

(19)



(11)

EP 4 003 613 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

06.09.2023 Patentblatt 2023/36

(21) Anmeldenummer: **20746234.2**

(22) Anmeldetag: **31.07.2020**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):

B07B 1/40 ^(2006.01) **B07B 1/06** ^(2006.01)
B07B 1/42 ^(2006.01) **B07B 1/46** ^(2006.01)
B07B 1/50 ^(2006.01) **B01F 27/1123** ^(2022.01)
B01F 27/1151 ^(2022.01) **B01F 27/117** ^(2022.01)
B01F 27/191 ^(2022.01) **B01F 27/93** ^(2022.01)
B01F 31/40 ^(2022.01) **B01F 31/441** ^(2022.01)
B01F 31/44 ^(2022.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):

B07B 1/40; B01F 27/1123; B01F 27/1151;
B01F 27/1171; B01F 27/191; B01F 27/93;
B01F 31/40; B01F 31/441; B01F 31/449;
B07B 1/06; B07B 1/42; B07B 1/469; B07B 1/50;
B07B 2201/04; B07B 2230/04

(86) Internationale Anmeldenummer:

PCT/EP2020/071701

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:

WO 2021/019087 (04.02.2021 Gazette 2021/05)

(54) **TRENNVORRICHTUNG UND BETRIEBSVERFAHREN**

SEPARATOR AND METHOD OF OPERATION

DISPOSITIF DE SÉPARATION ET PROCÉDÉ DE FONCTIONNEMENT

(84) Benannte Vertragsstaaten:

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

(30) Priorität: **31.07.2019 EP 19189382**

01.09.2019 EP 19194810

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

01.06.2022 Patentblatt 2022/22

(73) Patentinhaber: **A O Ideas GmbH**

8581 Schocherwil (CH)

(72) Erfinder: **CARRASCO, César**
8581 Schocherswil (CH)

(74) Vertreter: **Rutz & Partner**
Alpenstrasse 14
Postfach 7627
6304 Zug (CH)

(56) Entgegenhaltungen:

CN-Y- 2 435 159 DE-A1-102009 015 352
DE-B4- 4 448 017 US-A1- 2010 124 716

EP 4 003 613 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Trennvorrichtung mit einer Haltevorrichtung, mittels der ein Trennelement, vorzugsweise ein Sieb, gehalten ist, sowie ein Betriebsverfahren für diese Trennvorrichtung.

[0002] In zahlreichen Industriebereichen, wie der Nahrungsmittelindustrie, der chemischen Industrie, der Pharmaindustrie und der Baustoffindustrie werden oft Zwischenprodukte benötigt, die in Partikelform, d.h. "atomisiert" in Form voneinander getrennter Partikel vorliegen. In dieser Form kann das Zwischenprodukt präzise dosiert und effizient eingesetzt werden. Fehldosierungen, die unerwünschte geschmackliche, festigungstechnische, finanzielle oder medizinische Fehler verursachen könnten, werden vermieden. Schüttgut kann atomisiert in einer einheitlichen Partikelgrösse oder auch in unterschiedlichen Partikelgrössen benötigt werden.

[0003] Trennvorrichtungen erlauben daher Partikel eines Schüttguts voneinander zu trennen und das Schüttgut gegebenenfalls auch in einer weitgehend einheitlichen Partikelgrösse bereitzustellen. Das Schüttgut wird von einer Ausgangsposition zu einer Zielposition transportiert, in der es in der gewünschten Form vorliegen soll. Dieser Transport erfolgt in der Regel unter Einwirkung von Schwerkraft, mechanischen Bewegungen und in der Siebtechnik gegebenenfalls auch unter Zufuhr von Ultraschallenergie.

[0004] Trennvorrichtung in der Ausgestaltung einer Siebvorrichtung umfassen gemäss <https://en.wikipedia.org/wiki/Sieve> einen Siebbelag, der als Trennmedium eine Vielzahl gleich grosser Öffnungen enthält. Die Grösse der Öffnungen wird als Maschenweite bezeichnet. Grössere Körner verbleiben oberhalb der Öffnungen (Siebüberlauf), kleinere Körner fallen nach unten (Siebdurchgang). Ein Korn, das in etwa gleich gross ist wie die Maschenweite, nennt man Grenzkorn. Ein Sieb kann aus einem oder mehreren übereinanderliegenden Siebbelägen bestehen, wobei der Siebbelag mit der grössten Maschenweite im Siebstapel oben liegt. Für den Wirkungsgrad eines Siebs ist die Sauberkeit des Siebbelags von Bedeutung. Insbesondere die Verstopfung der Sieböffnungen durch Grenzkorn muss durch geeignete Massnahmen (z.B. Bürsten, Kugeln, Ketten, Gummwürfel, die auf oder unter dem Sieb mit "laufen" oder durch eine Vergrösserung der Lochdurchmessers nach unten, wie z.B. bei konisch oder doppelt zylindrisch gebohrten Löchern) vermieden werden.

[0005] Bei grosstechnischen Anwendungen werden Siebbeläge zur Verbesserung der Siebleistung durch einen Antrieb zu bestimmten Bewegungen erregt. Die Bewegung des Siebbelags dient dem Weitertransport des Aufgabeguts in Sieblängsrichtung, dem Hinauswurf des Grenzkorns aus den Maschenöffnungen und der Nachhaltigkeit der Trennung (Siebwirkungsgrad).

[0006] Bekannt sind Taumelsiebmaschinen (siehe z.B. die EP0943374A2), die einen in eine Taumelbewegung (Wurf- und Schwingbewegung) verbringbaren Sieb-

baufbau, eine den Siebaufbau elastisch abstützende Stützeinrichtung und eine von einem Elektromotor drehangetriebene Montagewelle aufweisen, die einen in seiner Neigung und Exzentrizität verstellbaren Schiefzapfen antreibt, auf dem der Siebaufbau gelagert ist. Durch die Montagewelle und den Schiefzapfen wird der Siebbelag somit in eine vorbestimmte und stets gleiche Bewegung versetzt. Derartige Anlagen sind aufwendig ausgestaltet und verursachen erhebliche Gebäudeerschütterungen und Geräusche und erfordern einen relativ hohen Wartungsaufwand.

[0007] Beim Transport, der Lagerung, Mischung, Entmischung, Dosierung Handhabung von Pulvern und Schüttgütern spielen deren Flieseigenschaften eine wichtige Rolle. Bei der Siebung des Schüttguts ist es von Bedeutung, dass deren Partikel vereinzelt zum Siebbelag gelangen und durch die Sieböffnungen hindurch treten können.

[0008] Die WO2018219840A1 beschreibt eine Siebvorrichtung mit einer Tragvorrichtung, von der ein Sieb gehalten ist, welches einen Siebbelag aufweist, der von einem Siebrahmen gehalten ist, welcher mit einer Antriebsvorrichtung verbunden ist. Die Antriebsvorrichtung, die von einer Steuereinheit gesteuert wird, umfasst wenigstens drei Aktuatoren, die einerseits je über ein erstes Drehgelenk mit der Tragvorrichtung und die andererseits je über ein zweites Drehgelenk mit dem Siebrahmen verbunden sind, so dass das Sieb allein von den Aktuatoren gehalten und innerhalb eines Arbeitsvolumens verschiebbar und gegebenenfalls drehbar ist. Der Siebbelag wird zudem vorzugsweise mit Ultraschallenergie beaufschlagt, sodass der Siebprozess beschleunigt wird. Auch diese Trennvorrichtung, die sehr gute Ergebnisse liefert, ist aufwendig ausgestaltet und erfordert relativ viel Raum. Die Zufuhr des Schüttguts durch einen Förderbehälter ist hingegen nicht einfach bzw. nur mit grossem Aufwand realisierbar.

[0009] Aus der JP2011245446A ist eine Siebvorrichtung bekannt, die einen Siebbelag aufweist, der von einem äusseren Rahmen gehalten ist und an dem ein metallisches Diaphragma anliegt, über das von einer Ultraschallquelle Ultraschallenergie auf den Siebbelag übertragen wird. Unter dem Einfluss der Ultraschallenergie können Partikel des Schüttguts, deren Durchmesser geringer ist als die Maschenweite des Siebbelags, als Siebdurchgang rascher durch den Siebbelag hindurch treten. Partikel des Schüttguts, deren Durchmesser grösser ist als die Maschenweite des Siebbelags, werden als Siebüberlauf über den äusseren Rahmen nach aussen weggeführt. Auch diese Trennvorrichtung mit einem Siebbelag und einem daran anliegenden Diaphragma ist relativ aufwendig ausgestaltet.

[0010] Die DE4448017B4 offenbart eine Vorrichtung zum Sieben, Klassieren, Sichten, Filtern oder Sortieren trockener fester Stoffe oder fester Stoffe in Flüssigkeiten, mit in einem Siebrahmen vorgesehener Siebfläche, und dieser zugeordnetem Ultraschallwandler, durch welchen der Siebfläche Schwingungen zuleitbar sind. Dem Ultra-

schallwandler ist wenigstens ein an der Siebfläche anliegender Resonator zugeordnet, der auf die Resonanz des Ultraschallwandlers abgestimmt und von letzterem in Schwingungen versetzbar ist. Sofern das Sieb mechanischen Schwingungen unterworfen werden soll, so wird es z.B. in eine Schwingsiebmaschine eingebaut. Der Einbau in eine Schwingsiebmaschine verursacht entsprechend hohe Aufwendungen. Ferner sind die mechanischen Bewegungen, die von der Schwingsiebmaschine auf das Sieb ausgeübt werden können, in den Bewegungsformen beschränkt und nur langsam wirksam.

[0011] Dietmar Schulze, Pulver und Schüttgüter, Flieseigenschaften und Handhabung, 3. Auflage, Springer-Verlag Berlin 2014, Kapitel 1, beschreibt häufig auftretende Probleme mit Schüttgütern. Ist die Auslauföffnung zu klein, kann sich ein stabiles Gewölbe (Brücke) bilden, so dass der Schüttgutfluss zum Erliegen kommt. Ein weiteres Problem kann Kernfluss sein, der auftritt, wenn die Trichterwände nicht steil oder glatt genug sind. In diesem Fall kann das Schüttgut im gefüllten Silo nicht unmittelbar auf den Trichterwänden nach unten gleiten. Es bilden sich tote Zonen, die gegebenenfalls asymmetrisch ausgebildet sind und in denen das Schüttgut nicht mehr allein aufgrund der Schwerkraft ausfließen kann. Kernfluss kann auch dazu führen, dass Teile des Produktes extrem kurze Verweilzeiten haben, so dass frisch eingefülltes Produkt sofort wieder abgezogen wird und im Silo nicht zwischenbehandelt und nicht entlüftet werden kann. Die beschriebenen Probleme resultieren zum einen aus apparativen Gegebenheiten, zum anderen aus den Eigenschaften des Schüttgutes (Festigkeit, Reibung). Bei der Gestaltung von Silos, Zuführtrichtern, Behältern etc. oder bei der Optimierung von Pulvern und Schüttgütern ist also zuerst das Verhalten des Schüttgutes zu bestimmen. Dieses führt dann über die Anwendung fundierter Auslegungsverfahren zu einer geometrischen Form (Trichter, Auslaufgrösse).

[0012] Bekannte Vorrichtungen sind daher regelmässig an die Bearbeitung einer bestimmten Art eines Schüttguts gebunden, weshalb der flexible Einsatz dieser Vorrichtungen nicht möglich ist.

[0013] Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine verbesserte Vorrichtung zum Trennen von Partikeln eines Schüttguts zu schaffen, die es unter Anwendung von Ultraschallenergie erlaubt, Partikel des Schüttguts voneinander zu trennen.

[0014] Mittels der erfindungsgemässen Vorrichtung soll mit einfachen Mitteln eine bessere Verteilung des Schüttguts auf dem Trennelement, wie einer Trennplatte, rascher erreicht werden.

[0015] Die Partikel des Schüttguts sollen in unterschiedlichen oder ähnlichen Partikelgrössen oder in einer zumindest annähernd einheitlichen Partikelgrösse bereitgestellt werden können.

[0016] Ferner ist ein Betriebsverfahren für diese verbesserte Trennvorrichtung anzugeben, mittels dessen verschiedene Prozesse, wie Prozesse zum Beladen, Trennen, Mischen, Belüften, Entlüften, Entladen des

Schüttguts, vorteilhaft durchführbar sind. Ferner sollen Prozesse für die Reinigung und Wartung der Trennvorrichtung vorteilhaft durchführbar sein.

[0017] Die Trennvorrichtung soll einfach und kompakt aufgebaut sein und mit geringem Aufwand gewartet werden können. Die Trennvorrichtung soll eine hohe Effizienz und einen entsprechend reduzierten Energiebedarf aufweisen. Vibrationen und Erschütterungen, wie sie bei bekannten Trennvorrichtungen auftreten, sollen vermieden oder wesentlich reduziert werden können, ohne dass die Effizienz der Trennvorrichtung reduziert wird.

[0018] Das Schüttgut soll innerhalb einer möglichst kurzen Weglänge zwischen einem Ausgangsort und einem Zielort bearbeitet werden können, um voluminöse Vorrichtungen zu vermeiden.

[0019] Das bearbeitete Schüttgut soll in hoher Qualität mit einem hohen Trennungsgrad bereitgestellt werden, sodass Fehldosierungen bei der Anwendung des bearbeiteten Schüttguts vermieden werden.

[0020] Während der Bearbeitung des Schüttguts sollen weitere Prozesse in einfacher Weise durchführbar sein. Insbesondere soll die Entnahme des Schüttguts in einem bestimmten Bearbeitungszustand in einfacher Weise möglich sein. Ferner soll dem Schüttgut wenigstens ein weiteres Material vorteilhaft zumischbar sein, wonach das Mischprodukt ebenfalls in der gewünschten Partikelform bereitgestellt wird.

[0021] Die Bearbeitung des Schüttguts soll unter erhöhtem oder reduziertem Druck der Luft oder einer Flüssigkeit vorteilhaft möglich sein.

[0022] Die Trennvorrichtung sowie Zufuhrkanäle und/oder Abfuhrkanäle sollen weitgehend unabhängig von der Art des Schüttguts gestaltet und mit geringen Dimensionen realisiert werden können. Rückstände von Schüttgut und entsprechende Veränderungen des Querschnitts der Transportwege, insbesondere Totzonen, sollen während des Betriebs der Trennvorrichtung vermieden werden.

[0023] Durch das Betriebsverfahren sollen optimale Arbeitsparameter für die Trennvorrichtung einstellbar sein, sodass das jeweils vorliegende Schüttgut optimal aufgetrennt werden kann.

[0024] Diese Aufgabe wird mit einer Trennvorrichtung und einem Betriebsverfahren gelöst, welche die in Anspruch 1 bzw. 14 angegebenen Merkmale aufweisen. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in weiteren Ansprüchen angegeben.

[0025] Die Vorrichtung, die dem Trennen von Partikeln eines Schüttguts dient, welches an einem Ausgangsort zuführbar und an einem Zielort bearbeitet in unterschiedlichen oder ähnlichen Partikelgrössen oder in einer zumindest annähernd einheitlichen Partikelgrösse entnehmbar ist, umfasst wenigstens ein Trennelement, das eine metallene Trennplatte mit darin vorgesehenen Durchtrittsöffnungen aufweist, das mit Ultraschallenergie beaufschlagbar und dazu mit einem Ultraschallwandler verbunden ist und das von einer Haltevorrichtung gehalten ist.

[0026] Erfindungsgemäss ist vorgesehen, dass die Haltevorrichtung eine Montagewelle ist, die an einem Ende oder an beiden Enden bewegbar, insbesondere drehbar und/oder axial verschiebbar, gehalten ist und die an einem Ende oder an beiden Enden mit einem Ultraschallwandler verbunden ist, durch den Ultraschallenergie über die Montagewelle in das Trennelement einkoppelbar ist, das formbeständig ausgebildet ist.

[0027] Zur Übertragung elektrischer Energie, insbesondere einer Wechselspannung von einem Ultraschallgenerator zum Ultraschallwandler ist die Montagewelle vorzugsweise mit einer Kontaktierungsvorrichtung versehen. Die Kontaktierungsvorrichtung umfasst vorzugsweise Schleifringe und daran anliegende Schleifkontakte, über die Wechselspannungssignale und/oder Gleichspannungssignale, gegebenenfalls Steuersignale, zum Ultraschallwandler oder einer gegebenenfalls dort vorgesehenen Steuervorrichtung und/oder einem mit der Montagewelle verbundenen Ultraschallwandler übertragbar sind, der seinerseits den Ultraschallwandler speist.

