

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges  
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales  
Veröffentlichungsdatum  
14. September 2017 (14.09.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2017/153038 A2**

(51) Internationale Patentklassifikation:

**B01D 43/00** (2006.01) **B01D 49/00** (2006.01)  
**B01D 21/28** (2006.01) **B01D 51/08** (2006.01)  
**B01D 21/34** (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/000285

(22) Internationales Anmeldedatum:  
5. März 2017 (05.03.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2016 002 599.9 6. März 2016 (06.03.2016) DE  
10 2016 002 600.6 6. März 2016 (06.03.2016) DE

(71) Anmelder: **WINDPLUSSONNE GMBH** [DE/DE];  
Dakelsberg 16, 48599 Gronau (Westf.) (DE).

(72) Erfinder: **LUTHE, Gregor**; Dakelsberg 16, 48599  
Gronau (Westf.) (DE). **GAUSLING, Ludger**;  
Schöppingerstraße 10, 4861 Heek Nienborg (DE). **TEN  
THIJSE, Niels**; Schierstraat 40, 7523 TG Enschede (NL).

(74) Anwalt: **MÜNCH, Volker**; Waldstr. 14, 55452 Dorsheim  
(DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,

BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DJ, DK,  
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,  
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH,  
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,  
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA,  
NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO,  
RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV,  
SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC,  
VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,  
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,  
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG,  
KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,  
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,  
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,  
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,  
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

— Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu  
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz  
2 Buchstabe g)

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR SEPARATING AND/OR CLEANING AEROSOLS AND SOLID MATERIAL PARTICLES AND  
FIBERS FROM GAS AND SOLID MATERIAL PARTICLES AND FIBRES FROM FLUIDS BY ACOUSTOPHORESIS

(54) Bezeichnung : VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ABSCHIEDUNG UND/ODER REINIGUNG VON AEROSOLEN UND  
FESTSTOFFPARTIKELN UND -FASERN AUS GASEN SOWIE VON FESTSTOFFPARTIKELN UND -FASERN AUS FLÜSSIGKEITEN  
DURCH AKUSTOPHORESE

(57) Abstract: The invention relates to an aggregating device for separating and/or cleaning aerosols and solid material particles and  
fibres from gas and solid material particles and fibres from fluids by acoustophoresis, comprising I) conveying means selected from  
the group consisting of a conveyor belt, a liquid pressure, a liquid column and a liquid wave of the fluid, sound waves modulated in  
the conveying direction, a centrifugal force, a centripetal force, a Coriolis force, gravitation, an injector, a venturi, a diffuser, a liquid  
multiplier, a gas multiplier, a Dyson, a ducted turbine, a delta wing concentrator, an annular venturi, a magnus effect turbine, a  
berwian or prussion wind turbine, a passive and active convection, effusion and diffusion, for receiving and/or conveying an aerosol  
and/or a fluid in the conveying direction into the aggregating device, II) at least one exciter for generating an acoustic sound wave  
which impinges upon the aerosol and/or the liquid material, and III) means for separating a first material part containing condensed  
liquids and/or aggregated solid materials from the aerosol and/or the fluid. The invention also relates to the use thereof for carrying  
out the acoustophoric method.

(57) Zusammenfassung: Aggregiervorrichtung zur Abscheidung und/oder Reinigung von Aerosolen und Feststoffpartikeln und  
-fasern aus Gasen sowie von Feststoffpartikeln und -fasern aus Flüssigwerkstoffen durch Akustophorese, umfassend I) ein  
Fördermittel, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus einem Förderband, einem Flüssigkeitsdruck, einer Flüssigkeitssäule und  
einer Flüssigkeitswelle des Flüssigwerkstoffs, in Förderrichtung modulierten Schallwellen, einer Zentrifugalkraft, einer  
Zentripedalkraft, einer Coholiskraft, der Gravitation, einem Injektor, einem Venturi, einem Diffusor, einem Liquidmultiplier, einem  
Gasmultiplier, einem Dyson, einer Mantelturbine, einem Deltaflügelkonzentrator, einem Ringventuri, einer Magnuseffektturbine,  
einem Berwian oder Berliner Windkraftanlage, einer passiven und aktiven Konvektion, Effusion und Diffusion, zur Aufnahme  
und/oder Förderung eines Aerosols und/oder eines Flüssigwerkstoffs in eine Förderrichtung in der Aggregiervorrichtung, II)  
mindestens einen Erreger zum Erzeugen einer akustischen Schallwelle, die zum Beaufschlagen des Aerosols und/oder

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2017/153038 A2



**Verfahren und Vorrichtung zur Abscheidung und/oder Reinigung von Aerosolen und Feststoffpartikeln und -fasern aus Gasen sowie von Feststoffpartikeln und -fasern aus Flüssigwerkstoffen durch Akustophorese**

**5 Gebiet der Erfindung**

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Aggregieren von Feststoffpartikeln und -fasern eines Flüssigwerkstoffs, die Verwendung von Akustophorese zum Aggregieren der Feststoffpartikel und -fasern des Flüssigwerkstoffs, sowie eine Aggregiervorrichtung zum  
10 Aggregieren der Feststoffpartikel und -fasern des Flüssigwerkstoffs und ihre Abscheidung und/oder Reinigung aus den Flüssigwerkstoffen durch Akustophorese.

Außerdem betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Abscheiden und/oder Reinigen von Aerosolen, insbesondere mittels Aggregieren, Agglomerieren,  
15 zusammenpressen, Abtrennen, Konzentrationsverändern und/oder Auftrennen von Bestandteilen des Aerosols. Die vorliegende Erfindung betrifft weiterhin eine Vorrichtung zum Durchführen des Verfahrens sowie die Verwendung von Akustophorese zum Abscheiden und/oder Reinigen der Aerosole.

**20 Stand der Technik**

Die in der vorliegenden Anmeldung zitierten Dokumente werden durch die Bezugnahme Bestandteil der Anmeldung.

25 In der Landwirtschaft entstehen aufgrund des Transportes und der Entsorgung von Gülle erhebliche Kosten. Um diese zu verringern, wird der Flüssigkeitsanteil der Gülle heute zumeist verdampft. Dadurch wird das Gewicht der Gülle verringert und die Transport- und Entsorgungskosten somit reduziert. Der verbleibende Feststoffanteil kann dann verbrannt werden. Alternativ ist er auch als Dünger verwendbar.

30 Das Verdampfen des Flüssigkeitsanteils verursacht jedoch aufgrund der dabei erforderlichen hohen Temperaturen ( $>80^{\circ}\text{C}$ ) erhebliche Kosten. Zudem werden dabei Ammoniak, Schwefelwasserstoff und weitere Gase mit verdampft und treten in die Umgebung aus. Um das Ammoniak nicht in die Umgebung zu verdampfen, werden der Gülle  
35 beim Verdampfen Bindemittel zugefügt. Dies ist aber nur bei Raumtemperatur zufriedenstellend möglich.

Alternativ wird das Ammoniak mittels starken Säuren wie beispielsweise Schwefelsäure in der Gülle gebunden. Die dabei entstehenden Ammoniumsalze müssen kostenaufwändig entsorgt werden.

5

Teilweise wird das Ammoniak auch ozonisiert, wobei hoch giftige Oxime entstehen. Der umgesetzte Anteil Ammoniak ist beim Ozonisieren zudem nur sehr gering.

Um den Feststoffanteil vom Flüssigkeitsanteil zu trennen, wird die Gülle alternativ  
10 zentrifugiert. Die Feststoffpartikel in der Gülle weisen aber eine der Flüssigkeit gleiche oder ähnliche Dichte auf. Dadurch erfolgt die Trennung dabei unvollständig. Daher ist auch bei diesem Verfahren ein Verdampfen des verbleibenden Flüssigkeitsanteils oder ein hochtouriges Zentrifugieren unerlässlich.

15 Insgesamt gibt es derzeit keine kostengünstige Möglichkeit, die Gülle zu entsorgen. Insbesondere gibt es kein Verfahren, mit dem der Feststoffanteil der Gülle kostengünstig verwertbar gemacht werden kann.

Akustische Verfahren und Vorrichtungen zur Abtrennung von Feststoffpartikeln und -fasern aus  
20 Flüssigwerkstoffen mithilfe von stehenden Ultraschallwellen sind an sich bekannt.

