierrotoren 10 und das Sammelrohr 11 in ihrer Gesamtheit einen "Klassierer"; die Oberkante 4u der Rührachse 4 und die Unterkante 12d des an diesen Klassierer gekoppelten Zwischenelements 12 sind nahe beieinander angeordnet. Anstatt ein Zwischenelement 12 an die Rührachse 4 oder einen Klassierrotor 10 zu koppeln, kann zur Abstützung auch ein von Behälter 2 ausgehendes Stützelement verwendet werden. Bei der oben beschriebenen Ausführungsform nimmt der Durchmesser des Zwischenelements 12 nach oben hin ab; es kann jedoch auch, je nach Außendurchmesser der Rührachse 4 und des Klassierrotors 10, bzw. zur Beschleunigung der Aufstiegs geschwindigkeit des Trägergases, ein geeigneter anderer Aufbau verwendet werden, bei dem etwa der Außendurchmesser des Zwischenelements 12 nach oben hin zunimmt, oder ein zylindrischer Aufbau mit oben und unten gleichem Durchmesser.

[0064] (10) Bei einer anderen bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, wie in Abb. 8 gezeigt,

Behälter 2 niedrig ausgeführt, während die Oberkante 4u der Rührachse 4 und die Unterkante 10d des Klassierrotors 10 nahe beieinander angeordnet sind. Auch durch Verwendung eines solchen Aufbaus kann das Feinpulver effizient zum Klassierrotor 10 transportiert werden, wodurch sich die Effizienz der gesamten Verarbeitung vom Mahlen bis zum Klassieren steigern lässt.

[0065] (Versuch 4) Der Zusammenhang zwischen Klassierdrehzahl, durchschnittlichem Partikeldurchmesser des gewonnenen fertig verarbeiteten Pulvers und Verarbeitungskapazität in diesem Falle ist in Tabelle 4 dargestellt. Dabei entsprechen die Versuchsbedingungen denen im oben geschilderten Versuch 3.

[0066]

[Tabelle 4]

Klassierdrehzahl (U/min)	durchschnittlicher Partikeldurchmesser (μm)	Verarbeitungskapazität (kg/h)
3000	5,81	45,5
7000	2,92	8,6

[0067] Wie aus Tabelle 3 und 4 ersichtlich, lag die Verarbeitungskapazität bei nahe beieinander liegender Anordnung der Oberkante 4u der Rührachse 4 und der Unterkante 10d des Klassierrotors 10 gleich hoch oder höher als bei nahe beieinander liegender Anordnung der Oberkante 12u des an die Rührachse 4 gekoppelten Zwischenelements 12 und der Unterkante 10d des Klassierrotors 10.

[0068] (11) Bei den Erläuterungen der oben beschriebenen Ausführungsform wurde davon ausgegangen, dass die Rührachse 4 annähernd zylindrisch geformt ist. Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sind jedoch nicht auf diesen Fall beschränkt. So kann bei einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beispielsweise die Rührachse 4 mit nach oben hin zunehmendem Durchmesser, also umgekehrt kegelförmig, ausgebildet sein. Bei Verwendung eines solchen Aufbaus kann ein größerer Teil der Vertiefung in der Mitte der von Pulver und Medium gebildeten Hüllfläche 24 durch die Rührachse 4 ausgefüllt werden, wodurch das Durchlässigkeitsgefälle gegenüber dem Trägergas zwischen der Innenwand des Behälters 2 und dem Inneren des Behälters 2 wesentlich reduziert werden kann. Dadurch lässt sich die Strömungsgeschwindigkeit des im Behälter 2 aufsteigenden Trägergases vereinheitlichen, wodurch die Effizienz der gesamten Verarbeitung vom Mahlen bis zum Klassieren wesentlich gesteigert werden kann.