[0028] Der Ultraschallwandler weist vorzugsweise einen piezoelektrischen Wandler auf, der vorzugsweise mehrere piezoelektrische Elemente umfasst. Die piezoelektrischen Elemente sind vorzugsweise zwischen zwei Metallplatten, die mit der Montagewelle formschlüssig oder kraftschlüssig verbunden oder verschweisst sind, eingespannt, und durch Anschlusskontakte gemeinsam oder individuell mit dem Ultraschallgenerator verbunden. Schwingungen der piezoelektrischen Elemente werden über die Metallplatten auf die Montagewelle und weiter zum wenigstens einen Trennelement übertragen. Die Metallplatten können als Schraubenmuttern je auf einem Gewinde der Montagewelle angeordnet sein. Durch Festziehen der Schraubenmuttern werden die Piezoelementen verspannt und gleichzeitig resultiert eine optimale Verbindung zwischen Schraubenmuttern und der Montagewelle. Vorteilhaft möglich ist auch die Verwendung nur einer Schraubenmutter, mittels der die Piezoelemente gegen eine fest mit der Montagewelle verbundene Metallplatte pressbar sind.

[0029] Die Montagewelle kann aus einem oder mehreren Stücken gefertigt sein. Die Montagewelle ist einstückig oder durch eine Kupplung mit der Motorwelle des Antriebsmotors verbunden.

[0030] In einer bevorzugten Ausgestaltung sind die piezoelektrischen Elemente ringförmig ausgebildet, sodass sie die Montagewelle umschliessen können. In dieser Ausgestaltung resultiert ein kompakter Aufbau mit maximaler Wirkung. Vorzugsweise sind fünf bis zwanzig Piezoelemente vorgesehen. Die Piezoelemente sind vorzugsweise durch Kontaktelemente und gegebenenfalls Isolationsplatten voneinander getrennt.

[0031] Durch Wechselspannungen im Ultraschallbereich können die Piezoelemente zu Schwingungen angeregt werden, die auf das wenigstens eine Trennelement übertragen werden. Durch die Ultraschallschwingungen wird bewirkt, die Partikel des Schüttguts vonein-

ander gelöst werden und durch das Trennelement hindurch treten können, falls Sie einen entsprechenden kleinen Durchmesser aufweisen. Ferner wird verhindert, dass ein fester Kontakt zwischen dem Trennelement und dem Schüttgut resultiert. Die Haftreibung und/oder Gleitreibung und somit die Reibungskräfte, die zwischen dem Trennelement und dem Schüttgut resultieren, werden somit wesentlich reduziert, sodass das Schüttgut im Fluss gehalten wird und nicht blockiert.

[0032] Mittels des erfindungsgemässen Trennelements können beliebige Arten von Schüttgut, homogenes Schüttgut oder nicht homogenes Schüttgut, sowie Schüttgut mit beliebigen Partikelgrössen bearbeitet werden. Innerhalb der Trennvorrichtung kann das Schüttgut Prozessen unterworfen werden, in denen es thermisch behandelt und/oder belüftet und/oder gereinigt und/oder in der Zusammensetzung verändert wird.

[0033] Die Trennplatte kann eine Gitterstruktur oder Drahtgeflechtstruktur aufweisen, die durch wenigstens ein Montageelement, wie eine Anschlusshülse oder durch wenigstens zwei Anschlussstäbe, die gleiche oder unterschiedliche Durchmesser aufweisen, mit der Montagewelle verbunden ist. Die Trennplatte kann z.B. von einem Ring umschlossen sein, der durch die Anschlussstäbe mit der Montagewelle oder mit einer Montagehülse, welche die Montagewelle umschliesst, verbunden sein.

[0034] Durch die Verwendung eines formbeständigen Trennelements und dessen Verbindung mit einer langgestreckten, z.B. stabförmigen oder zylindrischen Montagewelle aus Metall, in die Ultraschallenergie einkoppelbar ist, resultiert eine Trennvorrichtung mit zahlreichen Vorteilen.

[0035] Da das Trennelement von einer vorzugsweise zentral angeordneten Montagewelle gehalten und formstabil ausgebildet ist, kann auf grössere Montagevorrichtungen, insbesondere Trennelemente mit Montagerahmen, verzichtet werden. Gleichzeitig resultiert die Möglichkeit, direkter und flexibler auf das Schüttgut einzuwirken. Das Schüttgut kann wahlweise beliebigen mechanischen und akustischen Einwirkungen ausgesetzt werden, um den Trennprozess optimal zu gestalten. Der Trennprozess kann zudem mit reduziertem Energiebedarf effizienter ausgeführt werden. Über die Montagewelle kann wenigstens ein Trennelement bzw. wenigstens eine Trennplatte beliebigen axialen Bewegungen und Drehbewegungen sowie beliebigen Ultraschallwellen unterworfen werden. Sofern die Lagervorrichtungen, mittels denen die Montagewelle gehalten ist, ebenfalls drehbar gelagert sind, so können weitere Drehbewegungen ausgeführt werden.

[0036] Indem das wenigstens eine Trennelement nicht peripher, sondern durch die Montagewelle zentral gehalten wird, erfolgt eine Flexibilisierung der Trennvorrichtung. Durch die Vermeidung von Verbindungselementen, mittels denen das Trennelement peripher z.B. mit einem Gehäuse, mit Halterungen oder weiteren Montageelementen verbunden wird, können die nun vom

Trennelement unabhängigen Teile mit höheren Freiheitsgraden realisiert werden.

[0037] Aufgrund der Flexibilisierung der Vorrichtung können die Eigenschaften der Trennvorrichtung wesentlich durch die Operationsparameter der Steuervorrichtung bestimmt werden, weshalb die Konstruktion der Trennvorrichtung weniger Beachtung und Aufwand erfordert. Die Trennplatte kann z.B. peripher zwischen Flansche hineinragen, die einen Abschluss z.B. gegenüber einem Gehäuse bilden und sicherstellen, dass Schüttgut nur durch das Trennelement hindurch treten kann. Grundsätzlich kann die Lagerung der Montagewelle auch durch Lagerung des Trennelements unterstützt oder ersetzt werden.

[0038] Die Trennvorrichtung 1 kann mit einfachen Massnahmen bzw. der Selektion von Betriebsparametern an ein Schüttgut und die vom Anwender vorgegebenen Ziele angepasst werden. Somit kann die erfindungsgemässe Trennvorrichtung verschiedene Arten von Schüttgut optimal bearbeiten. Beispielsweise können chemische Pulver, Nahrungsmittelpartikel, Kristalle, mechanische Kleinteile und dergleichen mit derselben Trennvorrichtung bearbeitet werden. Sofern hingegen stets dasselbe Schüttgut bearbeitet wird, so empfiehlt es sich, Trennvorrichtungen mit entsprechend angepassten Dimensionen bereit zu stellen.

[0039] Die Dimensionen der Trennvorrichtung und der Trennelemente können daher um Grössenordnungen voneinander abweichen. Ebenso können die Betriebsparameter, insbesondere Drehgeschwindigkeiten drehbar gelagerter Trennelemente und Umschaltfrequenzen um Grössenordnungen voneinander abweichen.

[0040] Die Trennvorrichtung einschliesslich der Zufuhrkanäle und/oder Abfuhrkanäle kann hinsichtlich der Möglichkeit zur Einstellung wesentlich unterschiedlicher Betriebsparameter weitgehend unabhängig von der Art des Schüttguts gestaltet werden. Der Aufwand zur Herstellung der Trennvorrichtungen verlagert sich dabei vorteilhaft von der konstruktiven Ebene zur Softwareebene. Die Trennvorrichtung weist einen einfachen aber sehr flexiblen Aufbau auf, welcher die Realisierung neuer Prozesse zur Behandlung des Schüttguts erlaubt.

[0041] Das Schüttgut kann innerhalb einer kurzen Weglänge zwischen dem Ausgangsort und dem Zielort bearbeitet werden, sodass erfindungsgemässe Trennvorrichtungen, die zur Bearbeitung von Schüttgut in den genannten Industriebereichen vorgesehen sind, generell mit reduzierten Dimensionen realisiert werden können.

[0042] Durch die vorteilhaften Möglichkeiten zur Einwirkung auf das Schüttgut kann die Vereinzelung der Partikel nicht nur im Bereich des Trennelements oder der Trennelemente, sondern über den gesamten Transportweg des Schüttguts effizienter durchgeführt werden. Aufgrund der Flexibilisierung der Trennvorrichtung und der vorteilhafteren Einwirkung auf das Schüttgut werden Rückstände mit Veränderungen des Querschnitts der Transportwege, insbesondere Totzonen, vorteilhaft vermieden. Der optimale Betrieb der Trennvorrichtung kann

daher über eine längere Zeit aufrechterhalten werden und der Aufwand zur Wartung der Trennvorrichtung wird wesentlich reduziert. Die Flexibilisierung der Trennvorrichtung ermöglicht zudem zumindest eine teilweise Selbstreinigung der Vorrichtung. Die Trennelemente können dazu mit den erforderlichen Geschwindigkeiten bewegt werden, um beispielsweise einen Siebüberlauf zu entfernen. In vorzugsweisen Ausgestaltungen können Reinigungsmittel eingespritzt oder eingesprüht werden (siehe Fig. 4a), dies z.B. über dieselben Kanäle, über die Arbeitsprozesse beeinflusst werden.

[0043] Die Flexibilisierung der Trennvorrichtung ermöglicht somit nicht nur die optimale Realisierung des Trennprozesses, sondern auch die Realisierung weiterer Prozesse, insbesondere von Mischprozessen und Reinigungsprozessen. Während der Bearbeitung des Schüttguts können z.B. in einfacher Weise zusätzliche Materialien, Stoffe und Medien an beliebigen Stellen bzw. an beliebigen Trennelementen zugeführt und/oder zwischenbearbeitetes Schüttgut entnommen werden.

[0044] Das Schüttgut kann auch in einer geschlossenen Kammer unter beliebigem Gasdruck, gegebenenfalls Vakuum, bearbeitet werden.

[0045] Aufgrund der vorteilhaften direkten Einwirkung auf das Schüttgut kann der Energiebedarf gesenkt werden. Vibrationen und Erschütterungen, wie sie bei bekannten Trennvorrichtungen auftreten werden wesentlich reduziert. Mit reduzierter Energie kann direkter und somit intensiver auf das Schüttgut eingewirkt werden. Vibrationen der Trennvorrichtung, die zu Erschütterungen des Gebäudes führen könnten, werden vorteilhaft vermieden.

[0046] Das bearbeitete Schüttgut kann in hoher Qualität mit einem hohen Trennungsgrad bereitgestellt werden, sodass Fehldosierungen bei der Anwendung des bearbeiteten Schüttguts vermieden werden. Wie erwähnt, können in den Arbeitsprozessen qualitative Änderungen des Schüttguts vorteilhaft vorgenommen werden. Ein gemischtes Material wird optimal verteilt in das Schüttgut integriert.

[0047] Das Trennelement bzw. die Trennplatte bildet vorzugsweise einen Rotationskörper.

[0048] In vorzugsweisen Ausgestaltungen weist die Trennplatte eine Grundstruktur auf und ist z.B. eben, konusförmig, wendelförmig, spiralförmig, wellenförmig, schneckenförmig, sägezahnförmig ausgebildet oder mit Abstufungen oder Abkantungen versehen. In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung ist die Trennplatte kugelwellenförmig ausgebildet. In dieser Ausgestaltung können sich die Ultraschallwellen besonders vorteilhaft über die Oberfläche der Trennplatte ausbreiten.

[0049] Wenigstens eine der Trennplatten kann auch mit einer zusätzlichen dreidimensionalen Oberflächenstruktur versehen sein, die der Grundstruktur überlagert und die in das Schüttgut eingreift und dieses bewegen kann. Vorzugsweise wird eine Oberflächenstruktur in Form radial oder geneigt verlaufender Einformungen oder Ausformungen verwendet, die in regelmässigen

oder unregelmässigen Abständen angeordnet sind. Die Trennplatte kann daher eine erste Grundform oder Grundstruktur aufweisen, die die gleichmässige Ausbreitung der Ultraschallwellen begünstigt und die gegebenenfalls von einer Oberflächenstruktur überlagert ist, die der mechanischen Interaktion mit dem Schüttgut dient.

[0050] Die Trennplatte kann eine einheitliche Dicke aufweisen oder sich vom Zentrum zur Peripherie z.B. in der Art einer Klinge graduell oder kontinuierlich verjüngen. In der verdünnten Peripherie können sich Schwingungen mit grösserer Amplitude ausbilden. Ansonsten werden die Abmessungen der Trennplatte in Abhängigkeit der erforderlichen Festigkeit hinsichtlich des Schüttguts sowie des Durchmessers der Trennplatte gewählt. An der Stelle, an der die Trennplatte mit der Montagewelle verbunden ist kann eine Materialdicke im Bereich von 1 mm bis 50 mm liegen. Sofern sich die Trennplatte nach aussen verjüngt, kann dort eine um das 10-100-fach reduzierte Materialdicke vorliegen. Die Durchmesser der Trennplatten können im Bereich von 10 mm bis 1000 mm oder mehr liegen. Wiederum sind die Eigenschaften, insbesondere das spezifische Gewicht des Schüttguts entscheidend.

[0051] Vorzugsweise werden Trennplatten aus Metall, welches Ultraschall leitet, wie Aluminium, Stahl, insbesondere rostfreier Stahl, Kupfer, Messing, Titan oder eine Legierung z.B. mit solchen Metallen verwendet. Vorteilhaft können auch Trennplatten verwendet werden, die mit einer widerstandsfähigen Schutzschicht, wie einer Edelmetallschicht versehen sind.

[0052] Die Trennplatte wird z.B. durch Urformen aus körnigem, pulverförmigem oder verflüssigtem Material; durch Umformen, wie Walzen, Schmieden, Biegen, Pressen oder Tiefziehen; durch thermisches Abtragen, wie Funkenerodieren, Senkerodieren, Laserschneiden; oder durch Zerspanung z.B. durch Drehen, Bohren, Fräsen, Schleifen, gefertigt.

[0053] Die Durchtrittsöffnungen in den Trennplatten können ebenfalls durch die genannten Prozesse realisiert werden. Der Durchmesser der Durchtrittsöffnungen liegt z.B. im Bereich von 1 Mikron - 1000 Mikron für pulverförmiges Schüttgut. Für Schüttgut mit grösseren mechanischen Partikeln kann der Durchmesser der Durchtrittsöffnungen im Bereich von z.B. 1mm-15mm liegen. Der Durchmesser der Durchtrittsöffnungen aller Trennelemente kann gleich gross sein oder auch graduell ändern, sodass die zuerst durchlaufende Trennplatte die grössten Durchtrittsöffnungen und die zuletzt durchlaufende Trennplatte die kleinsten Durchtrittsöffnungen aufweist.

[0054] In bevorzugten Ausgestaltungen weist das Trennelement eine Zentralachse auf und ist bezüglich dieser Zentralachse rotationssymmetrisch ausgebildet. Die Montagewelle ist vorzugsweise coaxial oder vorzugsweise nur wenig exzentrisch zur Zentralachse des Trennelements ausgerichtet. Sofern die Montagewelle exzentrisch zur Zentralachse angeordnet ist, resultieren Schwingungen und Vibrationen, die den Trennprozess

erleichtern. Vorzugsweise sind die Trennplatten drehbar oder verschiebbar angeordnet, sodass sie von einer coaxialen Lage in eine exzentrische Lage gedreht oder verschoben und fixiert werden können. Besonders vorteilhaft ist, dass das wenigstens eine Trennelement bei dieser Anordnung wahlweise mit einer gewünschten Umschaltfrequenz in die eine oder andere Richtung gedreht und vorzugsweise wahlweise beschleunigt werden kann.