So beschreiben Kapishnikov et al. in dem Artikel „Continuous particle size separation and size sorting using ultrasound in microchannel“ in Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment, IOP Publishing, 2006, die kontinuierliche Abscheidung und Teilchensortierung von  
25 Partikeln und Blutzellen in einer Mikrokanalströmung.

Aus dem amerikanischen Patent US 4,759,775 sind die Abtrennung oder Abscheidung von Partikeln aus einer Flüssigkeit mithilfe der Schwebung von zwei Ultraschallwellen bekannt.

30 Aus der amerikanischen Patentanmeldung US 2008/0181828 A1 ist eine mit Ultraschall arbeitende Lamdaviertelwellentrennkammer bekannt, die unter anderem der Abtrennung von lebenden Zellen dient.

Aus dem amerikanischen Patent US 7,674,620 B2 sind ein Verfahren und eine Vorrichtung zur  
35 Trennung von Partikeln in Flüssigkeiten mit stehenden Ultraschallwellen bekannt. Hierbei werden die stehenden Ultraschallwellen zwischen zwei unterschiedlichen Frequenzen hin und

her geschaltet. Dadurch können Partikel unterschiedlicher Eigenschaften voneinander getrennt werden.

Aus dem deutschen Patent DE 696 28 389 T2 (EP 0 773 055 B1) ist eine Vorrichtung zur Handhabung von Teilchen in Flüssigkeiten mit Ultraschallwellen bekannt, bei dem die Wellenlänge des Ultraschall-Strahls größer ist als der Durchmesser einer Saugleitung, die im Wesentlichen senkrecht zur Strömung der Suspension in dem Strömungskanal in einer Wandfläche des Strömungskanals vorgesehen ist.

10 Aus dem amerikanischen Patent US 5,527,460 sind ebenfalls einer Vorrichtung und ein Verfahren zur Abtrennung von Partikeln, insbesondere von lebenden Zellen, aus Dispersionen bekannt. Die Vorrichtung ist direkt mit einem Bioreaktor verbunden.

Diese bekannten Vorrichtungen und Verfahren sind indes nicht dazu geeignet, im technischen oder großtechnischen, industriellen Maßstab durchgeführt zu werden.

In der Produktion, beispielsweise in der Lack-, Papier- und Textilindustrie, entstehen Aerosole, die unterschiedlich aufgebaut sein können. Solche Aerosole können aus Partikeln, Fasern, Teilchen, Emulsionen oder Flüssigkeiten in einem Gas gebildet sein. Die Aerosole müssen nach Fraktionen abgetrennt, aufgetrennt, aggregiert, agglomeriert, und/oder verpresst werden, und/oder die Konzentrationen ihrer Bestandteile müssen verändert werden, um ihre wiederverwendbaren Bestandteile und/oder Abfallbestandteile voneinander zu trennen.

25 Bisher geschieht dies zumeist mittels Filtern oder einem Luftstrudel, beispielsweise einer Vortex, die gefiltert werden kann. Jedoch haben Filter den Nachteil, dass sie verstopfen, so dass sich Stäube, Faseranhäufungen, und/oder Verklebungen bilden, die ihrerseits zu Verunreinigungen führen. Zudem ist die Leistung oder Performance der Filter nie gleich, sondern abhängig vom Status der Beladung des Filters und seiner Eigenschaften.

30 Filter müssen daher regelmäßig ausgetauscht werden. Ihre Wirksamkeit ist dabei nicht gleichbleibend. Die mit ihnen erzielte Säuberung ist somit variabel. Zudem fallen die Filter als zusätzlicher Abfall an.

35 Auch werden Wasserwände, Luftzufuhr, Fallwinde, Kartonagen und andere Auffangvorrichtungen zum Auffangen der Aerosole verwendet. Diese führen jedoch zu einer

zusätzlichen Erzeugung von Abfall, Verstopfungen der Filter und/oder einer energetisch ungünstigen Abluftreinigung. Außerdem sind sie sehr kostenaufwändig und arbeitsintensiv. Weiterhin behindert ihr Einsatz den kontinuierlichen Betrieb der Anlagen, beispielsweise einer Lackierstrasse.

5

Die Herstellung von brennbaren Gasen, beispielsweise die Verbrennung und Pyrolyse von organischen Materialien, führt zu Teilchen, Wasser, Pech, Ölen und/oder Wachsen, die gefiltert werden müssen, damit sie nicht in die Umgebung gelangen. Um die entstehenden Gase zu reinigen, werden Kohlefilter und Trocknungsstrassen eingesetzt.

10

Insgesamt gibt es derzeit kein kostengünstiges Verfahren zur Reinigung und Trennung von Aerosolen, das umweltfreundlich ist, möglichst zu einer Wiederverwertung der im Aerosol vorhandenen Bestandteile und einer gleichbleibenden Qualität der Reinigung führt.

15 Akustische Verfahren und Vorrichtungen zur Abscheidung und/oder Reinigung von Aerosolen und Feststoffpartikeln und -fasern aus Gasen mithilfe stehender Ultraschallwellen sind an sich bekannt.

Aus der amerikanischen Patentanmeldung US 2015/0265961 A1 ist eine Vorrichtung zur  
20 Agglomeration und Abtrennung von Aerosolen mithilfe von Ultraschall bekannt, bei der eine Vorrichtung zur Kühlung der Ultraschallquelle vorgesehen ist.

Aus dem deutschen Patent DE 697 05 226 T2 (EP 0 923 410 B1) sind in Verbindung mit der internationalen Patentanmeldung WO 92/09354 ein Verfahren und eine Vorrichtung zur  
25 Agglomeration von Partikeln in einem Gasstrom bekannt. Der Gasstrom durchströmt eine akustische Agglomerationskammer, wobei man selektiv unter Bevorzugung größerer Partikel einen Teil der Strömung am Auslass der Kammer entnimmt und an den Einlass der Kammer zurückspeist. Die Vorrichtung kann am Eingang eines bekannten Filters installiert werden, der insbesondere große Partikel zurückhält.

30

Aus der deutschen Offenlegungsschrift DE 195 13 603 A1 sind ebenfalls ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Abscheidung von Feststoffteilchen und/oder Tröpfchen aus einem Fluid unter Verwendung bestehender Ultraschallwellen bekannt. Die konzentrierten Feststoffteilchen und/oder Tröpfchen werden mittels eines an sich bekannten Abscheiders vom Fluid abgetrennt.

35

Aus der deutschen Offenlegungsschrift DE 10 2009 036 948 A1 sind ein Verfahren sowie eine Anlage zur Reduktion von Stickoxiden in staubhaltigen Abgasen mittels eines SCR-Katalysators bekannt, bei denen dem Katalysator eine Vorrichtung zur Staubabscheidung mithilfe von Ultraschall vorgeschaltet ist.

5

Diese bekannten Vorrichtungen und Verfahren sind indes nicht dazu geeignet, im technischen oder großtechnischen, industriellen Maßstab durchgeführt zu werden.

### **Aufgabe der vorliegenden Erfindung**

10

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zu schaffen, mit der Flüssigwerkstoffe, wie beispielsweise Flüssigabfälle, Gärreste, tierische Abfälle, insbesondere Gülle, Schlachtabfälle, Jauche, Exkrementen, Küchenabfall, Bioabfall, organische und/oder anorganische Partikel- und Faserwerkstoff in einer Flüssigkeit, Biogasanlagenabfall, Oberflächenbeschichtungsmittel, Lackreste, Klärschlamm und/oder Effluent, nachhaltig, kostengünstig und umweltfreundlich entsorgt werden können, wobei der Feststoffanteil verwertbar ist. Außerdem sollen das Verfahren und die Vorrichtung Filtern, insbesondere HEPA-Filtern, vorgeschaltet werden können, damit die Filter nicht oder nur in sehr geringem Ausmaß verstopfen, sodass sich ihre Standzeit signifikant verlängern lässt.

Das Verfahren soll in technischem und großtechnischem, industriellem Maßstab mit den entsprechend dimensionierten Vorrichtungen durchgeführt werden können.