[0069] (12) Bei den Erläuterungen der oben beschriebenen Ausführungsform wurde davon ausgegangen, dass der Behälter 2 gekühlt wird, indem durch die als Thermostat dienende Ummantelung 16 Kühlwasser geleitet wird. Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sind jedoch nicht auf diesen Fall beschränkt. So kann bei einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beispielsweise das Feinpulver beim Mahlen getrocknet werden, indem ein auf die gewünschte Temperatur erhitzter Wärmeträger durch die Ummantelung 16 geleitet und dadurch der Behälter 2 erhitzt wird. In diesem Fall kann als Wärmeträger etwa heißes Wasser, Dampf oder Öl zum Einsatz kommen.

[0070] (13) Bei den Erläuterungen der oben beschriebenen Ausführungsform wurde davon ausgegangen, dass die Vorrichtung 1 zur Pulververarbeitung durch Rühren eines Mediums nach der vorliegenden Erfindung Anwendung bei der Mahlverarbeitung findet. Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sind jedoch nicht auf diesen Fall beschränkt. So kann die vorliegende Erfindung bei einer bevorzugten Ausführungsform beispielsweise bei der Oberflächenbearbeitung, Pelletierung oder Planierung, bei der Erzeugung von Verbundstoffen, beim Präzisionsmischen sowie bei der Trocknung oder sonstigen Pulververarbeitung Anwendung finden.

[0071] Die Vorrichtung 1 zur Pulververarbeitung durch Rühren eines Mediums nach der vorliegenden Erfindung kann unter anderem bevorzugt verwendet werden für die Verarbeitung von anorganischen Verbindungen, etwa: Lithiumverbindungen wie Lithiumcarbonat, Lithiumhydroxid, Lithiumnickeldioxid, Lithiumkobaltdioxid und Lithiummangandioxid; Natriumverbindungen wie Natriumsulfat (Glaubersalz), Natriumhydroxid, Natriumcarbonat, Natriumhydrogencarbonat, Natriumnitrit, Natriumsulfit, Natriumsulfid, Natriumsilicat, Natriumnitrat, Natriumbisulfat, Natriumthiosulfat und Kochsalz; Magnesiumverbindungen wie Magnesiumsulfat, Magnesiumchlorid, Magnesiumoxid, Magnesiumcarbonat, Magnesiumacetat, Magnesiumnitrat und Magnesiumhydroxid; Aluminiumverbindungen wie Aluminiumhydroxid, Aluminiumsulfat, Polyaluminiumchlorid, Aluminiumoxid, Alaun, Aluminiumchlorid und Aluminiumnitrid; Siliciumverbindungen wie Siliciumoxid, Siliciumnitrid, Siliciumcarbid, Calciumsilicat, Magnesiumsilicat, Natriumsilicat und Aluminiumsilicat; Kaliumverbindungen wie Kaliumchlorid, Kaliumhydroxid, Kaliumsulfat, Kaliumnitrat und Kaliumcarbonat; Calciumverbindungen wie Calciumcarbonat, Calciumchlorid, Calciumsulfat, Calciumnitrat und Calciumhydroxid; Titanverbindungen wie Titanoxid, Bariumtitanat, Strontiumtitanat, Titancarbid und Titanitrid; Manganverbindungen wie Mangansulfat, Mangancarbonat und Manganoxid; Eisenverbindungen wie Eisenoxid; Kobaltverbindungen wie Kobaltchlorid, Kobaltcarbonat und Kobaltoxid; Nickelverbindungen wie Nickelhydroxid und Nickeloxid; Yttriumverbindungen wie Yttriumoxid und Yttrium-Eisengranat; Zirkoniumverbindungen wie Zirkoniumhydroxid, Zirkoniumoxid, Zirkoniumsilicat und Zirkonsand; Antimonverbindungen wie Antimonchlorid, Antimonoxid und Antimonsulfat; Bariumverbindungen wie Bariumchlorid, Bariumoxid, Bariumnitrat, Bariumhydroxid, Bariumcarbonat, Bariumsulfat und Bariumtitanat; sowie Bismutverbindungen wie Bismu-

toxid, Bismutsubcarbonat und Bismuthydroxid; magnetischen Materialien, etwa auf Basis von Alnico, Eisen-Chrom-Kobalt, Eisen-Mangan, Barium, Strontium, Samarium-Kobalt, Neodym-Eisen-Bor, Mangan-Aluminium-Kohlenstoff, Praseodym und Platin;
sowie weiteren Stoffen wie Pigmenten, Glas, Metalloxiden, organischen Verbindungen, Kohlenstoff, Aktivkohle, Koks, Mineralien, Talk, Batteriematerialien und wasserstoffspeichernden Legierungen.