[0055] Das Trennelement kann auf verschiedene Weise mit der Montagewelle verbunden werden. Beispielsweise umfasst die Trennplatte ein Montageelement in der Ausgestaltung einer Anschlusshülse oder wenigstens zwei Anschlussstäbe, die vorzugsweise unterschiedliche Durchmesser aufweisen. Beispielsweise sind vier Anschlussstäbe mit unterschiedlichen Durchmessern kreuzweise vorgesehen. Durch die Verwendung derartiger Anschlussstäbe kann die Einkopplung vorteilhaft, insbesondere zirkular drehend erfolgen. Stehende Wellen werden vermieden oder reduziert. Stattdessen erfolgt eine Überlagerung unterschiedlicher Wellen, wodurch die gesamte Fläche der Trennplatte aktiviert wird.

[0056] Die aus Metall gefertigte einstückige oder mehrteilige Montagewelle ist langgestreckt und vorzugsweise stabförmig oder zylinderförmig ausgebildet. Vorzugsweise weist die Montagewelle mehrere miteinander verbindbare Wellenelemente auf, von denen jedes fest oder drehbar und gegebenenfalls lösbar mit einem zugehörigen Trennelement verbunden ist. Die einzelnen Wellenelemente sind vorzugsweise formschlüssig miteinander verbindbar, miteinander verschraubt oder miteinander verschweisst. Sofern die einzelnen Wellenelemente voneinander lösbar sind, kann die Trennvorrichtung beliebig konfiguriert und an ein bestimmtes Schüttgut angepasst werden.

[0057] In besonders bevorzugten Ausgestaltungen ist die einteilige oder mehrteilige Montagewelle an einem Ende oder an beiden Enden mit einem Antriebsmotor verbunden. Durch den Antriebsmotor oder die Antriebsmotoren kann die Montagewelle oder können die Wellenelemente individuell in die eine oder andere Richtung oder abwechselungsweise in die eine und die andere Richtung um deren Längsachse angetrieben werden.

[0058] Die Montagewelle wird an einem Ende oder an beiden Enden in einer Lagervorrichtung fest oder drehbar gelagert und ist vorzugsweise durch radial ausgerichtete Verbindungskörper mit einem Montagekörper, gegebenenfalls einem Förderbehälter verbunden.

[0059] Zur Realisierung verschiedener Arbeitsprozesse wird die Montagewelle mit dem wenigstens einen Trennelement vorzugsweise in einem Förderbehälter angeordnet, in dem das Schüttgut gefangen ist und in dem unterschiedliche Konditionen, wie ein Gasüberdruck oder ein Gasunterdruck bzw. ein Vakuum, ein Sprühnebel oder dergleichen und somit unterschiedliche Behandlungsprozesse realisierbar sind.

[0060] Der Förderbehälter ist dazu mit einem geöffneten oder wahlweise abschliessbaren Durchgangskanal

versehen, durch den das Schüttgut vom Ausgangsort zum Zielort transportierbar ist.

[0061] Vorzugsweise weist der Förderbehälter für wenigstens eines der Trennelemente eine Austrittsöffnung auf, durch die Schüttgutanteile, wie bearbeitete bzw. abgetrennte Schüttgutanteile oder ein Überlauf, abgeführt werden können. Vorzugsweise sind die Austrittsöffnungen wahlweise abschliessbar.

[0062] In einer weiteren vorzugsweisen Ausgestaltung weist der Förderbehälter vorzugsweise für jedes der Trennelemente einen Eingangskanal und/oder einen Ausgangskanal auf, die z.B. durch röhrenförmige Elemente realisiert sind.

[0063] In vorzugsweisen Ausgestaltungen sind eine Energieversorgungsvorrichtung, die mit dem Antriebsmotor oder den Antriebsmotoren und gegebenenfalls mit einem oder mehreren Ultraschallwandlern verbunden ist, und eine Steuereinheit mit einem Steuerprogramm vorgesehen, mittels dessen der Prozess zum Trennen der Partikel des Schüttguts und gegebenenfalls weitere Prozesse, wie Reinigungsprozesse oder Wartungsprozesse steuerbar sind. Durch Einstellung der Parameter können verschiedene Prozessphasen realisiert werden. In einer Mischphase kann das Schüttgut durch kontinuierliche oder wechselseitige Drehung des wenigstens einen Trennelements über einige Umdrehungen oder einen grösseren Bruchteil einer Umdrehung von z.B. 45° - 180° grob verteilt werden. In einer Arbeitsphase kann das Schüttgut durch wechselseitige Drehung des wenigstens einen Trennelements über einen kleinen Bruchteil einer Umdrehung von z.B. $0,5^\circ$ - 5° einer mechanischen Vibration unterworfen werden, welche die Partikel voneinander trennt und durch die Durchtrittsöffnungen der Trennelemente hindurch treten lässt. In einer Entladephase kann verbliebenes Schüttgut bzw. ein Siebüberlauf durch eine Drehung des wenigstens einen Trennelements mit hoher Geschwindigkeit nach aussen geschleudert und entfernt werden.

[0064] Die Parameter können über einen weiten Bereich ändern und sind nicht zuletzt auch von der Ultraschallenergie abhängig, die in die Trennelemente eingekoppelt wird.

[0065] Die Rotationsgeschwindigkeiten können im Bereich von einer bis einige 1000 Umdrehungen liegen und sind wesentlich von der Grösse, Form und dem spezifischen Gewicht der Partikel des Schüttguts und der Ausgestaltung der Trennelemente abhängig. Besonders wesentlich ist auch die Höhe der Beschleunigungen. Durch hohe Beschleunigungen über einen Bruchteil einer Umdrehung, z.B. im Bereich von 5° bis 180° , werden die Schichten des Schüttguts in der Mischphase gegeneinander verschoben und durchmischt. Dieser Effekt kann durch Einarbeitung von Oberflächenstrukturen in die Trennplatten entsprechend erhöht werden.

[0066] In der Arbeitsphase liegt das Schüttgut bereits relativ gut vermischt und zumindest teilweise aufgetrennt auf den Trennelementen. In dieser Phase erfolgt die vollständige Trennung der Schüttgutpartikel voneinander

und die Förderung durch die Durchtrittsöffnungen der Trennelemente. Dazu wird die Montagewelle über geringe Drehbereiche im Bereich von beispielsweise $0,5^\circ$ - 5° mit einer Umschaltfrequenz vor und zurück bewegt, die vorzugsweise im Bereich von 10 Hz - 1000 Hz oder mehr liegt. In der Arbeitsphase werden die Trennelemente daher mit mechanischen Vibrationen im Bereich von 10 Hz - 1000 Hz und Ultraschallschwingungen im Bereich von typischerweise 10 kHz - 40 kHz beaufschlagt. Vorzugsweise wird die Umschaltfrequenz für die mechanischen Vibrationen während der Arbeitsphase kontinuierlich oder sprunghaft geändert. Vorzugsweise wird auch die Frequenz der Ultraschallschwingungen kontinuierlich oder sprunghaft geändert. Beispielsweise werden die Frequenzen der Umschaltfrequenz und der Ultraschallschwingungen umgetastet, d.h. stetig zwischen bestimmten, gegebenenfalls vorbestimmt oder zufällig gewählten Frequenzwerten geändert. Alternativ werden die Frequenzen der Umschaltfrequenz und der Ultraschallschwingungen kontinuierlich geändert oder je einem sogenannten Scan unterworfen, die Frequenzänderungen können dabei gegeneinander oder in dieselbe Richtung verlaufen. Möglich ist auch, dass eine der Frequenzen umgetastet und die andere einem Scan unterworfen wird.

[0067] Möglich sind ferner sporadische Wechsel von der Arbeitsphase zur Mischphase.

[0068] In der Entladephase können die Trennelemente bei hohen Umdrehungen, z.B. im Bereich von 25 bis 1000 Umdrehungen pro Sekunde von Schüttgut befreit werden. Anschliessend wird vorzugsweise eine Reinigungsflüssigkeit in die Trennvorrichtung eingebracht, z.B. gesprüht, um die Trennelemente zu reinigen. Abschliessend kann ein gasförmiges Medium, wie Luft, eingelassen werden, um die Trennvorrichtung zu trocknen. Die Trennvorrichtung kann daher nach einer Entladephase durch die Betriebssoftware in eine Reinigungsphase überführt werden, in der die Trennvorrichtung wieder in den Ausgangszustand zurückgeführt wird. Die Trennvorrichtung kann daher, insbesondere hinsichtlich dieser Selbstreinigungsfunktion, mit minimalem Wartungsaufwand betrieben werden.

[0069] In vorzugsweisen Ausgestaltungen können in der Mischphase und/oder der Arbeitsphase und/oder der Entladephase alternierende Krafteinwirkungen bzw. Vibrationen coaxial in die Montagewelle eingekoppelt werden, sodass Krafteinwirkungen auch parallel bzw. antiparallel zur Schwerkraft auf die Schüttgutpartikel einwirken können. Derartige Krafteinwirkungen mit wählbarer Frequenz können z.B. nach dem Tauchspulprinzip akustischer Lautsprecher in einfacher Weise in die Montagewelle eingekoppelt werden. Beispielsweise wird die Montagewelle elastisch bzw. vertikal verschiebbar gehalten und an der Unterseite oder Oberseite mit einem z.B. zylindrischen Magneten versehen, der in eine Spule eingetaucht ist, der ein Wechselstrom im Bereich von 5 Hz - 15 kHz zugeführt wird. Alle genannten Einwirkungen auf die Montagewelle können gleichzeitig oder abwechselungsweise oder auch nur sporadisch erfolgen.

[0070] Der Ultraschallgenerator ist zur Abgabe von Wechselspannungssignalen vorzugsweise im Frequenzbereich von vorzugsweise 15 kHz - 45 kHz vorgesehen. Vorzugsweise ist der Ultraschallgenerator zur kontinuierlichen Änderung und/oder zur Umtastung der Frequenz und/oder zur Änderung der Amplitude der Wechselspannungssignale ausgelegt. Die Frequenz des Ausgangssignals, die im genannten Frequenzbereich liegt, wird vorzugsweise mit einer Umtastfrequenz geändert, die im Bereich von 10 Hz - 2 kHz liegt. Beispielsweise wird das Ausgangssignal des Ultraschallgenerators mit einer Umtastfrequenz von 10 Hz zehnmal pro Sekunde zwischen den Ultraschallfrequenzen von 25 kHz und 35 kHz repetitiv umgetastet. Mit der Umtastfrequenz kann auch eine ganze Sequenz von Ultraschallfrequenzen von z.B. 25 kHz, 30 kHz und 35 kHz durchlaufen werden. Anstelle der punktuellen Umtastung kann auch eine kontinuierliche Frequenzänderung vollzogen werden. Beispielsweise erfolgt mit einer Änderungsfrequenz von 10 Hz zehnmal pro Sekunde ein Scan zwischen zwei oder mehreren Ultraschallfrequenzen.

[0071] Durch die beschriebenen Änderungen der Ultraschallfrequenzen wird sichergestellt, dass an der Trennplatte keine stationären Wellenknoten auftreten und die Wirkung der Ultraschallsignale lückenlos eintritt.

[0072] Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Zeichnungen näher erläutert. Dabei zeigt:

Fig. 1a eine erfindungsgemässe Trennvorrichtung 1 mit optionalen Antriebsvorrichtungen 8, 80 in elementarer Ausgestaltung mit nur einem Trennelement 3, das eine konisch geformte Trennplatte 31 mit Durchtrittsöffnungen 30 aufweist und das von einer fest oder drehbar gelagerten Montagewelle 2 gehalten ist, an die ein Ultraschallwandler 6 angeschlossen ist, der von einem Ultraschallgenerator 70 gespeist wird;

Fig. 1b die Trennvorrichtung 1 von Fig. 1a mit einer exemplarisch dargestellten Vorrichtung zur Versorgung des drehbar gelagerten Trennelements 3 mit Ultraschallenergie;

Fig. 2 eine erfindungsgemässe Trennvorrichtung 1 in einem Viertelschnitt mit drei Trennelementen 3A, 3B, 3C, welche von einer fest oder drehbar gelagerten mehrteiligen Montagewelle 2 gehalten sind, an die ein Ultraschallwandler 6 angeschlossen ist;

Fig. 3 eine erfindungsgemässe Trennvorrichtung 1 mit sechs in einem Förderbehälter 5 angeordneten Trennelementen 3A, 3B, 3C, 3D, 3E, 3F, die von einer mehrteiligen Montagewelle 2, in die Ultraschallenergie einkoppelbar ist, drehbar gehalten sind;

Fig. 4a eine erfindungsgemässe Trennvorrichtung 1 mit sechs von einer Montagewelle 2 drehbar gehaltenen Trennelementen 3A, 3B, ..., die zusätzlich erlaubt, dem bearbeiteten Schüttgut Material oder Gase zuzuführen und bearbeitetes Schüttgut an verschiedenen Stellen zu entnehmen;

Fig. 4b ein Teil der Trennvorrichtung 1 von Fig. 4a;

Fig. 5a eine erfindungsgemässe Trennvorrichtung 1 mit wendelförmig ausgebildeten Trennelementen 3A, ..., 3L, die mittels der zugehörigen Montagewelle 2 drehbar gelagert und mit Ultraschallenergie beaufschlagbar sind;

Fig. 5b ein Teil der Trennvorrichtung 1 von Fig. 5a;

Fig. 6 die Trennvorrichtung von Fig. 2a in einer vorzugsweisen Ausgestaltung des Trennelements 3 mit vier Anschlussstäben 321, 322, 323, 324 unterschiedlicher Dicke, mittels denen die Metallplatte 31 mit der Montagewelle 2 verbunden ist;

Fig. 7 ein Trennelement 3 mit einer kugelwellenförmig geformten Trennplatte 31, wie es in der Vorrichtung von Fig. 4 eingesetzt ist; und

Fig. 8 ein Trennelement 3 mit einer Trennplatte 31, die eine Gitterstruktur oder einen Drahtgeflecht 319 umfasst und die von einem Ring 320 umschlossen ist, der durch Anschlussstäbe 321, 322, 323, 324 mit der Montagewelle 2 oder einer Montagewelle 32, welche die Montagewelle 2 umschliesst, verbunden ist.

[0073] Fig. 1 zeigt eine erfindungsgemässe Vorrichtung 1 zum Trennen von Partikeln eines Prozessmaterials bzw. Schüttguts S, welches an einem Ausgangsort A zuführbar und nach der Bearbeitung in der Trennvorrichtung 1 an einem Zielort B in unterschiedlichen oder ähnlichen Partikelgrößen oder in einer zumindest annähernd einheitlichen Partikelgrösse entnehmbar ist.

[0074] Die Trennvorrichtung 1 umfasst in dieser Ausgestaltung nur ein Trennelement 3 mit einer metallenen Trennplatte 31, die einen Rotationskörper bzw. einen Konus bildet, der Durchtrittsöffnungen 30 vorzugsweise gleicher Grösse aufweist. Das Trennelement 3 bzw. die konische Trennplatte 31 weist ein zentrales Montageelement 32 auf, welches von einer Montagewelle 2 fest oder drehbar und/oder axial verschiebbar gehalten ist. Die Montagewelle 2 ist mit seiner Längsachse x koaxial zur Rotationsachse des Trennelements 3 vorzugsweise parallel zur Gravitationsachse ausgerichtet. Schüttgut wird daher bevorzugt durch Gravitationskraft durch die Trennvorrichtung 1 gefördert.

[0075] Dieser Fördervorgang wird vorzugsweise durch

Massnahmen begünstigt und beschleunigt, die nachstehend beschrieben sind. Das Trennelement 3 wird während der Bearbeitung zumindest phasenweise mit Ultraschallwellen, die typischerweise im Frequenzbereich von 15 kHz bis 40 kHz liegen, beaufschlagt. Dazu ist die Montagewelle 2 an der Unterseite mit einem Ultraschallwandler 6 verbunden, dem elektrische Signale 71A von einem Ultraschallgenerator 70 zuführbar sind. Der Ultraschallgenerator 70 ist vorzugsweise von einer Steuervorrichtung 9 bzw. dem darin implementierten Steuerprogramm 99 steuerbar, sodass Ultraschallfrequenzen beliebig einstellbar und änderbar sind.