15

20

Außerdem ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Verfahren zu schaffen, das die oben genannten Nachteile vermeidet, und die Auftrennung, die Abscheidung und/oder die Reinigung, eines Aerosols in seine Bestandteile umweltfreundlich, qualitativ gleichbleibend gut und kostengünstig ermöglicht, sowie eine Vorrichtung dafür bereitzustellen. Außerdem sollen das Verfahren und die Vorrichtung Filtern, insbesondere HEPA-Filtern, vorgeschaltet werden können, damit die Filter nicht oder nur in sehr geringem Ausmaß verstopfen, sodass sich ihre Standzeit signifikant verlängern lässt. Dieses Verfahren soll auch in technischem und großtechnischem, industriellem Maßstab mit den entsprechend dimensionierten Vorrichtungen durchführbar sein.

25

30

Nicht zuletzt sollen es die Verfahren und die Vorrichtungen gestatten, mithilfe energiereicher Ultraschallwellen Mikroorganismen, insbesondere Bakterienzellen, zu zerstören.

35

### **Lösung der Aufgabe**

Die Aufgabe wurde erfindungsgemäß mithilfe des Verfahrens gemäß dem unabhängigen Anspruch 1, der Vorrichtung gemäß dem unabhängigen Anspruch 5, der Verwendung gemäß dem unabhängigen Anspruch 14 und der Lackiervorrichtung gemäß Anspruch 15 gelöst.

5 Vorteilhafte Ausführungsformen können den abhängigen Ansprüchen entnommen werden.

### **Ausführliche Beschreibung der Erfindung**

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Abscheidung und/oder Reinigung von Aerosolen  
10 und Feststoffpartikeln und -fasern aus Gasen sowie von Feststoffpartikeln und -fasern aus Flüssigwerkstoffen durch Kondensation, Aggregation, Agglomeration, Zusammenpressen, Auftrennung, Abscheidung und/oder Konzentrationsveränderungen von Bestandteilen des Aerosols und/oder der Feststoffpartikel und/oder Feststofffasern in mindestens einer Aggregiervorrichtung

15  
A) wird oder werden mindestens ein Typ von Aerosol und/oder mindestens ein Typ von Flüssigwerkstoff mithilfe mindestens eines Fördermittels, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus einem Förderband, einem Flüssigkeitsdruck, einer Flüssigkeitssäule und einer Flüssigkeitswelle des Flüssigwerkstoffs, in Förderrichtung modulierten  
20 Schallwellen, einer Zentrifugalkraft, einer Zentripedalkraft, einer Corioliskraft, der Gravitation, einem Injektor, einem Venturi, einem Diffusor, einem Liquidmultiplier, einem Gasmultiplier, einem Dyson, einer Mantelturbine, einem Deltaflügelkonzentrator, einem Ringventuri, einer Magnuseffektturbine, einem Berwian oder Berliner Windkraftanlage, einer passiven und aktiven Konvektion, Effusion und Diffusion, in mindestens eine  
25 Förderrichtung in mindestens einer Aggregiervorrichtung gefördert,

B) wobei der mindestens eine Typ von Aerosol und/oder der mindestens eine Typ von Flüssigwerkstoff währenddessen mit mindestens einer akustischen Schallwelle so beaufschlagt wird oder werden, dass sich die Aerosole und Feststoffpartikel und -fasern  
30 aus den Gasen und/oder die Feststoffpartikel und -fasern aus den Flüssigwerkstoffen mittels der Kraft der mindestens einen Schallwelle zu mindestens einem Drucknoten oder zu mindestens einem Druckbauch hin bewegen und wobei

C) mindestens ein erster, kondensierte Flüssigkeiten und/oder aggregierte Feststoffe  
35 enthaltender Werkstoffteil anschließend von dem mindestens einen Aerosol und/oder dem mindestens einen Flüssigwerkstoff separiert wird.

Ein Flüssigwerkstoff im Sinne der Erfindung ist ein organischer und/oder anorganischer Flüssigwerkstoff, insbesondere eine Dispersion oder eine Suspension.

5 Solche Flüssigwerkstoffe sind beispielsweise Flüssigabfälle, Biogasanlagenabfall, Oberflächenbeschichtungsmittel, Lackreste, Schlämme aus der Textil- oder der Papierindustrie, Gärreste, tierische Abfälle, Gülle, Schlachtabfälle, Jauche, Exkrementen, Fäkalabwässer, Silagen, Kornpostabfälle, Gärabfälle oder Effluent. Im Flüssigwerkstoff können Feststoffpartikel und -fasern unterschiedlicher Größe und/oder Dichte enthalten  
10 sein. Die Größe der Feststoffpartikel und -fasern kann Nanometer, Mikrometer, Millimeter, Zentimeter und/oder Dezimeter groß sein. Der Flüssigwerkstoff kann eine leicht flüssige, niedrige bis pastöse, oder hohe Viskosität aufweisen.

Beim Beaufschlagen des Flüssigwerkstoffs mit der Schallwelle durchdringt diese den  
15 Flüssigwerkstoff. Dabei wird der Flüssigwerkstoff in Eigenschwingung versetzt. Das Beaufschlagen des Flüssigwerkstoffs mit der zumindest einen akustischen Schallwelle bewirkt, dass die Feststoffpartikel und -fasern zum Druckknoten oder zum Druckbauch hin bewegt werden. Dadurch reichern sich die Feststoffpartikel und -fasern in einem Raumbereich um den Druckknoten oder den Druckbauch herum an. Dabei bewegen sich  
20 die Feststoffpartikel und -fasern in Abhängigkeit von beispielsweise ihrer Größe, ihrer Dichtigkeit, ihrem Trägheitsmoment und/oder ihrer Kompressibilität zum Druckknoten oder zum Druckbauch hin.

Bevorzugt wird der Flüssigwerkstoff mit einer Vielzahl akustischer Schallwellen beaufschlagt,  
25 die räumlich voneinander beabstandet sind. Dadurch erstreckt sich der Raumbereich etwa konzentrisch um eine die Druckknoten oder die Druckbäuche verbindende Linie. In einer bevorzugten Ausführungsform wird der Flüssigwerkstoff mit den akustischen Schallwellen beaufschlagt, während er in Förderrichtung gefördert wird. In dieser Ausführungsform werden die Feststoffpartikel und -fasern in dem Raumbereich angereichert, während sie in  
30 Förderrichtung gefördert werden.

Die Schallwellen sind bevorzugt als stehende Wellen ausgebildet. Besonders bevorzugt werden stehende Ultraschallwellen genutzt.

35

Die Schallwellen breiten sich bevorzugt in einem Winkel  $>0^\circ$  zur Förderrichtung aus. In einer

bevorzugten Ausführungsform ist der Winkel ein rechter Winkel. Dadurch können korrespondierende Erreger, die zum Erzeugen der stehenden Wellen vorgesehen sind, einander gegenüber liegend angeordnet werden. Die Linie, die Druckknoten oder Druckbäuche verbindet, erstreckt sich dann in Förderrichtung.

5

Prinzipiell kann die Ausbreitungsrichtung dafür aber auch in einem anderen Winkel zur Förderrichtung angeordnet werden, wobei die Erreger dann ebenfalls in dem Winkel zueinander angeordnet sind.

- 10 Um bestimmte Feststoffpartikel und -fasern von anderen Feststoffpartikel und -fasern zu trennen, kann das Verfahren außerdem vorsehen, den Flüssigwerkstoff mit Schallwellen unterschiedlicher Frequenz, Form und/oder Amplitude zu beaufschlagen. Auch bei dieser Ausführungsform sind die Schallwellen bevorzugt räumlich voneinander beabstandet. Prinzipiell kann die Form der Schallwellen beliebig sein, beispielsweise sinusförmig,  
15 sägezahnförmig, rechteckförmig oder dreieckförmig.

Erfindungsgemäß ist es bevorzugt, die Schallwellen dynamisch digital über die Phase unterschiedlicher Wellen zu steuern, sodass die Druckknoten und die Druckbäuche in der mindestens einen Aggregiervorrichtung kontrolliert zu vorgewählten Stellen bewegt werden  
20 können. Vorzugsweise erfolgt die Steuerung der individuellen Druckknoten und der Druckbäuche mithilfe einer Kombination von booleschen Logikgattern

Um bestimmte Feststoffpartikel und -fasern von anderen Feststoffpartikel und -fasern zu trennen, ist es auch bevorzugt, Oberwellen der Schallwellen zu nutzen, die mehrere  
25 Druckknoten und Druckbäuche aufweisen. Dadurch werden verschiedene Feststoffpartikel und -fasern in den verschiedenen Druckknoten und Druckbäuchen aggregiert. Die verschiedenen Feststoffpartikel und -fasern werden dabei voneinander getrennt.