Industrielle Anwendbarkeit

[0072] Die vorliegende Erfindung kann neben dem oben genannten Umfang bevorzugt auch in Vorrichtungen zur Pulververarbeitung durch Rühren eines Mediums für die Herstellung etwa von metallischen und keramischen Pulvern und Getreidepulvern etc. zum Einsatz kommen.

Erläuterung der Bezugszeichen

[0073]

- 1 Vorrichtung zur Pulververarbeitung durch Rühren eines Mediums
- 2 Behälter
- 4 Rührachse
- 5 Rührelement
- 6 Medium
- 7 Bodenplatte
- 10 Klassierrotor (Klassierer)
- 12 Zwischenelement
- 13 Auslassöffnung
- 14 Ringkanal
- 21 Schräge
- Z Mitte der Drehachse

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Pulververarbeitung durch Rühren eines Mediums, die über um die Längsachse frei drehbar angebrachte Rührelemente verfügt, welche in einer bzw. mehreren Stufen in Radialrichtung nach außen aus der Rührachse hervorragen, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zu verarbeitende Material im Behälter zusammen mit einem Medium durch diese Rührelemente gerührt und gemahlen und das fertig gemahlene Pulver über einen oben im Behälter angebrachten Klassierer gesammelt wird; dabei weist die Innenwand des Behälters eine Schräge auf, die sich nach oben hin der Mitte annähert und sich von der Höhe der Unterkante des obersten Rührelements bzw. von einer tieferen Lage aus nach oben erstreckt.
2. Vorrichtung zur Pulververarbeitung durch Rühren eines Mediums nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schräge sich vom Boden des Behälters aus erstreckt.
3. Vorrichtung zur Pulververarbeitung durch Rühren eines Mediums nach einem der Ansprüche 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rührelemente in mehreren Stufen auf der Rührachse ausgebildet sind, wobei die Länge vom Mittelpunkt der Rührachse bis zum Rand des obersten Rührelements kürzer gewählt ist als die Länge bis zum Rand des nächstunteren Rührelements.
4. Vorrichtung zur Pulververarbeitung durch Rühren eines Mediums nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen der Oberkante der Rührachse und der Unterkante des Klassierers ein Zwischenelement angebracht ist.
5. Vorrichtung zur Pulververarbeitung durch Rühren eines Mediums nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Seitenflächen des Behälters in Umfangsrichtung über Auslassöffnungen verfügen, die in Radialrichtung nach innen Gas verströmen.