[0076] Ferner kann das Trennelement 3 mechanischen Vibrationen in einem Frequenzbereich von wenigen Hertz bis z.B. 1 kHz unterworfen werden. Als erste Option ist ein Antriebsmotor 8 vorgesehen, mittels dessen die Montagewelle 2 in die eine und/oder in die andere Richtung drehbar ist. Der Drehbereich, die Beschleunigung und die Drehgeschwindigkeit sowie die Umschaltfrequenz zur Änderung der Drehrichtung sind wiederum von der Steuervorrichtung 9 bzw. dem darin implementierten Steuerprogramm 99 steuerbar. Ein Hochfrequenzvibrationsmotor, der in der erfindungsgemässen Trennvorrichtung eingesetzt werden kann, ist z.B. aus der CN105827059A bekannt.

[0077] Die Trennvorrichtung 1 kann ferner einer Vibrationsbewegung mit Krafteinwirkungen entlang der Längsachse x der Montagewelle 2 unterworfen werden. Solche Vibrationen können leicht durch Motoren erzeugt werden, deren Motorwellen exzentrisch belastet sind. Die Montagewelle 2 kann mit einem solchen Motor 8 gekoppelt werden, der wiederum von der Steuervorrichtung 9 bzw. dem darin implementierten Steuerprogramm 99 steuerbar ist. Entsprechend der Drehzahl des Motors 8 können wiederum beliebige Frequenzen der Vibration eingestellt werden.

[0078] Alternativ kann der Montagestab 2 mit einem vorzugsweise zylindrischen Magneten 28 verbunden sein, der innerhalb einer Spule 88 angeordnet ist, der von einem Frequenzgenerator 800 ein Wechselstrom zuführbar ist. Die zur Schaltung und Abschaltung sowie die Frequenz des Wechselstroms sind wiederum von der Steuervorrichtung 9 bzw. dem darin implementierten Steuerprogramm 99 steuerbar.

[0079] In vorzugsweisen Ausgestaltungen erfolgt die Steuerung der Trennvorrichtung in der Mischphase und/oder der Arbeitsphase und/oder der Entladephase unter Berücksichtigung von Sensorsignalen, die von Sensoren 95 abgegeben werden. Beispielsweise wird das auf dem Trennelement 3 aufliegende Schüttgut optisch überwacht

[0080] Die beschriebenen Optionen zum vertikalen oder rotativen Vibrieren sowie zur Einkopplung von Ultraschallenergie des Trennelements 3 sind für sich allein oder wahlweise in Kombination einsetzbar. Die Vibrationsfrequenzen und/oder die Vibrationsamplituden können gleich oder unterschiedlich sein.

[0081] Die Montagewelle 2, die als Haltevorrichtung

für das Trennelement 3 dient, ist von einer Montagevorrichtung 52 und einer Lagervorrichtung 58 fest oder drehbar und/oder axial so weit verschiebbar gehalten, wie dies die Amplituden bei einer axialen Verschiebung bzw. Vibration erfordern. In dieser Ausgestaltung ist die Montagewelle 2 nur einseitig gehalten. An der Unterseite der Montagewelle 2 ist ferner der Ultraschallwandler vorzugsweise formschlüssig und kraftschlüssig montiert, vorzugsweise verschraubt, z.B. durch einen Presssitz verklemmt oder verschweisst.

[0082] Fig. 1b zeigt die Trennvorrichtung 1 von Fig. 1a mit einer exemplarisch dargestellten Vorrichtung zur Versorgung des drehbar gelagerten Trennelements 3 mit Ultraschallenergie. Elektrische Energie wird dem Ultraschallwandler 6 vom Ultraschallgenerator 70 über ein mehradriges Kabel 71B und eine Kontaktierungsvorrichtung 4 zugeführt, welche Schleifkontakte 41, 43 aufweist, die an Schleifringen 42, 44 anliegen, die drehbar mit der Montagewelle 2 verbunden sind. Das mehraderige Kabel 71B ist mit den Schleifkontakten 41, 43 verbunden. Über die Schleifkontakte 41 werden Wechselspannungen im Frequenzbereich der Ultraschallwellen übertragen. Die korrespondierenden Schleifringe 42 sind an Verbindungskabel 77 angeschlossen, über die die Wechselspannungen zu Piezoelementen 631 oder gegebenenfalls zu einer Steuereinheit 60 übertragen werden, in der die Wechselspannungen über Schalter an die Piezoelementen 631 abgegeben werden.

[0083] Der Ultraschallwandler 6 umfasst vorzugsweise mehrere durch Kontaktelemente 64 (nur eines gezeigt) voneinander getrennte Piezoelemente 631, die je eine Transferöffnung aufweisen, durch die die Montagewelle 2 hindurch geführt ist. Die Piezoelemente 631 werden durch zwei mit dem Montagestab 2 verbundene Arretierelemente 632 zusammen gepresst, über die Ultraschallschwingungen auf die Montagewelle 2 übertragen werden. Die Arretierelemente 632 sind beispielsweise Schraubenmuttern, welche je von einem Gewinde drehbar gehalten sind, das in die Montagewelle eingearbeitet ist. Die Piezoelemente 631 können daher in einfacher Weise fixiert und über die dazwischenliegenden Kontaktelemente 64 mit elektrischen Spannungen versorgt werden.

[0084] In vorzugsweisen Ausgestaltungen ist im Ultraschallwandler 6 eine Steuereinheit 60 angeordnet, die mit der zentralen Steuervorrichtung 9 verbunden ist. Steuersignale werden über das Kabel 71B an die weiteren Schleifkontakte 43 abgegeben, die an den weiteren Schleifringen 44 anliegen. Die Steuersignale werden über Steuerleitungen 78 zur Steuereinheit 60 übertragen, welche in der Folge die Abgabe von Wechselspannungen an die Piezoelemente 631 bzw. die Anschlusskontakte 64 steuert. Die Steuereinheit 60 kann auch einen Ultraschallgenerator umfassen, dem über die Kontaktierungsvorrichtung 4 eine Versorgungsspannung zuführbar ist und der zur Abgabe der Ultraschallsignale vorgesehen ist. Der gezeigte Ultraschallgenerator 70 ist in diesem Fall in die Steuereinheit 60 integriert.

[0085] Die Figuren 1a und 1b illustrieren die signifikanten Vorteile der erfindungsgemässen Trennvorrichtung 1. Es ist ersichtlich, dass mit minimalem konstruktivem Aufwand über die Montagewelle 2 auf unterschiedliche Weise mechanisch und/oder mit Ultraschallenergie auf das Trennelement 3 eingewirkt werden kann. Mechanische und akustische Schwingungen, Drehungen sowie axiale Verschiebungen können mit einfachen Mitteln auf die Montagewelle 2 übertragen werden, die ihrerseits in einfacher Weise drehbar und/oder verschiebbar gelagert werden kann. Die auf die Montagewelle 2 einwirkenden mechanischen Bewegungen und/oder Ultraschallwellen können von der Montagewelle 2 zentral an das wenigstens eine Trennelement 3 übertragen werden.

[0086] Besonders vorteilhaft ist auch, dass die in einer einfachen Ausgestaltung gezeigte Trennvorrichtung von Fig. 1a und 1b in einfacher Weise aufgebaut werden kann.

[0087] Fig. 2 zeigt eine erfindungsgemässe Trennvorrichtung 1 mit einer Montagewelle 2, die drei Wellenelemente 2A, 2B, 2C umfasst, von denen jedes mit einem Trennelement 3A; 3B; 3C verbunden ist. Die Wellenelemente 2A, 2B, 2C umfassen beidseits Kopplungselemente 21, 22, die ineinander einschiebbar oder miteinander verschraubbar sind. Die Montagewelle 2 kann somit beliebig erweitert werden, sodass eine Trennvorrichtung 1 mit der gewünschten Anzahl von Trennelementen 3A, 3B, 3C resultiert. Die Wellenelemente 2A, 2B, 2C sind vorzugsweise identisch ausgebildet, können sich in ihren Dimensionen, insbesondere in der Länge, aber auch unterscheiden, so z.B., um Trennelemente 3 unterschiedlicher Grösse halten zu können. Mit dem untersten Wellenelement 2C ist ein Ultraschallwandler 6 formschlüssig verbunden, gegebenenfalls verschraubt. Montagewellen 2 aller erfindungsgemässen Trennvorrichtungen 1 können somit entweder einstückig ausgebildet sein oder aus mehreren Wellenelementen bestehen.

[0088] Die Trennelemente 3A, 3B, 3C weisen Öffnungen unterschiedlicher Grösse auf, sodass einzelne Partikel nicht nur voneinander, sondern auch in der Grösse separiert bzw. auf jedem der Trennelemente gruppiert werden können. Nach der Arbeitsphase, liegen die Partikel des Schüttguts in unterschiedlichen Grössen voneinander getrennt auf den Trennelementen 3A, 3B, 3C zur Entnahme bereit. In einer Entladephase können die Trennelemente 3A, 3B, 3C gedreht werden, um die voneinander separierten Schüttgutanteile mittels Zentrifugalkraft durch Austrittskanäle 5A, 5B und 5C wegzuführen.

[0089] Die einzelnen Trennelemente 3A, 3B, 3C weisen Durchtrittsöffnungen 30 unterschiedlicher Grösse auf. Dies ist typischerweise vorgesehen, falls Partikel unterschiedlicher Grösse voneinander getrennt werden sollen. Durchtrittsöffnungen 30 unterschiedlicher Grösse können jedoch auch dann vorgesehen werden, wenn Klumpen eines Schüttguts in oberen Trennelementen 3A, 3B zerkleinert und erst abschliessend die einzelnen gleich grossen Partikel voneinander getrennt werden.

[0090] Fig. 3 zeigt eine erfindungsgemässe Trennvorrichtung 1 mit sechs in einem Förderbehälter 5 angeordneten Trennelementen 3A, ..., 3F, die von einer mehrteiligen Montagewelle 2, die mit ihrer Längsachse x parallel zur Förderachse der Trennvorrichtung 1 ausgerichtet ist. In dieser vorzugsweisen Ausgestaltung weist die Montagewelle 2 ein unteres Wellenelement 2A und ein oberes Wellenelement 2B auf, die an den einander zugewandten Enden durch ein Kopplungselement 26, gegebenenfalls eine Kopplungshülse, coaxial zueinander ausgerichtet und gegeneinander drehbar miteinander verbunden sind und die an den voneinander abgewandten Enden in Lagervorrichtungen 58A; 58B drehbar gelagert sind. In den Lagervorrichtungen 58A, 58B sind die von den Wellenelementen 2A, 2B gehaltenen Ultraschallwandler 6A, 6B integriert. Anschliessend an die Lagervorrichtungen 58A, 58B sind die Kontaktierungsvorrichtungen 4A, 4B, die an wenigstens einen Ultraschall-generator 70 angeschlossen sind, mit den Wellenelementen 2A, 2B verbunden, die weiter über eine zugehörige Kupplung 85A bzw. 85B je mit einem zugehörigen Antriebsmotor 8A bzw. 8B verbunden sind.

[0091] Die unteren drei Trennelemente 3A, 3B, 3C können daher, gesteuert durch das Steuerprogramm 99, vom unteren Antriebsmotor 8A gedreht werden, während die oberen drei Trennelemente 3D, 3E, 3F, gesteuert durch das Steuerprogramm 99, vom oberen Antriebsmotor 8B gedreht werden können.

[0092] Ebenso können Steuersignale und Wechselspannungssignale individuell über die untere und obere Kontaktierungsvorrichtung 4A bzw. 4B zum unteren und oberen Ultraschallwandler 6A, 6B übertragen werden.

[0093] Die gezeigte Trennvorrichtung 1 umfasst daher zwei kleinere Trennvorrichtungen 1', 1'' mit je drei Trennelementen 3A, 3B, 3C bzw. 3D, 3E, 3F. Die untere Trennvorrichtung 1' mit den drei Trennelementen 3A, 3B, 3C und die obere Trennvorrichtung 1'' mit den drei Trennelementen 3D, 3E, 3F können autonom in derselben oder in unterschiedlichen Prozessphasen betrieben werden. Während einer ersten Prozessphase kann in der oberen Trennvorrichtung 1'' ein Programm der Arbeitsphase angewendet werden, während in der unteren Trennvorrichtung 1' ein Programm der Mischphase angewendet wird. In einer zweiten Prozessphase kann in der unteren und der oberen Trennvorrichtung 1', 1'' ein Programm der Arbeitsphase angewendet werden. In einer dritten Prozessphase kann in der oberen Trennvorrichtung 1'' ein Programm der Entladephase angewendet werden, während die untere Trennvorrichtung 1' noch immer in der Arbeitsphase betrieben wird.

[0094] Die Montagewelle 2 mit den sechs Trennelementen 3A, ..., 3F ist in einem oben und unten geöffneten Förderbehälter 5 angeordnet, der einen Förderkanal 50 aufweist, durch den das Schüttgut S mittels Schwerkraft transportiert wird. Der Förderbehälter 5 weist in der Seitenwand zusätzlich Austrittsöffnungen oder Austrittskanäle 50A, ..., 50F auf, durch die je ein Überlauf oder ein Zwischenprodukt Sa, Sb, Sc, Sd, Se, Sf des Schüttguts

S von den zugeordneten Trennelementen 3A, ..., 3F nach aussen gefördert und weggeführt werden kann, wie dies symbolisch gezeigt ist. In der Entladephase wird die Rotationsgeschwindigkeit der Trennelemente 3A, ..., 3F derart erhöht, dass die Zwischenprodukte Sa, Sb, Sc, Sd, Se, Sf durch Zentrifugalkraft weggeführt werden.

[0095] Die gezeigte Energieversorgungsvorrichtung 90 wird von der Steuereinheit 9 angesteuert, um Energie für die Motoren 8A, 8B und gegebenenfalls den Ultraschallgenerator 70 abzugeben, der auch in die Energieversorgungsvorrichtung 90 integriert werden kann.

[0096] Fig. 4a zeigt eine erfindungsgemässe Trennvorrichtung 1 mit sechs von einer Montagewelle 2 drehbar gehaltenen Trennelementen 3A, ..., 3F die eine ebene Kugelwellenform aufweist. Eine Kugelwellenform ist eine Wellenform, die im Wasser resultiert, nachdem ein Stein hineingeworfen wurde. Die Kugelwellenform begünstigt eine optimale Verteilung der Ultraschallwellen, sodass die Aufteilung des Schüttguts besonders effizient gelingt. Die Trennelemente 3A, 3B, ... weisen vorzugsweise eine oder mehrere Resonanzfrequenzen auf, an denen mit minimaler Ultraschallenergie maximale Schwingungen erzeugt werden. Insbesondere in der Arbeitsphase wird vorzugsweise die Frequenz der Ultraschallwellen zwischen den Resonanzfrequenzen umgetastet, sodass möglichst intensive und sich ändernde Einflüsse auf das Schüttgut resultieren und dieses rasch in seine Partikel aufgetrennt wird.

[0097] Die Trennelemente 3A, ..., 3F sind durch eine Montagewelle 2 miteinander verbunden, die einstückig ausgebildet ist oder auch mehrere Wellenelemente aufweisen kann, die fest miteinander verbunden sind. Die Montagewelle 2 ist über eine Kupplung 85B mit einem oberen Antriebsmotor 8B verbunden, dem Steuersignale 81B von der Steuereinheit 9 oder einer damit verbundenen Energieversorgungsvorrichtung 90 zuführbar sind. Die Montagewelle 2 ist mit dem oberen Ultraschallwandler 6b in einer oberen Lagervorrichtung 58 drehbar gehalten und praktisch aufgehängt. Der Förderbehälter 5 ist z.B. mittels einer Halterung am Boden, der Wand oder Decke eines Gebäudes befestigt.

[0098] An der Unterseite der Trennvorrichtung 1, unterhalb des untersten Trennelements 3F, ist ein Abschlusskonus 55 vorgesehen, in dem die bis zuletzt bearbeiteten Partikel des Schüttguts gesammelt werden.

[0099] Der Förderbehälter 5 weist für jedes der Trennelemente 3A, ..., 3F einen röhrenförmigen Eingangskanal 500A, ..., 500F und einen Ausgangskanal 501A, ..., 501F auf. Durch die Eingangskanäle 500A, ..., 500F kann dem Schüttgut vorzugsweise wenigstens ein pulverförmiges Festmaterial, wenigstens eine Flüssigkeit oder wenigstens ein gasförmiges Medium zugeführt werden. Durch die Ausgangskanäle 501A, ..., 501F kann Material von den einzelnen Trennelementen 3A, ..., 3F bzw. aus dem Abschlusskonus 55 entnommen werden.