Solche Teilströme aus verschiedenen Feststoffpartikeln und -fasern werden weiterhin  
30 bevorzugt fokussiert, indem sie mit einer wenige Druckknoten und Druckbäuche aufweisenden Oberwelle der Schallwelle, oder einer Schallwelle anderer Frequenz, Form und/oder Amplitude, die weniger Druckknoten und Druckbäuche aufweist, beaufschlagt werden. Dadurch werden die Teilströme zusammengeführt.

35 Es ist weiterhin bevorzugt, Schallwellen zu verwenden, deren Frequenz und/oder Lautstärke außerhalb des Hörbereiches von Menschen und Tieren liegt. Zusätzlich oder

alternativ ist dafür es bevorzugt, schallisolierende Mittel, insbesondere geräuschmindernde oder geräuschreduzierende Lautsprecher (active noise cancelling, passive noise cancelling oder surpression), einzusetzen.

- 5 Im Wellenbauch der Schallwelle ist der auf die Feststoffpartikel und -fasern wirkende Druck groß. Dadurch werden die Feststoffpartikel und -fasern weggedrückt. Zum Einen werden die Feststoffpartikel und -fasern dadurch in dem Raumbereich angereichert und der Flüssigwerkstoff im Raumbereich daher getrocknet und verfestigt. Zudem bildet sich um den Raumbereich daher ein Flüssigkeitsfilm, aufgrund dessen der Flüssigwerkstoff auch bei  
10 pastöser Konsistenz durch Behälter mit verhältnismäßig kleinem Rohrdurchmesser transportierbar ist.

- Um das Fördern des Flüssigwerkstoffs noch zu verbessern, kann der Flüssigwerkstoff zudem vor dem Beaufschlagen mit der Schallwelle in ein Förderfluid (sheet layer) eingeleitet  
15 werden, welches den Flüssigwerkstoff bevorzugt vollumfänglich umgibt. Das Förderfluid bildet eine laminare oder turbulente Grenzschicht. Dadurch kann ein Anhaften des Flüssigkeitswerkstoffs an einer Behälterinnenwand vermieden und/oder eine Fördergeschwindigkeit des Flüssigwerkstoffs im Behälter erhöht werden. Das Förderfluid bildet zudem eine Phasentrennlinie, an der eine Fähigkeit des Flüssigwerkstoffs zur  
20 Phasentrennung erhöht ist. Dadurch wird gleichzeitig eine Vortrennung des Flüssigwerkstoffs erreicht, ein Separieren der Feststoffpartikel und -fasern aus dem Flüssigwerkstoff verbessert und/oder ein Separationskeim erzeugt.

- Um die Feststoffpartikel und -fasern als Wertstoff, beispielsweise Dünger, nutzbar zu  
25 machen, wird der aggregierte Feststoffpartikel und -fasern enthaltende erste, im Raumbereich angereicherte Werkstoffteil anschließend von dem Flüssigwerkstoff separiert. Vorzugsweise wird der erste Werkstoffteil räumlich vom Flüssigwerkstoff getrennt. Eine solche Trennung ist ohne ein Verdampfen von Ammoniak, Schwefelwasserstoff oder anderen Gasen möglich.

- 30 Das Verfahren wird bevorzugt solange wiederholt, bis der erste Werkstoffteil weniger als einen definierten Grenzwert Flüssigkeit enthält.

- Das Beaufschlagen des Flüssigwerkstoffs mit den Schallwellen ermöglicht daher nicht nur,  
35 die Feststoffpartikel und -fasern zu aggregieren, sondern mit solchen Schallwellen ist ein gezieltes Trennen bestimmter Feststoffpartikel und -fasern vom Flüssigwerkstoff oder

anderen im Flüssigwerkstoff enthaltenen Feststoffpartikeln und -fasern möglich. Zudem ermöglicht das Beaufschlagen des Flüssigwerkstoffs mit den Schallwellen das Fördern des Flüssigwerkstoffs in Förderrichtung. Mit dem Verfahren kann nicht nur der Feststoffanteil von Werkstoffströmen nutzbar gemacht werden. Es ermöglicht auch ein Trocknen und/oder  
5 Verfestigen von Papier, Textilien oder anderen Fasern.

Die Aufgabe wird weiterhin gelöst mit der Verwendung von Akustophorese zum Aggregieren von Feststoffpartikeln und -fasern eines Flüssigwerkstoffs. Durch die Verwendung von Akustophorese können die im Flüssigwerkstoff vorhandenen  
10 Feststoffpartikel und -fasern nutzbar gemacht werden. Dies ist ohne ein Verdampfen des Flüssigwerkstoffs, ohne ein Verdampfen des ersten Werkstoffteils und ohne ein Zufügen von Bindemitteln kostengünstig möglich.

Die Aufgabe wird weiterhin gelöst mit einer Aggregiervorrichtung zur Abscheidung und/oder  
15 Reinigung von Aerosolen und Feststoffpartikeln und -fasern aus Gasen sowie von Feststoffpartikeln und -fasern aus Flüssigwerkstoffen durch Kondensation, Aggregation, Agglomeration, Zusammenpressen, Auftrennung, Abscheidung und/oder Konzentrationsveränderungen von Bestandteilen des Aerosols und/oder der Feststoffpartikel und/oder Feststofffasern, umfassend

20  
I) mindestens ein Fördermittel, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus einem Förderband, einem Flüssigkeitsdruck, einer Flüssigkeitssäule und einer Flüssigkeitsschicht des Flüssigwerkstoffs, in Förderrichtung modulierten Schallwellen, einer Zentrifugalkraft, einer Zentripedalkraft, einer Corioliskraft, der Gravitation, einem  
25 Injektor, einem Venturi, einem Diffusor, einem Liquidmultiplier, einem Gasmultiplier, einem Dyson, einer Mantelturbine, einem Deltaflügelkonzentrator, einem Ringventuri, einer Magnuseffektturbine, einem Berwian oder Berliner Windkraftanlage, einer passiven und aktiven Konvektion, Effusion und Diffusion, insbesondere einem Injektor, einem Venturi, einem Diffusor, einem Liquidmultiplier, einem Gasmultiplier, einem Dyson, einer  
30 Mantelturbine, einem Deltaflügelkonzentrator, einem Ringventuri und einer Magnuseffektturbine, zur Aufnahme und/oder Förderung mindestens eines Typs von Aerosol und/oder mindestens eines Typs von Flüssigwerkstoff in mindestens eine Förderrichtung in der Aggregiervorrichtung,

- II) mindestens einen Erreger zum Erzeugen mindestens einer akustischen Schallwelle, die zum Beaufschlagen des mindestens einen Typs eines Aerosols und/oder des mindestens einen Typs eines Flüssigwerkstoffs vorgesehen ist, und
- 5 III) mindestens ein Mittel zum Separieren mindestens eines ersten, kondensierte Flüssigkeiten und/oder aggregierte Feststoffe enthaltenden Werkstoffteils von dem mindestens einen Typ eines Aerosols und/oder dem mindestens einen Typs eines Flüssigwerkstoffs.
- 10 Mittels einer Kraft der Schallwelle werden die im Flüssigwerkstoff enthaltenen Feststoffpartikel und -fasern zumindest teilweise zu einem Druckknoten oder zu einem Druckbauch der Schallwelle hin bewegt. Dadurch konzentrieren sie sich in einem Raumbereich um den Druckknoten oder den Druckbauch herum.
- 15 Vorzugsweise sind in einer Erstreckungsrichtung des Mittels zur Aufnahme und/oder zum Fördern des Flüssigwerkstoffs eine Vielzahl voneinander beabstandeter, insbesondere räumlich zueinander versetzter, Erreger zum Erzeugen einer akustischen Schallwelle vorgesehen. Dadurch erstreckt sich der Raumbereich konzentrisch um eine die Druckknoten oder die Druckbäuche verbindende Linie. Es ist bevorzugt, dass sich die mit
- 20 den Mitteln erzeugten akustischen Schallwellen quer zur Erstreckungsrichtung ausbreiten, so dass sich die Linie in Erstreckungsrichtung erstreckt.