Fig. 1

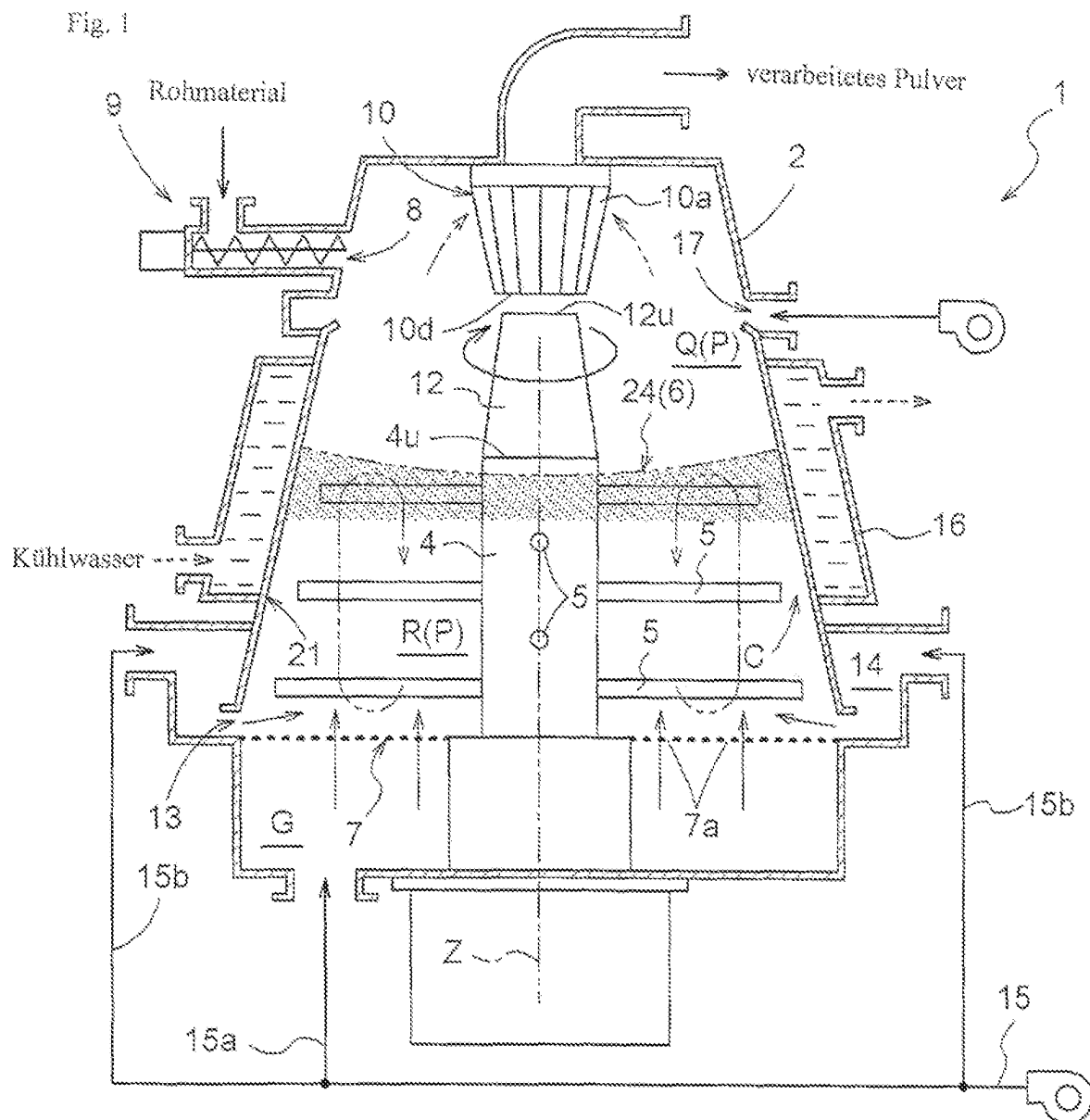


Fig. 2

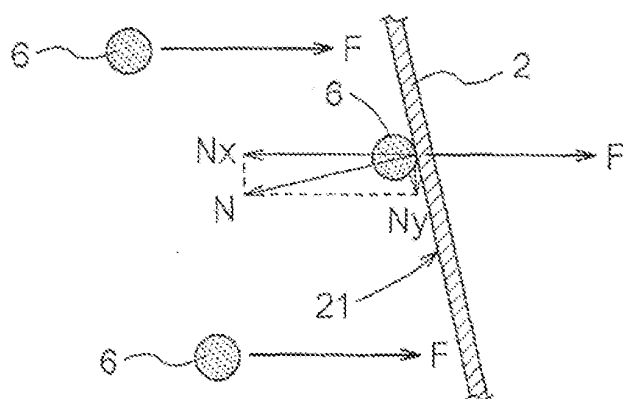


Fig. 3

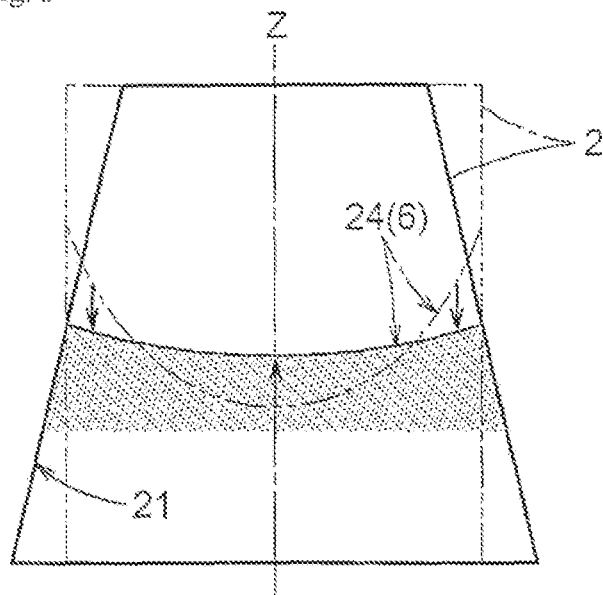


Fig. 4

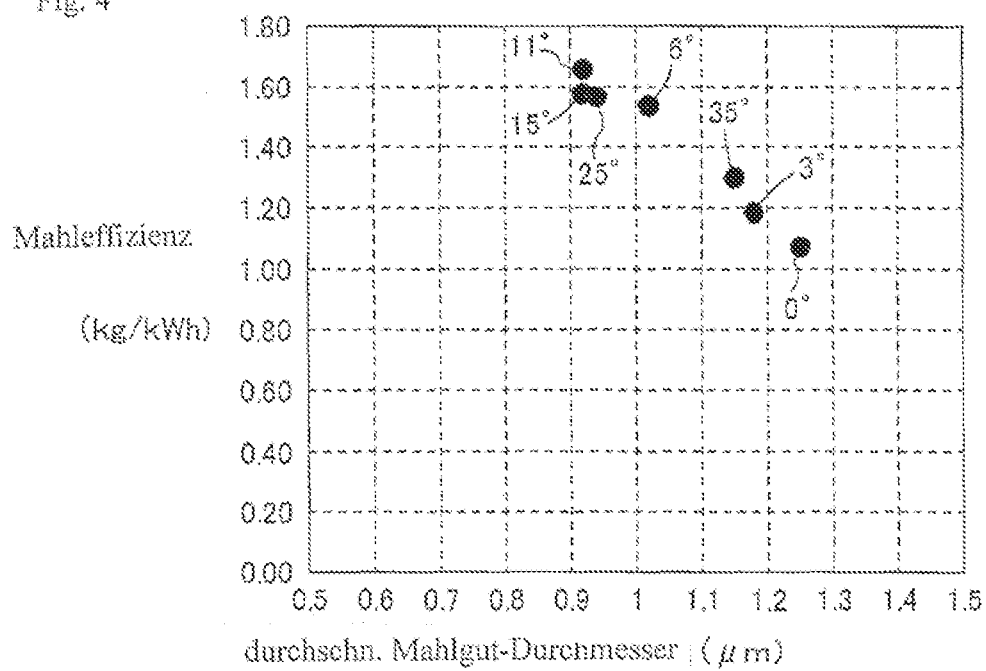


Fig. 2

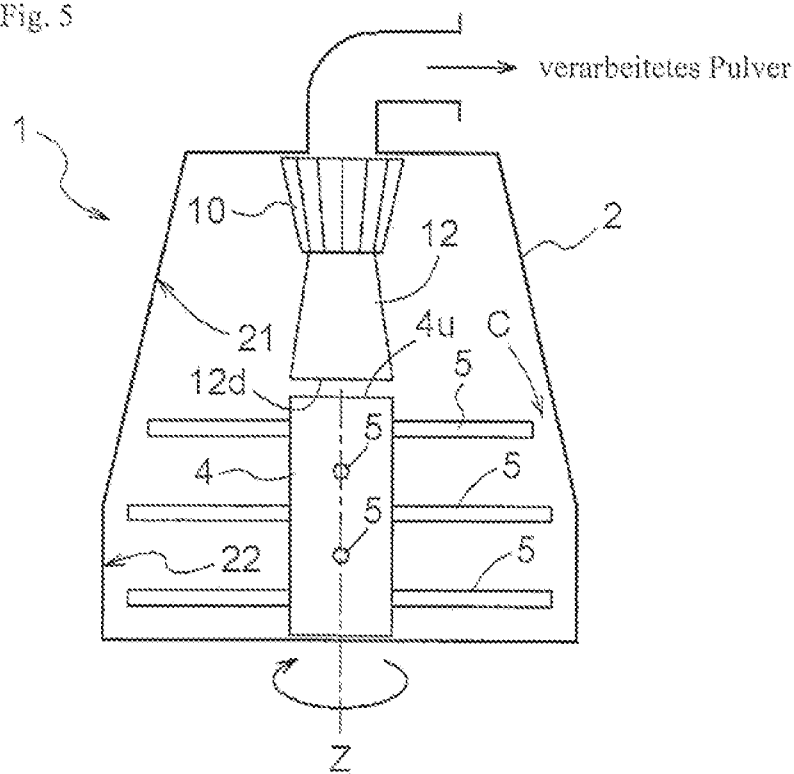


Fig. 6

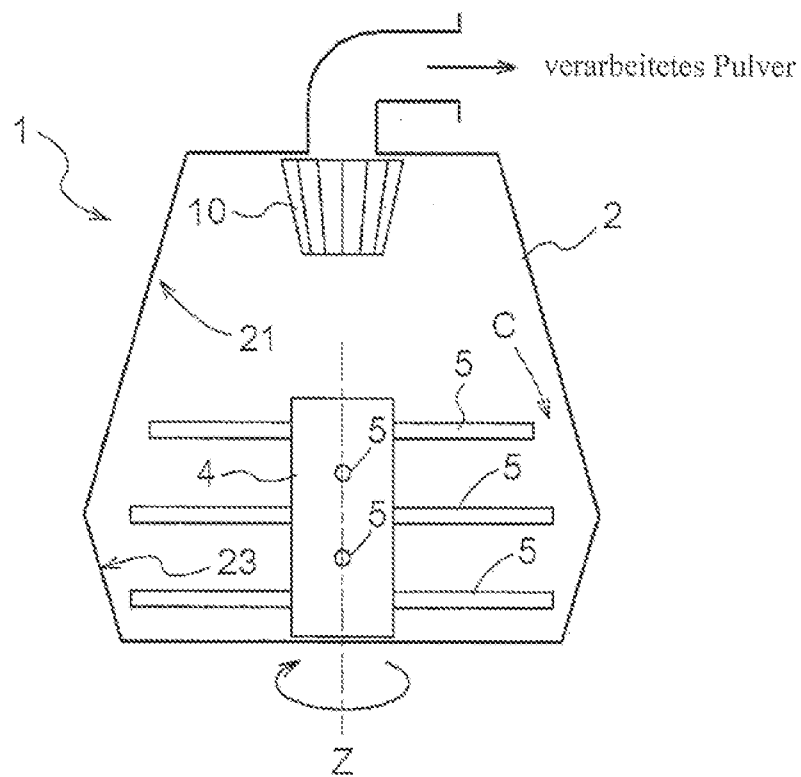


Fig. 7

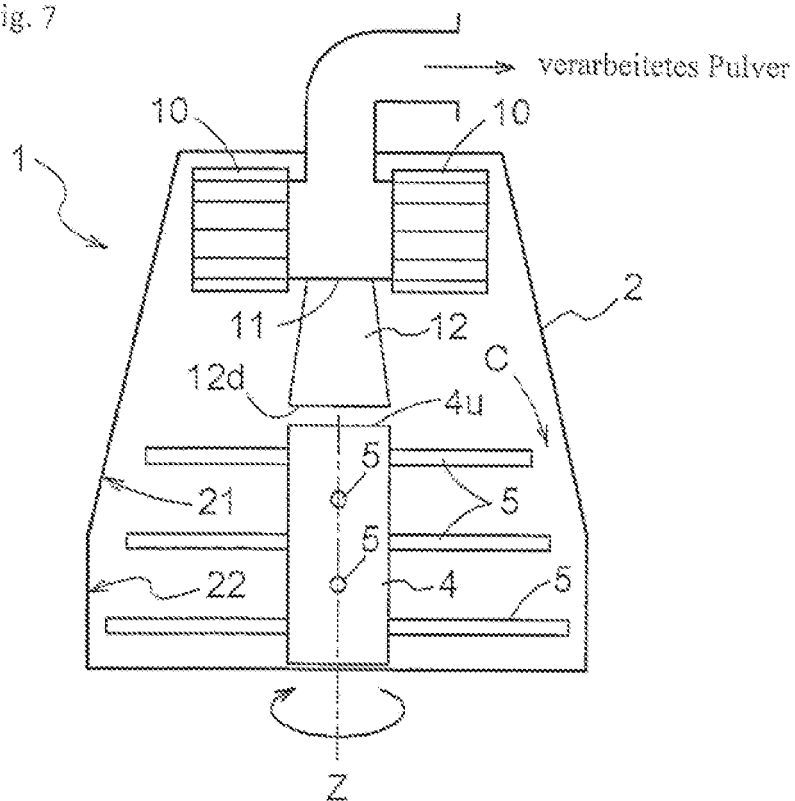
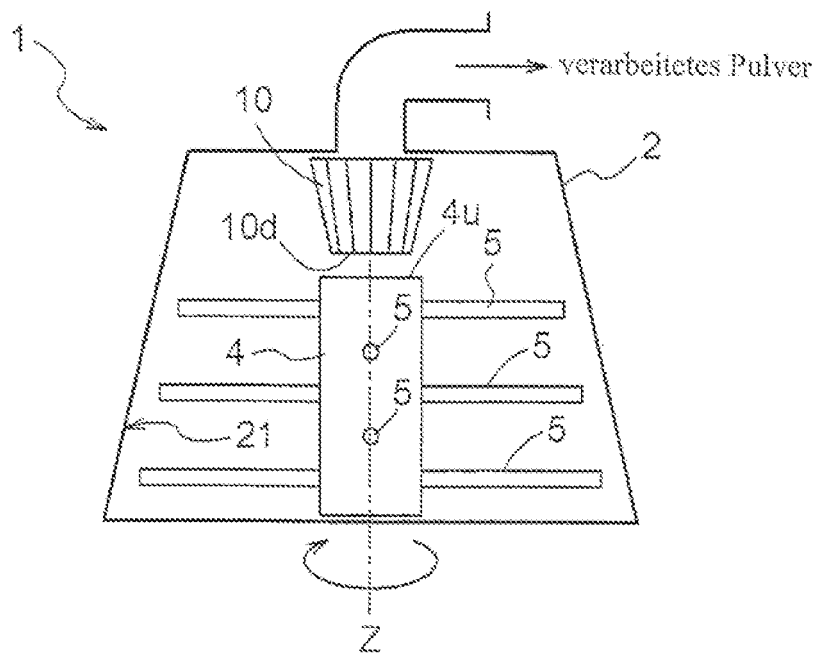


Fig. 8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/061930

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER B02C17/16 (2006.01) i, B02C13/12 (2006.01) i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B02C17/16, B02C13/12		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2009 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2009 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2009		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2005-270780 A (Mitsui Mining Co., Ltd.), 06 October, 2005 (06.10.05), Full text; Figs. 1 to 10 (Family: none)	1-5
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 199685/1986 (Laid-open No. 107737/1988) (Sakata INX Corp.), 12 July, 1988 (12.07.88), Full text; Figs. 1 to 3 (Family: none)	1-5
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 04 September, 2009 (04.09.09)		Date of mailing of the international search report 15 September, 2009 (15.09.09)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2007)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/061930

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 4-193360 A (Hosokawa Micron Corp.), 13 July, 1992 (13.07.92), Full text; Figs. 1 to 4 (Family: none)	5

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (April 2007)

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- JP 2005270780 A [0007]
- JP 2003265975 A [0007]
- JP 2005199124 A [0007]
- JP 59102452 A [0007]