[0100] Der Förderbehälter 5 in der vorliegenden Form ist vorzugsweise dicht abgeschlossen, sodass die Bearbeitung des Schüttguts unter Überdruck oder Unterdruck

durchführbar ist. Schüttgut oder Schüttgutkomponenten können durch Eingangsrohre 5S1, 5S2 zugeführt werden. Das bearbeitete Schüttgut kann durch eines oder zwei Ausgangsrohre 5X, 5Y entnommen werden.

[0101] Die gezeigte Ausgestaltung der Trennvorrichtung 1 erlaubt somit vielfältige Zwischenbehandlungen des Schüttguts vorzunehmen und dieses in einfacher Weise zu belüften oder zu entlüften.

[0102] Auf der Ebene jedes Trennelements 3A, ..., 3F können daher beliebige Mischprozesse durchgeführt werden, um ein bestimmtes Mischprodukt zu erreichen oder um die Trennprozesse auf dieser Ebene zu beschleunigen.

[0103] Fig. 4b zeigt einen Teil der Trennvorrichtung 1 von Fig. 4a in vergrößerter Darstellung. Die Ausgangskanäle 501A, ..., 501F sind, ebenso wie die Eingangskanäle 500A, ..., 500F frontseitig schräg angeschnitten. Vorteilhaft sind auch andere Formen einsetzbar, z.B. zur Seite gerichtete Schauffelformen, bei denen Material leicht erfasst und abtransportiert, gegebenenfalls abgesaugt werden kann.

[0104] Fig. 5a zeigt eine erfindungsgemässe Trennvorrichtung 1 mit wendelförmig ausgebildeten Trennelementen 3A, ..., 3L, die mittels der zugehörigen Montagewelle 2 drehbar gelagert und mit Ultraschallenergie beaufschlagbar sind. Die Trennelemente 3A, ..., 3L sind paarweise gegeneinander gerichtet und vertikal gegeneinander verschoben. Möglich ist auch eine Anordnung, bei der die Trennelemente 3A, ..., 3L durchgehend in derselben Richtung wendelförmig oder schneckenförmig verlaufen.

[0105] Bei dieser Trennvorrichtung 1 durchlaufen alle Partikel des Schüttguts den gesamten Förderbehälter 5 und werden vollständig voneinander getrennt. Diese Trennvorrichtung 1 wird vorzugsweise dann verwendet, wenn die Partikel des Schüttguts voneinander getrennt, aber nicht in ihrer Grösse gruppiert werden sollen.

[0106] Fig. 5b zeigt einen Teil der Trennvorrichtung 1 von Fig. 5a in vergrößerter Darstellung.

[0107] Fig. 6 zeigt die Trennvorrichtung von Fig. 2a in einer vorzugsweisen Ausgestaltung mit vier Anschlussstäben 321, 322, 323, 324 unterschiedlicher Dicke, mittels denen die Metallplatte 31 mit der Montagewelle 2 verbunden ist. Die Änderung der Durchmesser der Anschlussstäbe 321, 322, 323, 324 erfolgt entsprechend einer arithmetischen oder entsprechend einer geometrischen Reihe. Auf diese Weise kann die Einkopplung der Ultraschallenergie vorteilhaft beeinflusst werden. Insbesondere können Wellenbilder erzeugt werden, in denen Wellenknotten reduziert sind. Symbolisch, durch Striche ist eine Oberflächenstruktur in der Ausgestaltung radialer Wellen eingezeichnet, mittels denen eine Interaktion mit dem Schüttgut erfolgen soll, um dieses zu bewegen und zu verteilen.

[0108] Fig. 7 zeigt ein Trennelement 3, wie es in der Vorrichtung von Fig. 4 verwendet wird. Das Trennelement 3 bzw. die Trennplatte 31 ist kugelwellenförmig ausgebildet.

[0109] Fig. 8 zeigt ein Trennelement 3 mit einer Trennplatte 31, die eine Gitterstruktur oder einen Drahtgeflecht 319 umfasst und die von einem Ring 320 umschlossen ist, der durch Anschlussstäbe 321, 322, 323, 324 mit der Montagewelle 2 oder einer Montagewelle 32, welche die Montagewelle 2 umschliesst, verbunden ist. Auch dieses Trennelement 3 kann in allen erfindungsgemässen Vorrichtungen 1 eingesetzt werden. Trennplatte 31 kann konisch, wie in Fig. 6, oder eben oder gewellt, wie in Fig. 7, sein.

[0110] Wesentlich ist, dass die Trennelemente 3 derart formbeständig sind, dass deren Funktion unter Last erhalten bleibt und das Siebgut oder Schüttgut sicher gehalten wird.

Patentansprüche

1. Vorrichtung (1) zum Trennen von Partikeln eines Schüttguts, welches an einem Ausgangsort zuführbar und an einem Zielort bearbeitet in unterschiedlichen oder ähnlichen Partikelgrößen oder in einer zumindest annähernd einheitlichen Partikelgrösse entnehmbar ist, mit wenigstens einem Trennelement (3), das eine metallene Trennplatte (31) mit darin vorgesehenen Durchtrittsöffnungen (30) aufweist, das mit Ultraschallenergie beaufschlagbar und dazu mit einem Ultraschallwandler (6) verbunden ist und das von einer Haltevorrichtung (2) gehalten ist, wobei die Haltevorrichtung (2) eine Montagewelle (2) ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Montagewelle (2) an einem Ende oder an beiden Enden bewegbar gehalten und an einem Ende oder an beiden Enden mit einem Ultraschallwandler (6) verbunden ist, durch den Ultraschallenergie über die Montagewelle (2) in das Trennelement (3) einkoppelbar ist, das formbeständig ausgebildet ist, wobei die Montagewelle (2) drehbar gehalten ist oder dass die Montagewelle (2) entlang ihrer Längsachse verschiebbar oder dass die Montagewelle (2) drehbar und entlang ihrer Längsachse verschiebbar gehalten ist.
2. Trennvorrichtung (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Trennplatte (31) eine ebene oder gekrümmte Oberfläche aufweist und/oder dass die Trennplatte (31) eine konstante oder eine sich zur Aussenseite hin reduzierende Dicke aufweist.
3. Trennvorrichtung (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Trennplatte (31) eine Gitterstruktur oder Drahtgeflechtstruktur (319) umfasst, die durch wenigstens ein Montageelement (32, 320), wie eine Anschlusshülse (32) oder durch wenigstens zwei Anschlussstäbe (321, 322), die gleiche oder unterschiedliche Durchmesser aufweisen, mit der Montagewelle (2) verbunden ist.

4. Trennvorrichtung (1) nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das wenigstens eine Trennelement (3) eine Zentralachse (x) aufweist und bezüglich dieser Zentralachse (x) rotationssymmetrisch ausgebildet ist und dass die Montagewelle (2) zumindest annähernd koaxial zur Zentralachse (x) ausgerichtet ist.
5. Trennvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 - 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Trennplatte (31) des wenigstens einen Trennelements (3) eine Grundstruktur, wie eine Konusform, Wellenform oder Kugelwellenform, Wendelform, Spiralfarm und gegebenenfalls eine der Grundstruktur überlagerte Oberflächenstruktur aufweist, die zur mechanischen Interaktion mit dem Schüttgut vorgesehen ist.
6. Trennvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 - 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Trennplatte (31) durch wenigstens ein Montageelement (32), wie eine Anschlusshülse oder durch wenigstens zwei Anschlussstäbe (321, 322), die gleiche oder unterschiedliche Durchmesser aufweisen, mit der Montagewelle (2) verbunden ist.
7. Trennvorrichtung (1) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Montagewelle (2) mehrere Wellenelemente (2A, 2B, 2B) aufweist, von denen jedes fest oder lösbar mit einem der Trennelemente (3A, 3B, 3B) verbunden ist und dass die Wellenelemente (2A, 2B, 2B) vorzugsweise formschlüssig miteinander verbunden, drehbar miteinander verbunden, miteinander verschraubt oder miteinander verschweisst sind.
8. Trennvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 - 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Montagewelle (2) an einem Ende oder an beiden Enden mit einem Antriebsmotor (8A; 8B) verbunden ist, durch den die Montagewelle (2) oder zwei Wellenelemente (2A, 2B) der Montagewelle (2) individuell in die eine oder andere Richtung oder abwechselungsweise in die eine und die andere Richtung um deren Längsachse antreibbar ist.
9. Trennvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 - 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Montagewelle (2) mit einer Kontaktierungsvorrichtung (4) mit Schleifringen (42; 44) und Schleifkontakten (41; 43) versehen ist, über die Wechsellspannungssignale und/oder Gleichspannungssignale, gegebenenfalls Steuersignale zum Ultraschallwandler (6) übertragbar sind, der vorzugsweise einen piezoelektrischen Wandler (61) mit wenigstens einem piezoelektrischen Element (611) umfasst, dem vom Ultraschallgenerator (70) Wechsellspannungssignale mit einer konstanten oder variablen Frequenz vorzugsweise im Frequenzbereich von 20 kHz bis 45 kHz zuführbar

sind.

10. Trennvorrichtung (1) nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die vorzugsweise ringförmig ausgebildeten piezoelektrischen Elemente (631) zwischen zwei Metallelementen oder Metallplatten (632), die mit der Montagewelle (2) formschlüssig, schraubbar, kraftschlüssig oder einstückig verbunden sind, eingespannt sind, und durch Anschlusskontakte (64) und die Kontaktierungsvorrichtung (4) mit dem Ultraschallgenerator (70) verbunden sind. 5
11. Trennvorrichtung (1) nach einer Ansprüche 1 - 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Montagewelle (2) mit dem wenigstens einen damit verbundenen Trennelement (3) in einem Förderbehälter (5) angeordnet ist, der einen offenen oder abschliessbaren Durchgangskanal (50) aufweist, durch den das Schüttgut vom Ausgangsort zum Zielort transportierbar ist. 10
12. Trennvorrichtung (1) nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Förderbehälter (5) für wenigstens eines der Trennelemente (3A, 3B, 3C) eine Austrittsöffnung (50A, 50B, 50C) aufweist und/oder dass der Förderbehälter (5) vorzugsweise für jedes der Trennelemente (3A, 3B, 3C) einen Eingangskanal (500A, 500B, 500C) und/oder einen Ausgangskanal (501A, 501B, 501C) aufweist. 25
13. Trennvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 8 - 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Energieversorgungsvorrichtung (90), die mit dem Antriebsmotor (8A) oder den Antriebsmotoren (8A, 8B) verbunden ist, und eine Steuereinheit (9) mit einem Steuerprogramm, mittels dessen der Prozess zum Trennen der Partikel des Schüttguts steuerbar ist, vorgesehen sind. 30
14. Betriebsverfahren zur Steuerung der Trennvorrichtung (1) nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Antriebsmotor (8A) oder die Antriebsmotoren (8A, 8B) derart steuerbar sind, dass die Montagewelle (2) in einer Mischphase mit einer Mischgeschwindigkeit um den Bruchteil einer Umdrehung entsprechend einer Umschaltfrequenz in die eine und wieder in die andere Richtung gedreht wird, oder dass die Montagewelle (2) in einer Entladephase mit einer Entladegeschwindigkeit um ein Mehrfaches einer Umdrehung in die eine oder andere Richtung gedreht wird, wobei die Mischgeschwindigkeit und die Umschaltfrequenz derart gewählt werden, dass das Schüttgut vermischt wird, und dass die Entladegeschwindigkeit derart gewählt wird, dass verbliebenes Schüttgut durch Zentrifugalkraft vom wenigstens einen Trennelement (3) entfernt wird. 40 45 50 55

15. Betriebsverfahren zur Steuerung der Trennvorrichtung (1) nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Mischphase Schüttgut von wenigstens einem der Trennelemente (3) entnommen wird oder dass in der Mischphase Zusatzmaterialien zu wenigstens einem der Trennelemente (3) hinzugefügt werden.

Claims

1. Device (1) for separating particles of a bulk material which is deliverable to an input location and is removable processed in different or at least approximately unitary particle sizes at an output location, with at least one separating element (3), which comprises a metal separating plate (31) that is provided therein with through-openings (30), which is admissible by ultrasonic energy and for this purpose is connected to an ultrasonic transducer (6), and which is held by a holding device (2), wherein the holding device (2) is a mounting shaft (2), **characterised in that** the mounting shaft (2) is held movably at one end or at both ends is and is connected at one end or at both ends to an ultrasonic transducer (6) by which ultrasonic energy is couplable via the mounting shaft (2) into the separating element (3), which is dimensionally stable, wherein the mounting shaft (2) is rotatably held or that the mounting shaft (2) is held displaceable along its longitudinal axis or that the mounting shaft (2) is held rotatably and displaceable along its longitudinal axis. 20 25 30
2. Separation device (1) according to claim 1, **characterised in that** the separating plate (31) has a flat or curved surface and/or that the separating plate (31) has a constant thickness or a thickness that reduces towards the outside. 35
3. Separation device (1) according to claim 1 or 2, **characterised in that** the separating plate (31) comprises a grid structure or a wire mesh structure (319), which is connected to the mounting shaft (2) by at least one mounting element (32, 320), such as a connecting sleeve (32) or by at least two connecting rods (321, 322), which have the same or different diameters. 40 45
4. Separation device (1) according to claim 1, 2 or 3, **characterised in that** the at least one separating element (3) has a central axis (x) and is designed to be rotationally symmetrical with respect to this central axis (x) and that the mounting shaft (2) is aligned at least approximately coaxially to the central axis (x). 50 55
5. Separation device (1) according to one of the claims 1 - 4, **characterised in that** the separating plate (31)

of the at least one separating element (3) has a basic structure, such as a cone shape, wave shape or spherical-wave shape, helical shape, spiral shape and optionally a surface structure superimposed on the basic structure, which is provided for mechanical interaction with the bulk material.

6. Separation device (1) according to one of the claims 1 - 5, **characterised in that** the separating plate (31) is connected to the mounting shaft (2) by at least one mounting element (32), such as a connecting sleeve or by at least two connecting rods (321, 322) having the same or different diameters.
7. Separation device (1) according to claim 6, **characterised in that** the mounting shaft (2) comprises several shaft elements (2A, 2B, 2B), each of which is fixedly or detachably connected to one of the separation elements (3A, 3B, 3B) and that the shaft elements (2A, 2B, 2B) are preferably form fittingly connected to each other, rotatably connected to each other, screwed together, or welded together.
8. Separation device (1) according to one of the claims 1 - 7, **characterised in that** the mounting shaft (2) is connected at one end or at both ends to a drive motor (8A; 8B) by which the mounting shaft (2) or two shaft elements (2A, 2B) of the mounting shaft (2) are drivable individually in one or the other direction or alternately in one and the other direction about its longitudinal axis.
9. Separation device (1) according to one of the claims 1 - 8, **characterised in that** the mounting shaft (2) is provided with a contacting device (4) with collector rings (42; 44) and sliding contacts (41; 43), via which alternating voltage signals and/or direct voltage signals, optionally control signals are transferable to the ultrasonic transducer (6), which preferably comprises a piezoelectric transducer (61) with at least one piezoelectric element (611), to which alternating voltage signals with a constant or variable frequency, preferably in the frequency range of 20 kHz to 45 kHz, is suppliable from the ultrasonic generator (70).
10. Separation device (1) according to claim 9, **characterised in that** the preferably ring-shaped piezoelectric elements (631) are clamped between two metal elements or metal plates (632), which are connected to the mounting shaft (2) in a form-fitting manner, screwable manner, force-fitting manner or in one piece, and are connected to the ultrasonic generator (70) by means of connection contacts (64) and the contacting device (4).
11. Separation device (1) according to one of the claims 1 - 10, **characterised in that** the mounting shaft (2) with the at least one separating element (3) connect-

ed thereto is arranged in a conveying container (5) having an open or closable through channel (50) through which the bulk material is transportable from the input location to the output location.