Die Schallwelle ist bevorzugt eine stehende Ultraschallwelle. Dafür weist die Aggregiervorrichtung weiterhin bevorzugt jeweils zwei zueinander korrespondierend

25 ausgebildete Erreger zum Erzeugen einer Schallwelle auf. Die zueinander korrespondierenden Mittel sind vorzugsweise zwei piezoelektrische Elemente, Lautsprecher oder ein piezoelektrisches Element und/oder ein Reflektor.

Vorzugsweise werden als Erreger zum Erzeugen einer Schallwelle Lautsprecher

30 verwendet, die die Schallwelle mittels der piezoelektrischen Elemente erzeugen. Verwendbar sind aber auch Tauchspulen, magnetostatische (Bändchen-, Folien-, Jet-Hochtöner) Lautsprecher, elektrostatische Lautsprecher, Horntreiber, BiegeWellenwandler, Plasmalautsprecher, elektromagnetische Lautsprecher, Exciter oder Ultraschallwandler.

35 Um mehrere Werkstoffteile verschiedener Zusammensetzung in verschiedenen Raumbereichen anzureichen, ist es bevorzugt, Schallwellen unterschiedlicher Frequenz,

Amplitude und/oder Form zu verwenden.

- 30 Weiterhin bevorzugt wird der Raumbereich oder werden die Raumbereiche gezielt gelenkt, beispielsweise durch Veränderung der Amplitude der Schallwelle und/oder durch
- 5 Veränderung der Anordnung der Erreger zum Erzeugen der Schallwelle.

Das Mittel zum Separieren des aggregierten Feststoffpartikel und -fasern enthaltenden ersten Werkstoffteils vom Flüssigwerkstoff umfasst bevorzugt zumindest einen ersten Ablauf für den ersten Werkstoffteil, oder zumindest einen Ablauf für den Flüssigwerkstoff. Es  
5 kann aber auch einen zweiten Ablauf für den jeweils anderen Werkstoffteil aufweisen. Zudem kann es weitere Abläufe aufweisen, wenn mehrere Werkstoffteile verschiedener Zusammensetzung in verschiedenen Raumbereichen angereichert sind.

Bevorzugt umfasst das Mittel zur Aufnahme und/oder zum Fördern des Flüssigwerkstoffs  
10 einen Behälter, insbesondere ein Rohr und/oder einen Tank. Der Behälter kann aus einem Metall, einem Kunststoff oder einem Komposit hergestellt sein. Prinzipiell kann er eine beliebige Form aufweisen. In dem Behälter wird die Flüssigkeit bevorzugt in eine Förderrichtung gefördert.

15 In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst der Behälter mindestens zwei parallel zueinander angeordnete flächenförmige Platten, auf denen jeweils mindestens zwei Erreger oder jeweils ein Erreger und ein Reflektor einander gegenüber angeordnet sind. Vorzugsweise sind die flächenförmigen Platten PCB-Platten.

20 Die von den mindestens zwei Paaren einander zugeordneten Erregern emittierten Schallwellen dynamisch digital über die Phase unterschiedlicher Wellen mithilfe einer Kombination von booleschen Logikgattern steuerbar sind, sodass die Druckknoten und die Druckbäuche in der mindestens einen Aggregiervorrichtung kontrolliert zu vorgewählten Stellen bewegbar sind.

25 Alternativ oder zusätzlich umfasst das Mittel zur Aufnahme und/oder zum Fördern des Flüssigwerkstoffs dafür bevorzugt ein Fördermittel. Das Fördermittel ist bevorzugt ein Liquidmultiplier, ein Dyson oder ein Förderband. In dieser Ausführungsform ist die Erstreckungsrichtung bevorzugt die Förderrichtung.

30 Zusätzlich oder anstelle des Fördermittels kann zum Fördern des Flüssigwerkstoffs auch ein Flüssigkeitsdruck, eine Flüssigkeitssäule oder eine Flüssigkeitswelle des Flüssigwerkstoffs, eine Zentrifugalkraft, eine Zentripedalkraft, eine Corioliskraft, Gravitation, ein Injektor, ein Venturi, ein Diffusor, ein Liquidmultiplier, ein Dyson, eine Mantelturbine, ein Deltaflügelkonzentrator, ein Ringventuri und eine Magnuseffekturbine genutzt werden.

35 In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform werden die mit den Erregern erzeugten

Schallwellen als Fördermittel zum Fördern des Flüssigwerkstoffs genutzt. Dafür werden die Schallwellen in Förderrichtung nacheinander moduliert, so dass der Flüssigwerkstoff, insbesondere die Feststoffpartikel und -fasern, in Förderrichtung gefördert werden. Weiterhin bevorzugt wird eine akustische Förderschallwelle genutzt, deren  
5 Ausbreitungsrichtung die Förderrichtung ist.

Zum Einlassen des Flüssigwerkstoffs ist bevorzugt am in Förderrichtung vorderen Ende der Aggregiervorrichtung ein Zulauf vorgesehen. Dieser ist besonders bevorzugt im Behälter angeordnet. Das Mittel zum Separieren des ersten Werkstoffteils vom Flüssigwerkstoff ist  
10 hingegen bevorzugt in Förderrichtung hinter dem Zulauf angeordnet, vorzugsweise am hinteren Ende der Aggregiervorrichtung.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist das Mittel zur Aufnahme und/oder zum Fördern des Flüssigwerkstoffs als Förderband ausgebildet. In dieser Ausführungsform  
15 kann zudem ein Behälter, insbesondere ein Tank, vorgesehen sein. Das Förderband kann dann gleichzeitig das Mittel zum Separieren des ersten Werkstoffteils bilden. In Abhängigkeit davon, wie flüssig der Flüssigwerkstoff ist, ist es dabei bevorzugt, dass das Förderband in den Flüssigwerkstoff eintaucht. Der Flüssigwerkstoff wird dann an einem in Förderrichtung vorderen, eintauchenden Ende des Förderbandes von diesem aufgenommen. An einem in  
20 Förderrichtung hinteren Ende wird der erste Werkstoffteil separiert. Bei dieser Ausführungsform sind die Erreger zum Erzeugen der Schallwelle in einer Erstreckungsrichtung des Förderbandes entlang diesem angeordnet. Dafür sind sie bevorzugt an oder in dem Förderband oder in der Nähe des Förderbandes positioniert.

25 Es ist ebenfalls bevorzugt, dass die Erreger zum Erzeugen der Schallwelle in einer Erstreckungsrichtung der Aggregiervorrichtung, besonders bevorzugt in einer Erstreckungsrichtung des Behälters, des Mittels zum Separieren des ersten Werkstoffteils und/oder des Fördermittels, angeordnet sind.

30 Im Folgenden werden die erfindungsgemäßen Aggregiervorrichtung und die erfindungsgemäßen Verfahren im Zusammenhang mit Aerosolen beschrieben.

Ein Reinigen des Aerosols im Sinne der Erfindung erfasst ein Aggregieren, Agglomerieren,  
35 Zusammenpressen, Abtrennen, Veränderung der Konzentration und/oder eine Auftrennung des Aerosols. Ein Aerosol umfasst dabei ein Gas sowie eine darin verteilte Flüssigkeit und/oder

einen darin verteilten Feststoff. Die Flüssigkeit kann eine reine Flüssigkeit, eine Mischung von Flüssigkeiten, eine Dispersion und/oder eine Emulsion sein. Flüssigkeiten können weiterhin Wasser, Teere, Peche, organische Lösemittel, anorganische Lösemittel und/oder deren Gemische und Emulsionen sein. Feststoffe können Teilchen, Partikel und Fasern organischer und/oder anorganischer Zusammensetzung oder Bakterien, Viren und Biofilme sein. Die Feststoffe können weiterhin eine Restflüssigkeit enthalten. Aerosole im Sinne der Empfindung entstehen beispielsweise bei der Oberflächenbeschichtung mit Farben, Lacken und Versiegelungen, bei der Papier- und/oder Textilherstellung und bei ihrer Weiterverarbeitung. Gase können Luft, Stickstoff und/oder weitere Gase sein.

10

Als erster Werkstoffteil werden im Folgenden feste und/oder flüssige Bestandteile des Aerosols, insbesondere während und/oder nach dem Reinigungsvorgang (Stadien der Trennung, Aggregation, Aufkonzentrierung und Agglomeration) bezeichnet. Als zweiten Werkstoffteil wird im Folgenden das vom ersten Werkstoffteil gereinigte Aerosol bezeichnet. Im Folgenden werden daher die Begriffe zweiter Werkstoffteil und Aerosol synonym verwendet.