12. Separation device (1) according to claim 11, **characterised in that** the conveying container (5) has an outlet opening (50A, 50B, 50C) for at least one of the separation elements (3A, 3B, 3C) and/or that the conveying container (5) preferably has an inlet channel (500A, 500B, 500C) and/or an outlet channel (501A, 501B, 501C) for each of the separation elements (3A, 3B, 3C).
13. Separation device (1) according to one of the claims 8 - 12, **characterised in that** that a power supply device (90), which is connected to the drive motor (8A) or the drive motors (8A, 8B), and a control unit (9) with a control program, by means of which the process for separating the particles of the bulk material is controllable, are provided.
14. Method of operation for controlling the separation device (1) according to claim 13, **characterised in that** the drive motor (8A) or the drive motors (8A, 8B) are controllable in such a way that the mounting shaft (2) in a mixing phase is rotated with a mixing speed by a fraction of a revolution corresponding to a switching frequency in one direction and again in the other direction, or that in a discharge phase the mounting shaft (2) is rotated at a discharge speed by a multiple of a revolution in one or the other direction, wherein the mixing speed and the switching frequency are selected such that the bulk material is mixed, and that the discharge speed is selected such that remaining bulk material is removed by centrifugal force from the at least one separating element (3).
15. Method of operation for controlling the separation device (1) according to claim 14, **characterised in that** in the mixing phase bulk material is removed from at least one of the separation elements (3) or that in the mixing phase supplementary materials are added to at least one of the separation elements (3).

Revendications

1. Dispositif (1) pour séparer des particules d'un matériau en vrac qui peut être introduit à un endroit de départ et qui peut être enlevé à un endroit de destination après avoir été traité dans des dimensions de particules différentes ou similaires ou dans une dimension de particules au moins à peu près uniforme, avec au moins un élément de séparation (3), qui présente une plaque de séparation métallique (31) avec

- des ouvertures de passage (30) prévues dans celle-ci, qui peut être alimenté en énergie ultrasonique et est relié à cet effet à un transducteur ultrasonique (6) et qui est maintenu par un dispositif de maintien (2), le dispositif de maintien (2) étant un arbre de montage (2), **caractérisé en ce que** l'arbre de montage (2) est maintenu mobile à une extrémité ou aux deux extrémités et est relié à une extrémité ou aux deux extrémités à un transducteur ultrasonique (6), par lequel de l'énergie ultrasonique peut être couplée par l'arbre de montage (2) dans l'élément de séparation (3), qui est réalisé de manière à conserver sa forme, dans lequel l'arbre de montage (2) est maintenu de manière à pouvoir tourner ou que l'arbre de montage (2) peut être déplacé le long de son axe longitudinal ou que l'arbre de montage (2) est maintenu de manière à pouvoir tourner et à pouvoir être déplacé le long de son axe longitudinal.
2. Dispositif de séparation (1) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la plaque de séparation (31) présente une surface plane ou courbée et/ou que la plaque de séparation (31) présente une épaisseur constante ou se réduisant vers le côté extérieur.
 3. Dispositif de séparation (1) selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la plaque de séparation (31) comprend une structure de grille ou de treillis métallique (319) qui est reliée à l'arbre de montage (2) par au moins un élément de montage (32, 320), tel qu'une douille de raccordement (32) ou par au moins deux barres de raccordement (321, 322) qui présentent des diamètres identiques ou différents.
 4. Dispositif de séparation (1) selon la revendication 1, 2 ou 3, **caractérisé en ce que** l'au moins un élément de séparation (3) présente un axe central (x) et est réalisé à symétrie de révolution par rapport à cet axe central (x) et que l'arbre de montage (2) est orienté au moins approximativement coaxialement à l'axe central (x).
 5. Dispositif de séparation (1) selon une des revendications 1 - 4, **caractérisé en ce que** la plaque de séparation (31) de l'au moins un élément de séparation (3) présente une structure de base, telle qu'une forme conique, une forme ondulée ou une forme ondulée sphérique, une forme hélicoïdale, une forme spiralée et éventuellement une structure de surface superposée à la structure de base, qui est prévue pour une interaction mécanique avec le matériau en vrac.
 6. Dispositif de séparation (1) selon une des revendications 1 - 5, **caractérisé en ce que** la plaque de séparation (31) est reliée à l'arbre de montage (2) par au moins un élément de montage (32), tel qu'une douille de raccordement ou par au moins deux tiges de raccordement (321, 322), qui présentent des diamètres identiques ou différents.
 7. Dispositif de séparation (1) selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** l'arbre de montage (2) présente plusieurs éléments d'arbre (2A, 2B, 2B), dont chacun est relié de manière fixe ou amovible à l'un des éléments de séparation (3A, 3B, 3B) et que les éléments d'arbre (2A, 2B, 2B) sont de préférence reliés entre eux par complémentarité de forme, reliés entre eux de manière rotative, vissés entre eux ou soudés entre eux.
 8. Dispositif de séparation (1) selon une des revendications 1 - 7, **caractérisé en ce que** l'arbre de montage (2) est relié à une extrémité ou aux deux extrémités à un moteur d'entraînement (8A ; 8B), par lequel l'arbre de montage (2) ou deux éléments d'arbre (2A, 2B) de l'arbre de montage (2) peuvent être entraînés individuellement dans l'une ou l'autre direction ou alternativement dans l'une et l'autre direction autour de leur axe longitudinal.
 9. Dispositif de séparation (1) selon une des revendications 1 - 8, **caractérisé en ce que** l'arbre de montage (2) est équipé d'un dispositif de mise en contact (4) avec des bagues collectrices (42 ; 44) et des contacts frotteurs (41 ; 43), par l'intermédiaire desquels des signaux de tension alternative et/ou des signaux de tension continue, éventuellement des signaux de commande, peuvent être transmis au transducteur ultrasonique (6), qui comprend de préférence un transducteur piézoélectrique (61) avec au moins un élément piézoélectrique (611), auquel des signaux de tension alternative avec une fréquence constante ou variable, de préférence dans la bande de fréquences de 20 kHz à 45 kHz, peuvent être amenés par le générateur ultrasonique (70).
 10. Dispositif de séparation (1) selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** les éléments piézoélectriques (631), de préférence de forme annulaire, sont serrés entre deux éléments métalliques ou plaques métalliques (632), qui sont reliés à l'arbre de montage (2) par complémentarité de formes, par vissage, par force ou d'un seul tenant, et sont reliés au générateur ultrasonique (70) par des contacts de raccordement (64) et le dispositif de mise en contact (4).
 11. Dispositif de séparation (1) selon une des revendications 1 - 10, **caractérisé en ce que** l'arbre de montage (2) est disposé avec l'au moins un élément de séparation (3) relié à celui-ci dans un récipient de transport (5), qui présente un canal de passage (50) ouvert ou pouvant être fermé, à travers lequel le matériau en vrac peut être transporté du lieu de départ au lieu de destination.

12. Dispositif de séparation (1) selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** le récipient de transport (5) présente pour au moins l'un des éléments de séparation (3A, 3B, 3C) une ouverture de sortie (50A, 50B, 50C) et/ou que le récipient de transport (5) présente de préférence pour chacun des éléments de séparation (3A, 3B, 3C) un canal d'entrée (500A, 500B, 500C) et/ou un canal de sortie (501A, 501B, 501C). 5
- 10
13. Dispositif de séparation (1) selon une des revendications 8 - 12, **caractérisé en ce qu'un** dispositif d'alimentation en énergie (90), qui est relié au moteur d'entraînement (8A) ou aux moteurs d'entraînement (8A, 8B), et une unité de commande (9) avec un programme de commande, au moyen duquel le processus de séparation des particules du matériau en vrac peut être commandé, sont prévus. 15
14. Procédure opérationnelle de contrôle du dispositif de séparation (1) selon la revendication 13, **caractérisé en ce que** le moteur d'entraînement (8A) ou les moteurs d'entraînement (8A, 8B) peuvent être commandés de telle sorte que, dans une phase de mélange, l'arbre de montage (2) est tourné à une vitesse de mélange de la fraction d'un tour correspondant à une fréquence de commutation dans un sens et à nouveau dans l'autre sens, ou **en ce que** l'arbre de montage (2) est tourné dans une phase de déchargement avec une vitesse de déchargement d'un multiple d'une rotation dans l'une ou l'autre direction, dans lequel la vitesse de mélange et la fréquence de commutation sont choisies de telle sorte que le matériau en vrac est mélangé, et **en ce que** la vitesse de déchargement est choisie de telle sorte que le matériau en vrac restant est enlevé par force centrifuge d'au moins un élément de séparation (3). 20 25 30 35
15. Procédure opérationnelle de contrôle du dispositif de séparation (1) selon la revendication 14, **caractérisé en ce que** dans la phase de mélange, du matériau en vrac est prélevé d'au moins un des éléments de séparation (3) ou que dans la phase de mélange, des matériaux supplémentaires sont ajoutés à au moins un des éléments de séparation (3). 40 45