15

Im Aerosol können Flüssigkeiten, insbesondere als Tropfen, und/oder Feststoffe, insbesondere Partikel und/oder Fasern, unterschiedlicher Form, Größe und oder Dichte enthalten sein. Die Größe kann Nanometer,  $\mu\text{m}$ , Millimeter, Zentimeter und/oder Dezimeter groß sein, die Verteilung kann homogen und inhomogen sein. Das flüssige und/oder feste Material des Aerosols kann unterschiedliche Viskositäten und/oder Dichten aufweisen.

20

Das Beaufschlagen des Aerosols mit der zumindest einen akustischen Schallwelle bewirkt eine kinetische Kraft, durch die Flüssigkeiten und/oder Feststoffe zum Druckknoten oder zum Druckbauch hin bewegt werden. Dadurch reichern sich die flüssigen und/oder festen Bestandteile des Aerosols in einem Raumbereich um den Druckknoten oder den Druckbauch herum an. Dabei bewegen sich die Flüssigkeiten und/oder Feststoffe in Abhängigkeit von beispielsweise ihrer Größe, ihrer Dichte, ihrem Trägheitsmoment und/oder ihrer Kompressibilität zum Druckknoten oder zum Druckbauch hin.

30

Bevorzugt wird das Aerosol mit einer Vielzahl akustischer Schallwellen beaufschlagt, die räumlich voneinander beabstandet sind. Dadurch erstreckt sich der Raumbereich etwa konzentrisch um eine die Druckknoten oder die Druckbäuche verbindende Linie. In einer bevorzugten Ausführungsform wird das Aerosol mit den akustischen Schallwellen beaufschlagt, während es in Förderrichtung gefördert wird. In dieser Ausführungsform werden die

35

Flüssigkeiten und/oder Feststoffe in dem Raumbereich angereichert, während sie in Förderrichtung gefördert werden.

Die Schallwellen breiten sich bevorzugt in einem Winkel größer als  $0^\circ$  zur Förderrichtung aus.

5 Besonders bevorzugt ist der Winkel ein rechter Winkel. Dadurch erstreckt sich die Linie, die Druckknoten oder Druckbäuche verbindet, in Förderrichtung.

Die Schallwellen sind bevorzugt als stehende Wellen ausgebildet. Besonders bevorzugt werden stehende Ultraschallwellen benutzt.

10

Um bestimmte Flüssigkeiten und/oder Feststoffe des Aerosols von anderen Flüssigkeiten und/oder Feststoffen des Aerosols zu trennen, kann das Verfahren außerdem vorsehen, dass das Aerosol mit Schallwellen unterschiedlicher Frequenz, Form und/oder Amplitude zu beaufschlagen. Auch bei dieser Ausführungsform sind die Schallwellen bevorzugt räumlich  
15 voneinander beabstandet. Prinzipiell kann die Form der Schallwellen beliebig sein, beispielsweise sinusförmig, rechteckförmig oder dreieckförmig.

Um bestimmte Flüssigkeiten und/oder Feststoffe des Aerosols von anderen Flüssigkeiten und/oder Feststoffen des Aerosols zu trennen, ist es auch bevorzugt, Oberwellen der  
20 Schallwellen zu nutzen, die mehrere Druckknoten und Druckbäuche aufweisen. Dadurch werden verschiedene Flüssigkeiten und/oder Feststoffe in den verschiedenen Druckknoten und Druckbäuchen in Abhängigkeit von ihrer Dichte und/oder Trägheit aggregiert, konzentriert, verpresst, agglomeriert und/oder vereinigt. So können die im Aerosol enthaltenden Flüssigkeiten und/oder Feststoffe auch voneinander separiert werden.

25

Solche Teilströme aus verschiedenen Flüssigkeiten und/oder Feststoffen werden weiterhin bevorzugt fokussierten, indem sie mit einer Schallwelle anderer Frequenz, Form und/oder Amplitude, die weniger Druckknoten und Druckbäuche aufweist, beaufschlagt. Dadurch werden die Teilströme zusammengeführt.

30

Es ist weiterhin bevorzugt, Schallwellen zu verwenden, deren Frequenz und/oder Lautstärke außerhalb des Hörbereichs von Menschen und Tieren liegt. Zusätzlich oder alternativ ist es hierfür bevorzugt, Schall isolierende Mittel, insbesondere active noise cancelling, einzusetzen.

35 Im Druckbauch der Schallwellen ist der auf die Flüssigkeiten und/oder Feststoffe wirkende Druck groß. Im Druckknoten ist der auf die Flüssigkeiten und/oder Feststoffe wirkende Druck

hingegen klein. Dadurch werden die Flüssigkeiten und/oder Feststoffe zum Drucknoten hin ausgetrieben. Zum einen werden sie im Raumbereich daher vereinigt, getrocknet und verfestigt. Zum anderen bildet sich um den Raumbereich daher ein Gasfilm, aufgrund dessen das Aerosol mit verhältnismäßig kleinem Rohrdurchmesser transportierbar ist.

5

Um das Fördern des Aerosols noch zu verbessern, kann das Aerosol zudem vor dem Beaufschlagen mit der Schallwelle in ein Förderfluid, insbesondere in ein Gas, einen Teilchenstrom und/oder einen Faserstrom (sheet layer), eingeleitet werden. Das Förderfluid umgibt das Aerosol und/oder den ersten Werkstoffteil bevorzugt vollumfänglich. Dadurch kann  
10 ein Anhaften des Aerosols an einer Behälterinnenwand vermieden und eine volle Geschwindigkeit des Aerosols im Behälter erhöht werden. Das Förderfluid bildet zudem eine Phasentrennlinie, an der eine Reaktionsbereitschaft des Aerosols erhöht ist. Dadurch wird gleichzeitig eine Vortrennung des Aerosols erreicht, ein Separieren der Flüssigkeiten und/oder Feststoffe verbessert und/oder Separationskeime erzeugt.

15

Das Verfahren wird bevorzugt so lange wiederholt, bis der zweite Werkstoffteil weniger als einen definierten Grenzwert des ersten Werkstoffteils enthält.

Das Beaufschlagen des Aerosols mit den Schallwellen ermöglicht daher nicht nur, die  
20 Flüssigkeiten und/oder Feststoffe zu aggregieren. Sondern mit solchen Schallwellen ist ein gezieltes Trennen bestimmte Flüssigkeiten und/oder Feststoffen vom Aerosol oder von anderen im Aerosol enthaltenden Flüssigkeiten und/oder Feststoffen möglich. Zudem ermöglicht das Beaufschlagen des Aerosols mit den Schallwellen das Fördern des Aerosols in Förderrichtung.

25 Das Aerosol ist bevorzugt eine Oberflächenbeschichtungsmaterial. Durch die Verwendung der Akustophorese können die im Aerosol vorhandenen Flüssigkeiten und/oder Feststoffe zurückgewonnen und recycelt werden. Dies gilt insbesondere für Aerosole, die Farben, Lacke, Versiegelungsmittel und/oder Fasermaterial enthalten, wie beispielsweise Textil, Papier und/oder deren Komponenten und/oder Bestandteile, insbesondere Additive, Füller, Lösemittel,  
30 Bindemittel, Härter und/oder Pigmente.

Das erfindungsgemäße Verfahren mit Aerosol wird mithilfe der vorstehend beschriebenen erfindungsgemäßen Aggregiervorrichtung durchgeführt.

35 Mittels der Kraft der Schallwelle werden dem Aerosol enthaltenden Flüssigkeiten und/oder Feststoffe zumindest teilweise zu einem Druckknoten oder zu einem Druckbauch der

Schallwelle hin bewegt. Dadurch konzentrieren sie sich in einem Raumbereich um den Druckknoten oder den Druckbauch herum.

Vorzugsweise sind in Förderrichtung eine Vielzahl voneinander beabstandeter, insbesondere  
5 räumlich zueinander versetzter Erreger zum Erzeugen einer akustischen Welle vorgesehen. Dadurch erstreckt sich der Raumbereich konzentrisch um eine die Druckknoten oder die Druckbäuche verbindende Linie. Es ist bevorzugt, dass sich die mit den Mitteln erzeugten akustischen Schallwellen quer zur Förderrichtung ausbreiten. In dieser Ausführungsform erstreckt sich die Linie in Förderrichtung.