50

55

Fig. 1a

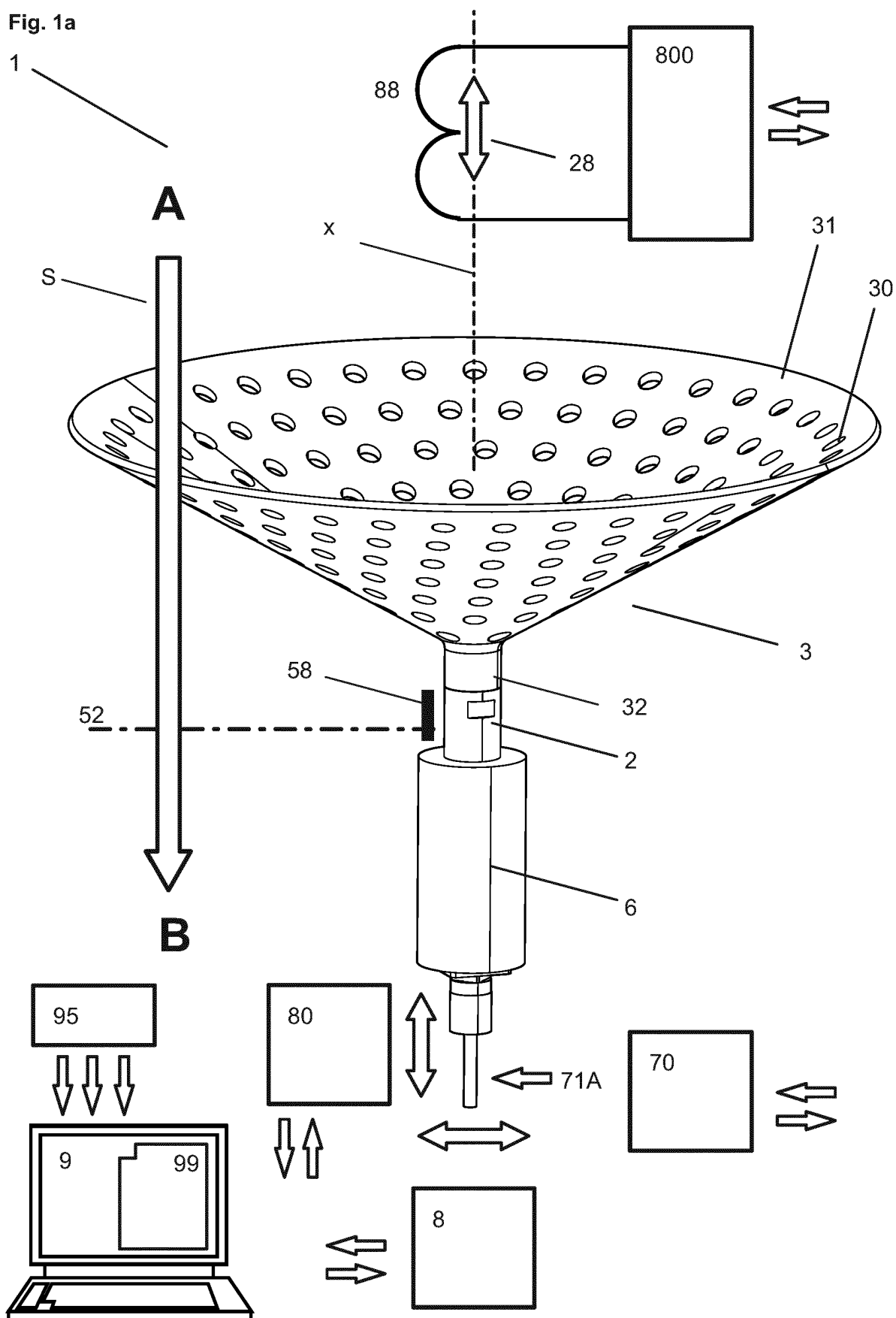


Fig. 1b

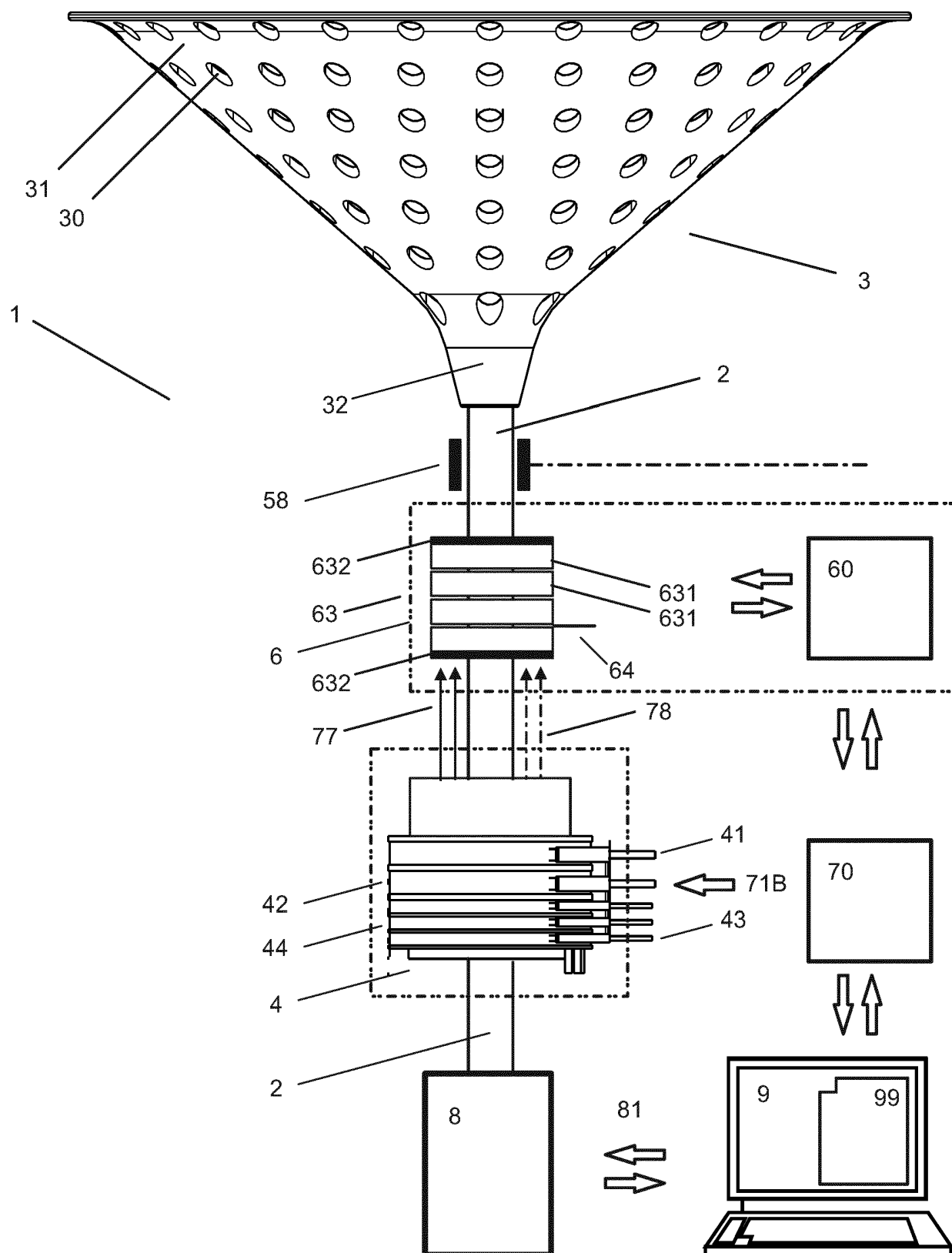


Fig. 2

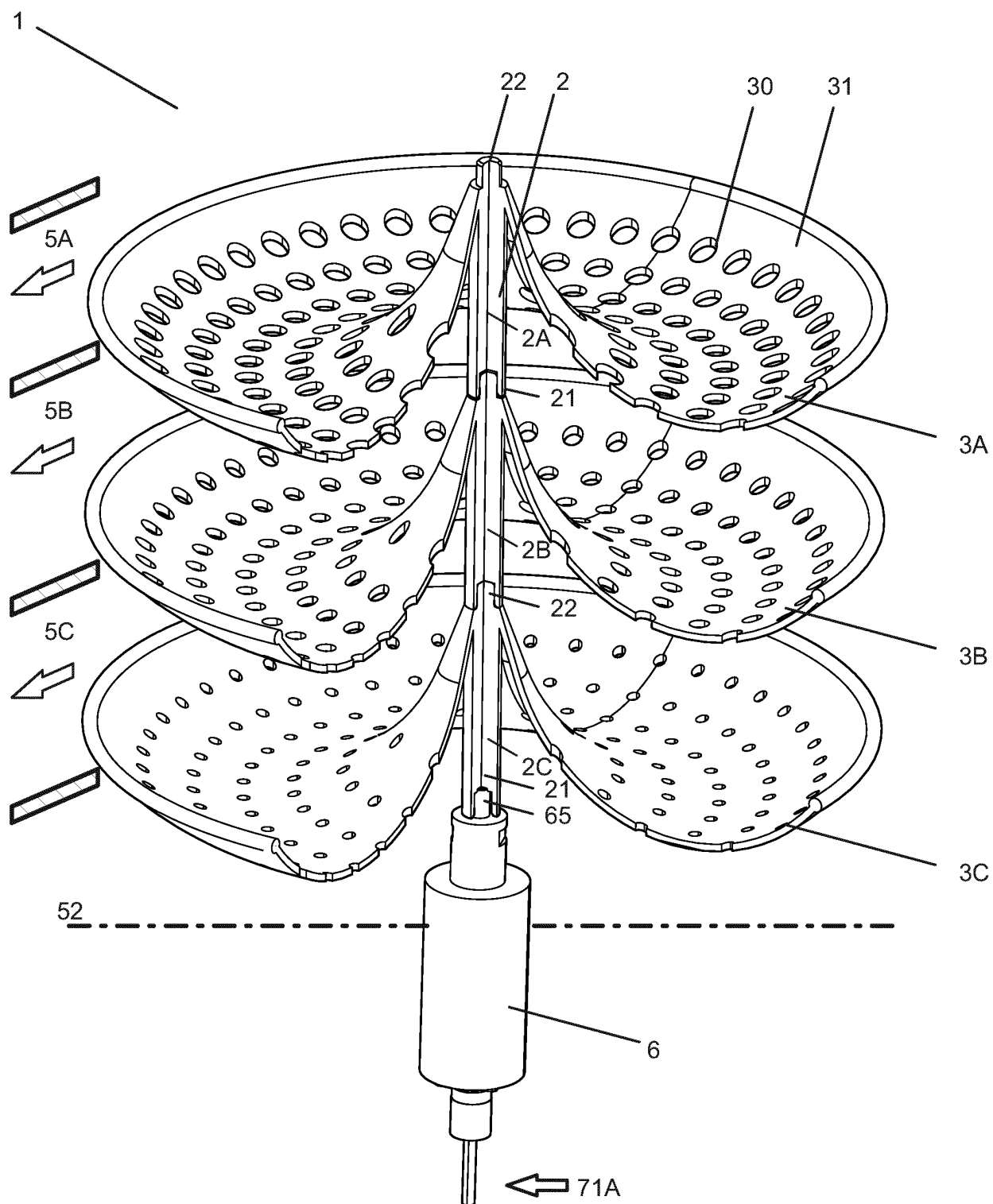


Fig. 3

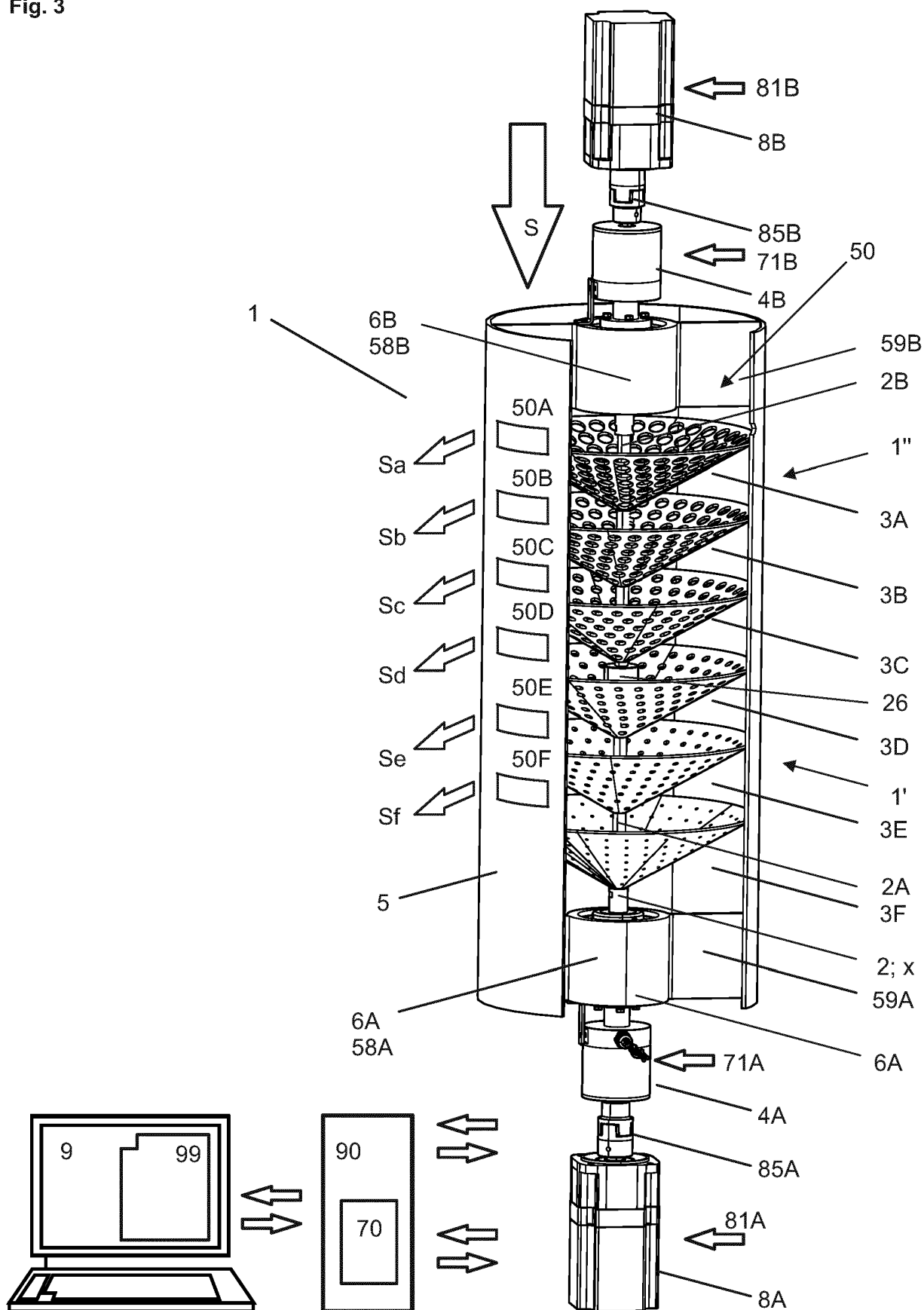


Fig. 4a

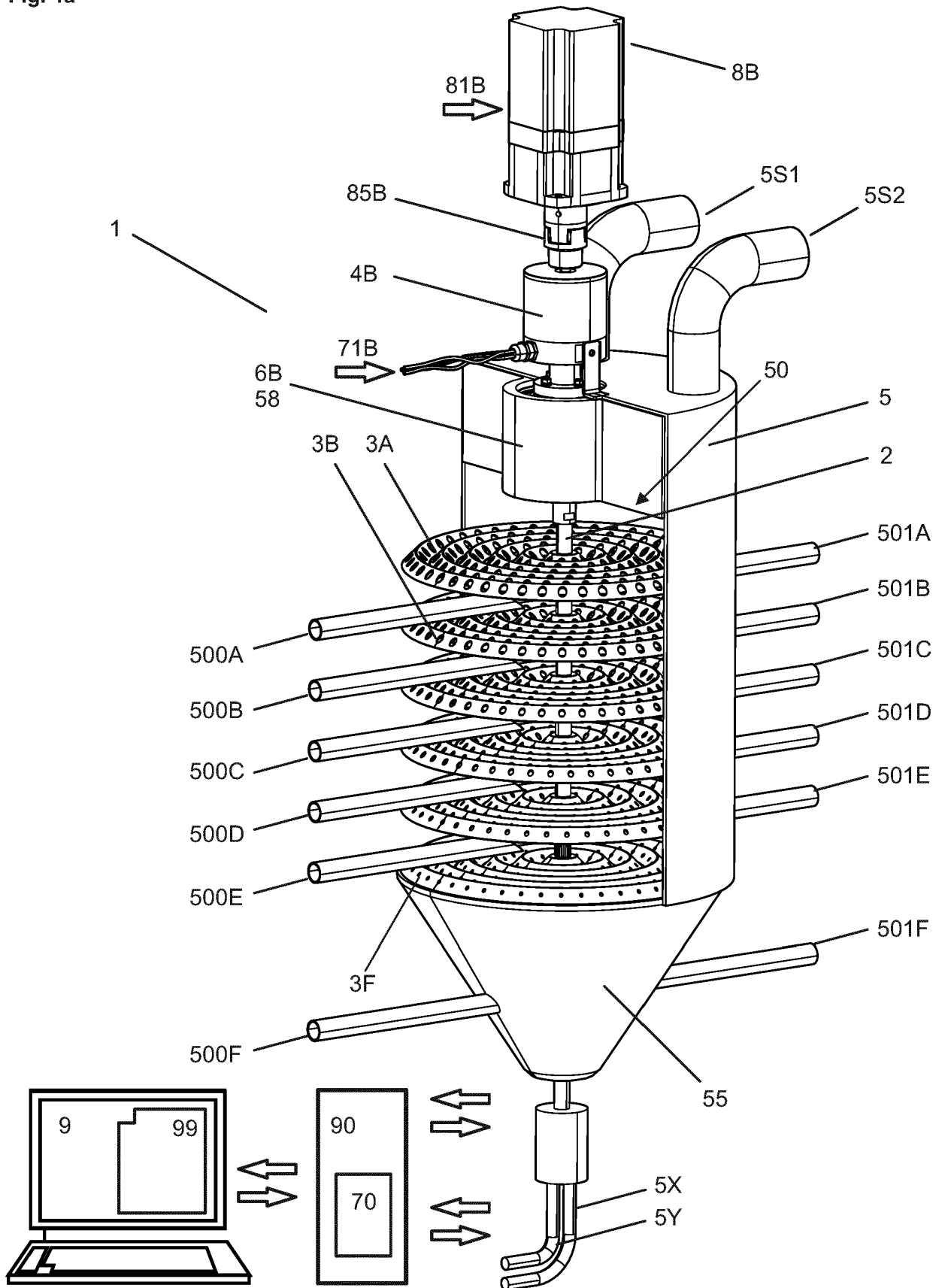


Fig. 4b

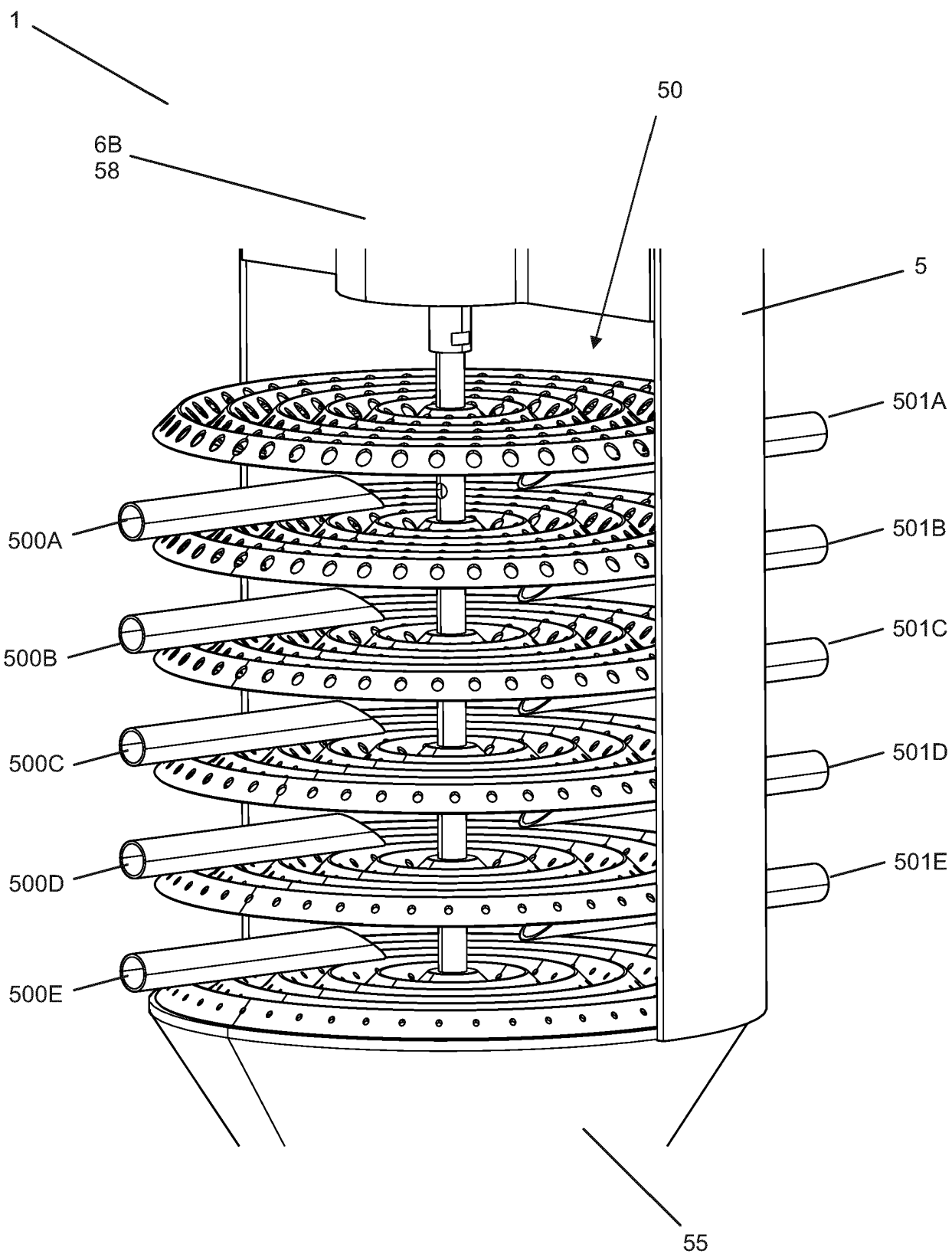


Fig. 5a

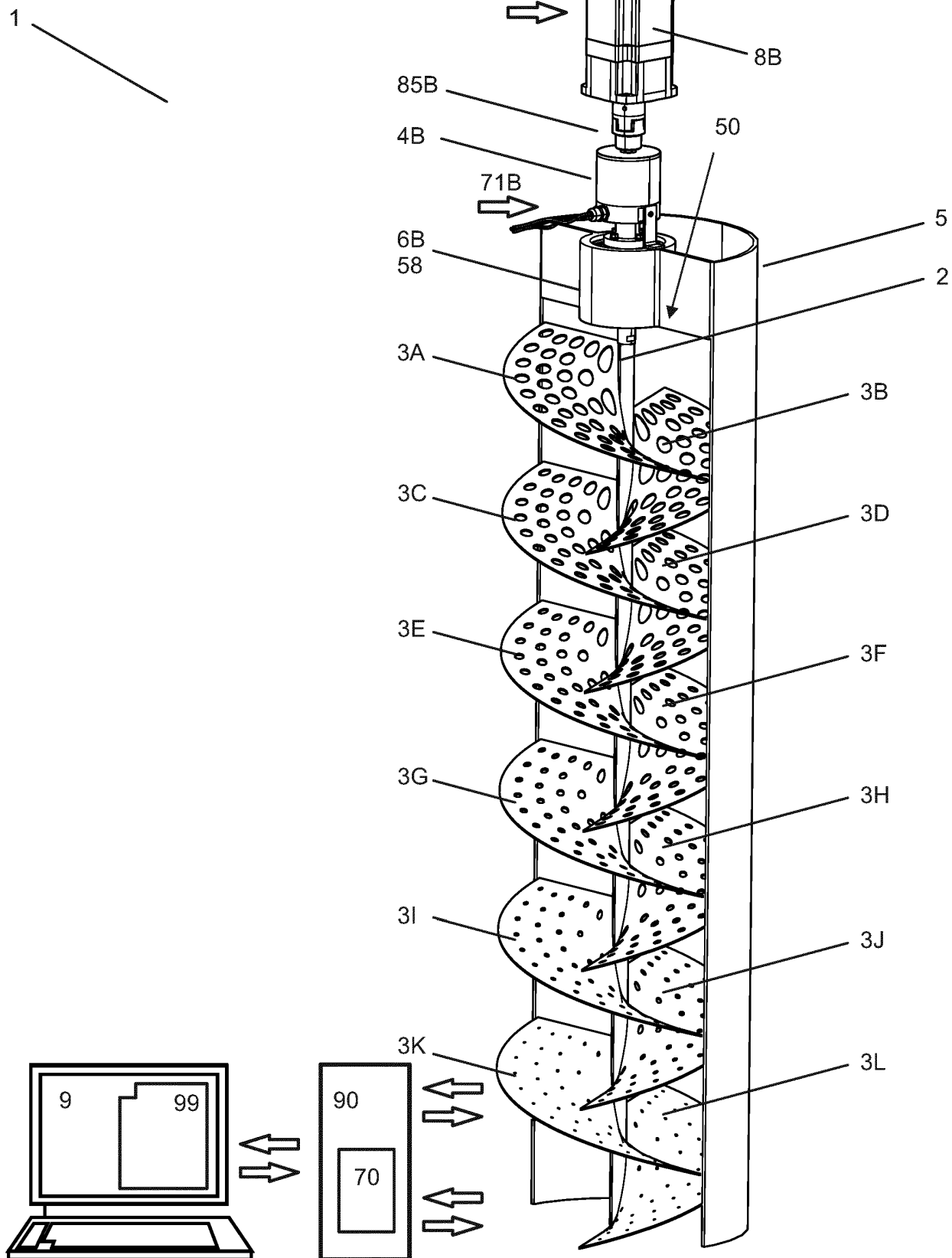


Fig. 5b