10

Die Schallwellen sind bevorzugt stehende Ultraschallwellen. Dafür weist die Aggregiervorrichtung weiterhin bevorzugt mindestens zwei jeweils zueinander korrespondierend ausgebildete Erreger zum Erzeugen einer Schallwelle auf. Die zueinander korrespondierenden Mittel sind vorzugsweise zwei piezoelektrische Elemente oder Lautsprecher oder ein  
15 piezoelektrisches Element und/oder ein Reflektor.

Vorzugsweise werden als Erreger zum Erzeugen der Schallwellen Lautsprecher verwendet, die die Schallwellen mittels piezoelektrischer Elemente erzeugen. Verwendbar sind aber auch Tauchspulen, magnetostatische Lautsprecher, Hornreiber, BiegeWellenwandler,  
20 Plasmalautsprecher, elektromagnetische Lautsprecher, Exciter oder Ultraschallwandler.

Um mehrere Flüssigkeiten und/oder Feststoffe verschiedene Zusammensetzung in verschiedenen Raumbereichen anzureichern, ist es weiterhin bevorzugt, Schallwellen unterschiedlicher Frequenz, Amplitude und/oder Form zu verwenden.

25

Ebenso bevorzugt wird der Raumbereich oder werden die Raumbereiche gezielt gelenkt, beispielsweise durch Veränderung der Amplitude der Schallwellen und/oder durch Veränderung der Anordnung der Erreger zum Erzeugen der Schallwellen.

30 Bei einer bevorzugten Ausführungsform werden die Schallwellen dynamisch digital über die Phase unterschiedlicher Wellen mithilfe einer Kombination von booleschen Logikgattern gesteuert, sodass die Druckknoten und die Druckbäuche in der Aggregiervorrichtung kontrolliert zu vorgewählten Stellen bewegt werden können.

35 Das Mittel zur Aufnahme und/oder zum Fördern des Aerosols können die vorstehend beschriebenen Fördermittel verwendet werden. Ebenso kommen die vorstehend beschriebenen

Behälter in Betracht. Der Behälter kann aus einem Metall, einem Kunststoff und/oder einem Komposit aufgebaut sein. Prinzipiell kann er eine beliebige Form aufweisen.

5 Neben turbulenten Strömungsverhältnissen des Aerosols im Behälter ist ein laminarer Aerosolstrom bevorzugt, der laminarer Grenzschichten ausbildet und der die Separierung und Aggregierung fördert.

10 In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform werden die Schallwellen als Fördermittel zum Fördern des Aerosols genutzt. Dafür werden die Schallwellen in Förderrichtung nacheinander moduliert, sodass das Aerosol, insbesondere die Flüssigkeiten und/oder Feststoffe, in Förderrichtung gefördert werden. Weiterhin bevorzugt wird eine akustische Förderschallwelle genutzt, deren Ausbreitungsrichtung die Förderrichtung ist.

15 Zum Einlassen des Aerosols ist bevorzugt am in Förderrichtung vorderen Ende der Aggregiervorrichtung ein Einlass vorgesehen. Dieser ist besonders bevorzugt im dem vorstehend beschriebenen Behälter angeordnet. Das Mittel zum Separieren des ersten Werkstoffteils vom Aerosol ist hingegen bevorzugt in Förderrichtung hinter dem Einlass angeordnet, vorzugsweise am hinteren Ende der Aggregiervorrichtung.

20 Es ist ebenfalls bevorzugt, dass die Erreger zum Erzeugen der Schallwelle in einer Erstreckungsrichtung der Aggregiervorrichtung, besonders bevorzugt in einer Erstreckungsrichtung des Mittels zur Aufnahme und/oder zum Fördern des Aerosols, insbesondere des Behälters und/oder des Fördermittels und/oder des Mittels zum Separieren des ersten Werkstoffteils vom zweiten Werkstoffteil, angeordnet sind.

25 In einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist die Aggregiervorrichtung dynamisch mobil angeordnet, sodass sie einem Sprühkopf nachfolgen kann, zum Beispiel in einer Lackierstraße.

30 In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform umfasst die Aggregiervorrichtung eine Vielzahl Behälter zur Aufnahme und/oder zum Fördern des Aerosols. Die Vielzahl Behälter sind bevorzugt ineinander angeordnet und/oder ineinander verschachtelt. Sie sind bevorzugt aus verschiedenen Rohren gleicher oder unterschiedlicher Durchmesser gebildet. Vorzugsweise sind eine Vielzahl Rohr von einem Rohr umgeben. In dieser Ausführungsform sind an den Rohren bevorzugt jeweils die Erreger angeordnet. Die Ausführungsform hat den Vorteil dass in  
35 den Rohren eine Laminarströmung vorliegt.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird die vorstehend beschriebene Platten, insbesondere PCB-Platten, enthaltende Konfiguration verwendet.

- 5 In noch einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist die Aggregiervorrichtung eingebettet in einen geschlossenen Gasstrom, zum Beispiel einer Umluft in einem Raum, beispielsweise in Häusern, in Klimaanlage, in der medizinischen Beatmung, in geschlossenen Fortbewegungsmitteln, insbesondere in Automobilen, Lastkraftwagen, Bussen, Zügen, Schiffen und Flugzeugen.
- 10 In noch einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist die Aggregiervorrichtung eingebettet in Raumübergänge, zum Beispiel von innen nach außen. Hierbei ist die Kombination mit einer Wärmerückgewinnung vorteilhaft.

- 15 In einer besonders bevorzugten Ausführungsform weist die Aggregiervorrichtung einen Strahler auf, insbesondere einen UV-, IR- oder Mikrowellenstrahler und/oder einen hinter und gegenüber dem Strahler angeordneten Reflektor, wobei der Strahler dazu vorgesehen ist, den ersten Werkstoffteil photochemisch anzuregen und/oder zu erwärmen. Dies hat den Vorteil, dass aus einer Flüssigkeit des Aerosols größere, zähere und/oder einfacher zu sammelnde Teilchen geformt werden. Dadurch kann eine Erhärtung des Aerosols beschleunigt werden. Zudem wird
- 20 die Agglomeration durch Temperatur chemisch induziert und beschleunigt. Weiterhin werden Bakterien, Biofilme und/oder Viren mit der Strahlung des Strahlers abgetötet. Der Strahler wird in einer Wandung, auf der Wandung, innerhalb oder außerhalb des Behälters befestigt. Um eine durch Strahlung des Aerosols zu ermöglichen, weist der Behälter gegebenenfalls ein Fenster für den Strahler auf. Dabei ist es bevorzugt, den Strahler vibrationsfrei zu befestigen.

- 25 In einer weiteren besonders bevorzugten Ausführungsform weist die Aggregiervorrichtung zum Auffangen des aus dem Aerosol abgetrennten ersten Werkstoffteils eine Oberfläche auf, die insbesondere sich erneuernd, strukturiert, glatt oder rau, biozid und/absorbierende ausgebildet ist. Der erste Werkstoffteil wird bevorzugt auf die Oberfläche geleitet. Diese kann
- 30 superhydrophob, superhydrophil, hydrophil, hydrophob und/oder elektrostatisch geladen oder geerdet sein. Sie kann beweglich sein und/oder von einem Förderfluid, bevorzugt Wasser, überspült sein. Es ist bevorzugt, dass die Oberfläche den ersten Werkstoffteils bindet und/oder abführt, um eine Rückmigration in das Aerosol oder das Entstehen anderer Verunreinigungen zu vermeiden.

35

Eine solche Oberfläche ist bevorzugt aus einem Förderband mit einem Abscheider zum Abscheiden des ersten Werkstoffteils oder einem Feuchtigkeitsfilm gebildet, wobei der abgeschiedene Werkstoffteil oder der mit dem ersten Werkstoffteil zusammengeführte Feuchtigkeitsfilm in einem Werkstoffbehälter oder einem Abfluss abführbar ist.

5

Eine solche Oberfläche ist in einer weiteren bevorzugten Ausführungsform aus einem insbesondere erneuerbaren und/oder feuchten Folien-, Faser- und/oder Textilfilm gebildet, der beispielsweise aus einem Papier, einem Karton oder einer Kunststoffolie aufgebaut ist. In dieser Form sind der Faser- und/oder Textilfilm und/oder die Folie entsorgbar.