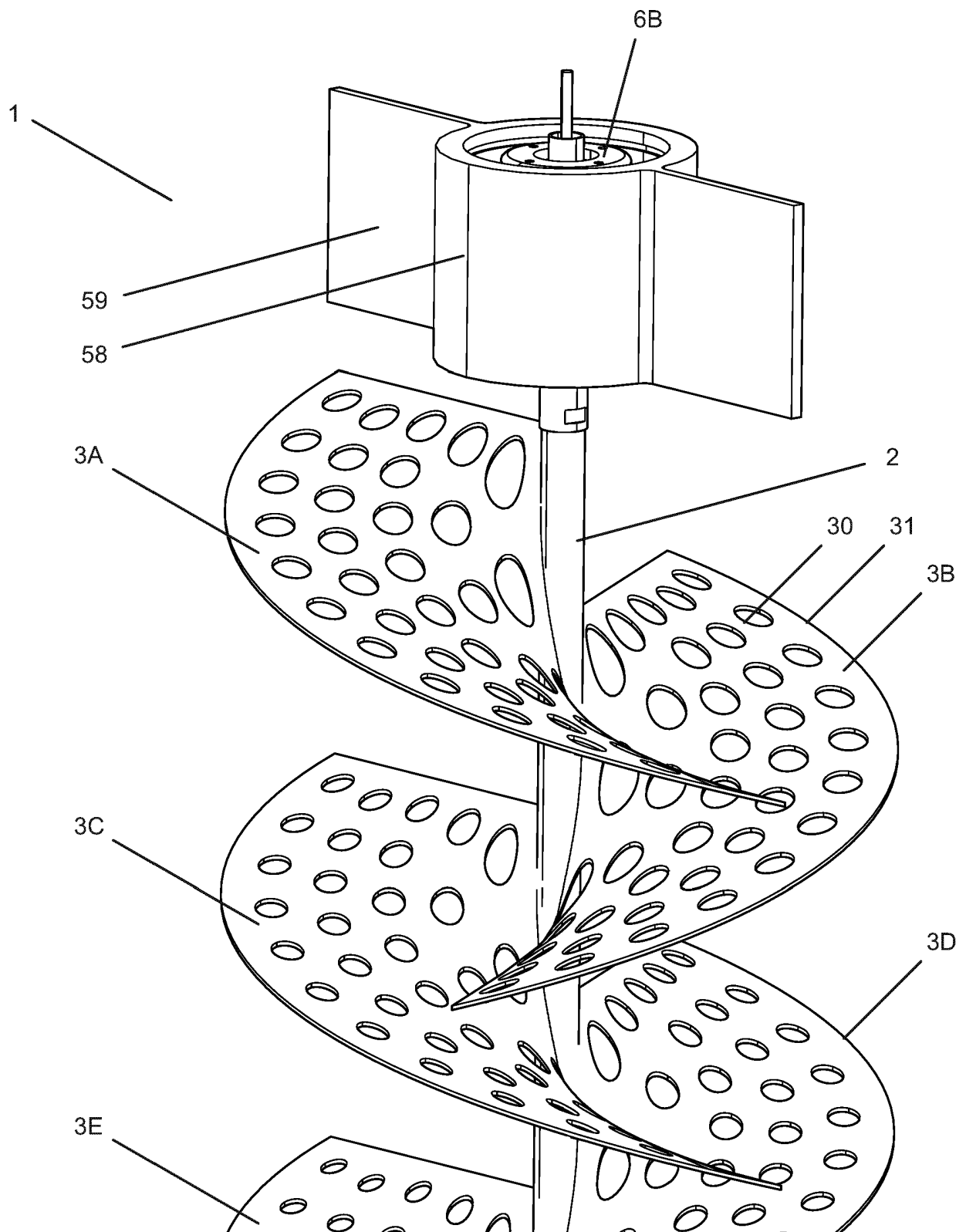


Fig. 6

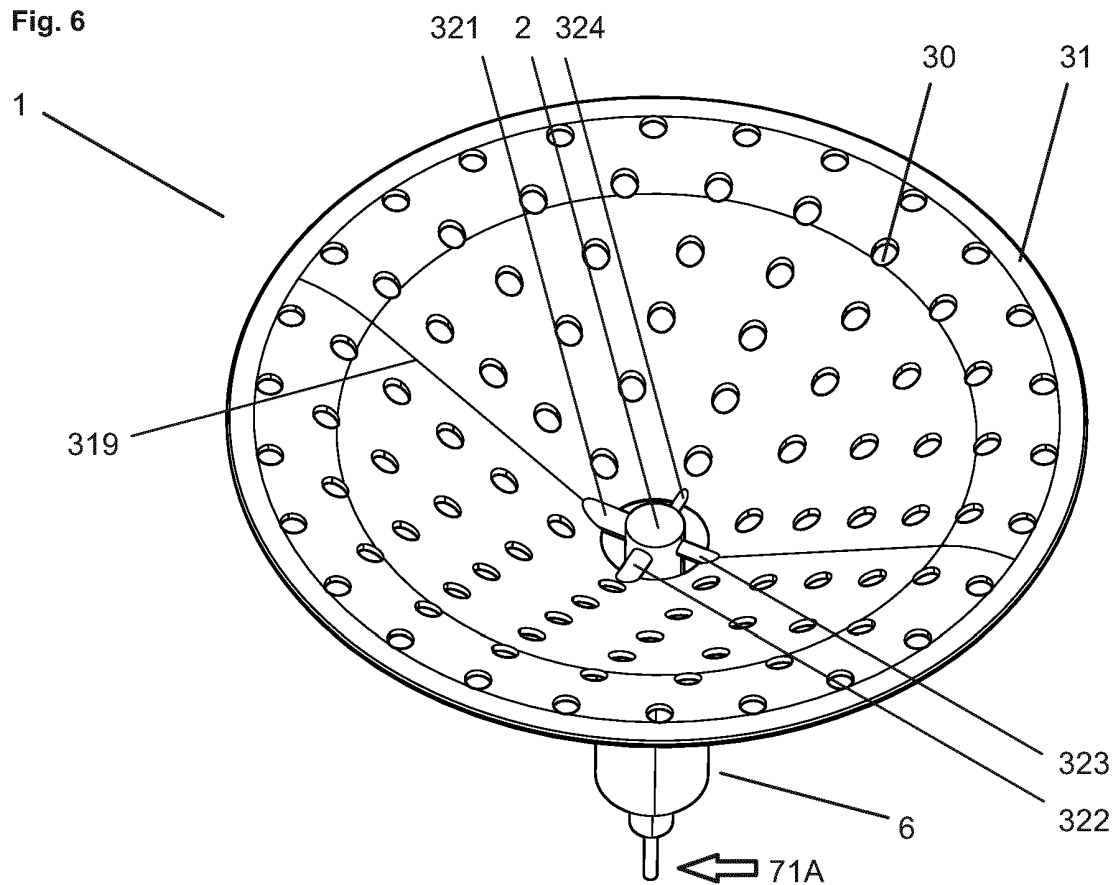


Fig. 7

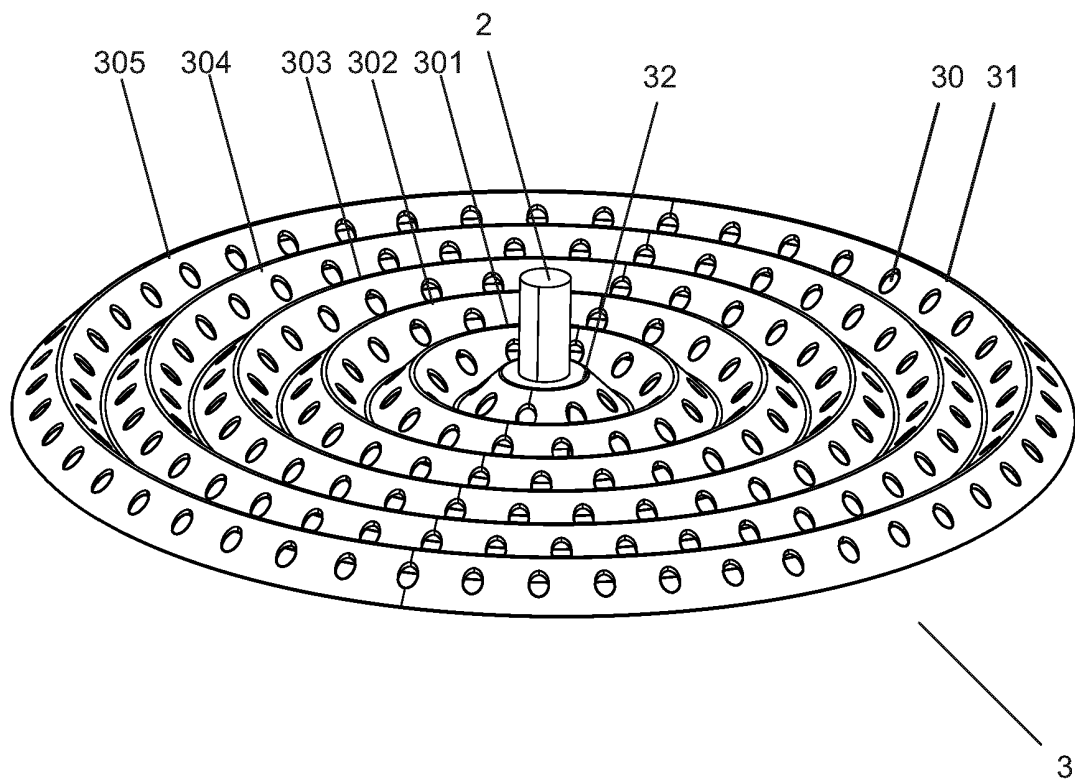
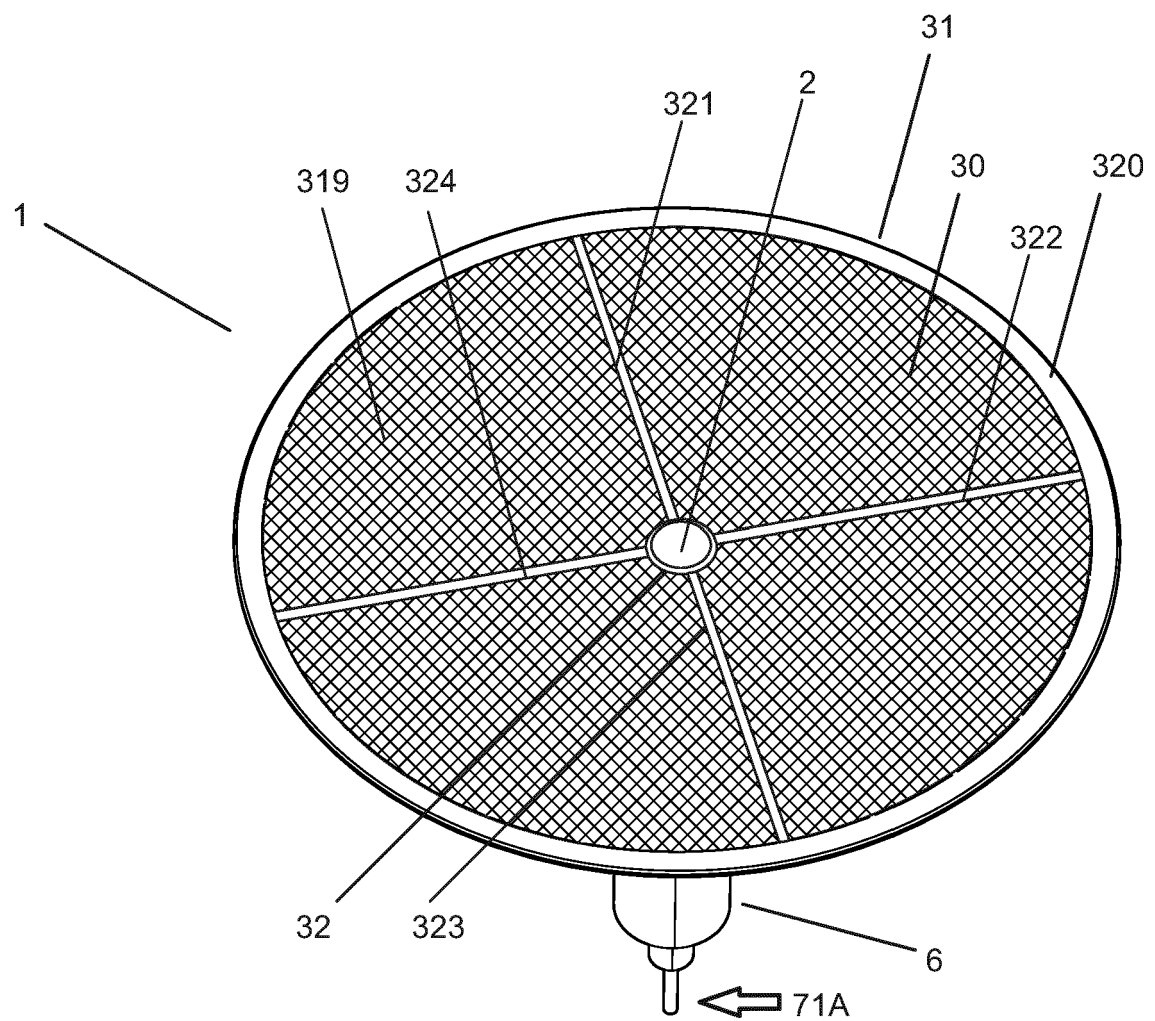


Fig. 8



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

- EP 0943374 A2 **[0006]**
- WO 2018219840 A1 **[0008]**
- JP 2011245446 A **[0009]**
- DE 4448017 B4 **[0010]**
- CN 105827059 A **[0076]**