10

Anwendungsabhängig ist es weiterhin bevorzugt, dass die Aggregiervorrichtung eine Vorrichtung zum Kühlen oder eine Vorrichtung zum Erwärmen umfasst.

Insbesondere eignet sich die erfindungsgemäße Aggregiervorrichtung zur Ausrüstung einer Lackiervorrichtung, insbesondere einer Lackierstraße. Mittels der Aggregiervorrichtung sind die in der Lackierstraße anfallenden Aerosole ohne aufwändige Filter separierbar und entsorgbar.

15

Generell ist die erfindungsgemäße Aggregiervorrichtung hervorragend dazu geeignet, Filtern, insbesondere HEPA-Filtern, wie vorstehend bereits beschrieben, vorgeschaltet zu werden.

20

Die erfindungsgemäße Aggregiervorrichtung und die erfindungsgemäßen Verfahren sind somit hervorragend zur Entsorgung von Flüssigabfällen, Gärresten, tierischen Abfällen, Gülle, Schlachtabfälle, Jauche, Exkremente, Küchenabfall, Bioabfall, organischen und/oder anorganischen Partikeln und Faserwerkstoffen in einer Flüssigkeit, Biogasanlagenabfall, Oberflächenbeschichtungsmitteln, Lackresten, Klärschlamm und/oder Effluent und/oder Aerosolen, die Farben, Lacke, Versiegelungsmittel und/oder Fasermaterial enthalten, zur Zerstörung von Mikroorganismen, insbesondere Bakterien, zur Reinigung von Luft im Haus, in Klimaanlage, in der medizinischen Beatmung in geschlossenen Fortbewegungsmitteln, insbesondere Automobilen, Lastkraftwagen, Bussen, Zügen, Schiffen und Flugzeugen, sowie bei Zellkulturen geeignet. Hinzu kommt noch, dass die wiedergewonnenen Feststoffanteile verwertbar sind

30

Nachfolgend wird die Erfindung unter Bezugnahme auf die Figuren anhand von Ausführungsbeispielen erläutert, wobei weitere Vorteile der Erfindung deutlich werden. Es zeigen:

35

Fig. 1 in (a) eine erste Ausführungsform einer Aggregiervorrichtung, in (b) ein Schnittbild A-A der Aggregiervorrichtung aus (a), in (c) ein Schnittbild einer weiteren Ausführungsform einer Aggregiervorrichtung, und in (d) und (e) jeweils ein weiteres Schnittbild durch die Aggregiervorrichtung aus (a);

5

Fig. 2 in (a) und (b) jeweils einen Ausschnitt aus weiteren Ausführungsformen einer Aggregiervorrichtung;

Fig. 3 und 4 jeweils eine weitere Ausführungsform einer Aggregiervorrichtung;

10

Fig. 5 in (a) - (d) jeweils eine Befestigung eines Mittels zum Erzeugen einer Schallwelle an einer Behälterwand einer Aggregiervorrichtung;

Fig. 6 eine weitere Ausführungsform einer Aggregiervorrichtung und

15

Fig. 7 einen Querschnitt durch eine Lackieranlage.

In den Figuren 1 bis 7 haben die Bezugszeichen die folgende Bedeutung:

|    |     |                                                                         |
|----|-----|-------------------------------------------------------------------------|
| 20 | 1   | Aggregiervorrichtung                                                    |
|    | 10  | Lackierstraßen                                                          |
|    | 101 | Vorderes Ende                                                           |
|    | 102 | Hinteres Ende                                                           |
|    | 11  | Bilder zur Aufnahme des Flüssigwerkstoffs oder des Aerosols, Rohr, Tank |
| 25 | 110 | Behälterinnenraum                                                       |
|    | 111 | Behälterzulauf                                                          |
|    | 112 | Behälterablauf                                                          |
|    | 113 | Oberfläche                                                              |
|    | 114 | Innenfläche                                                             |
| 30 | 115 | Wand                                                                    |
|    | 116 | Einfüllstutzen                                                          |
|    | 117 | Boden                                                                   |
|    | 118 | Halteplatte                                                             |
|    | 119 | Ausnehmung                                                              |
| 35 | 12  | Mittel zum Separieren                                                   |
|    | 121 | Abzweigzulauf                                                           |

|    |            |                                                                                  |
|----|------------|----------------------------------------------------------------------------------|
|    | 122        | Abzweigablauf                                                                    |
|    | 13         | Auffangbehälter                                                                  |
|    | 14         | Auffangbehälter für Flüssigkeiten und/oder Feststoffe                            |
|    | 15         | Strahler und Reflektor (UV, IR, Mikrowelle)                                      |
| 5  | 16         | Werkstück                                                                        |
|    | 17         | Roboter, Sprüharme, Farbauftrag                                                  |
|    | 181        | Bodengitter                                                                      |
|    | 182        | Deckengitter                                                                     |
|    | 19         | Förderband, Fließband                                                            |
| 10 | 2          | Flüssigwerkstoff, Aerosol                                                        |
|    | 21         | Erster, aggregierte Flüssigkeiten und/oder Feststoffe enthaltender Werkstoffteil |
|    | 211        | Flüssigkeiten und/oder Feststoffe                                                |
|    | 22         | Zweiter Werkstoffteil                                                            |
|    | 23         | Gleitfilm                                                                        |
| 15 | 24         | Förderfluid, sheet layer                                                         |
|    | 3          | Erreger zum Erzeugen einer Schallwelle                                           |
|    | 31, 32     | Erster und zweiter Erreger zum Erzeugen einer stehenden Welle                    |
|    | 4          | Förderrichtung des Flüssigwerkstoffs 2 oder des Aerosols 2                       |
|    | 5          | Akustische Schallwelle, stehende Welle                                           |
| 20 | 51         | Drucknoten                                                                       |
|    | 52         | Druckbauch                                                                       |
|    | 53         | Winkel                                                                           |
|    | 54         | Ausbreitungsrichtung                                                             |
|    | 7          | Achse, Behältermitte                                                             |
| 25 | 71, 72, 73 | Erste, zweite und dritte Raumrichtung                                            |
|    | 74         | Umfangsrichtung                                                                  |
|    | 77         | Linie                                                                            |
|    | 8          | Fördermittel, Dyson, Förderband                                                  |
|    | 81         | Förderbandfläche                                                                 |
| 30 | 82         | Neigung                                                                          |
|    | 83         | Förderseite                                                                      |
|    | 84         | Oberes Umlaufende                                                                |
|    | 85         | Unteres Umlaufende                                                               |
|    | 9          | Rücklaufboden                                                                    |
| 35 | 91         | Befestigungsmittel, Schraube, Niete                                              |
|    | 92         | Mutter                                                                           |

|    |                             |
|----|-----------------------------|
| a  | Abstand                     |
| d1 | Durchmesser des Förderraums |
| H  | Höhe                        |

## 5 Ausführliche Beschreibung der Figuren

### Aggregiervorrichtungen 1 und Verfahren mit Flüssigwerkstoffen 2

Die Fig. 1a zeigt eine erste Ausführungsform einer Aggregiervorrichtung 1. Die Aggregiervorrichtung 1 umfasst zur Aufnahme und zum Fördern eines Flüssigwerkstoffs 2 einen Behälter 11 (s. Fig. 1(d), (e)). Der Behälter 11 erstreckt sich in eine Erstreckungsrichtung 71. Der Behälter 11 weist hier einen runden Querschnitt auf und erstreckt sich konzentrisch zu einer Achse 7. Es sind aber auch Behälter 11 mit einem anderen Querschnitt, beispielsweise mit rechteckigem oder quadratischem Querschnitt, verwendbar. Der Behälter 11 ist hohlzylindrisch ausgebildet und weist einen Innenraum 110 (s. Fig. 1(b), (c)) auf.

Zum Einlassen des Flüssigwerkstoffs 2 weist der Behälter 11 einen Zulauf 111 auf, der in einer Förderrichtung 4 an einem vorderen Ende 102 des Behälters vorgesehen ist. Der Flüssigwerkstoff 2 wird mittels eines zusätzlichen Fördermittels 8 in Förderrichtung 4 durch den Behälter 11 gefördert. Als Fördermittel 8 ist hier schematisch ein Dyson gezeigt.

An einem in Förderrichtung 4 hinteren Ende 101 weist die Aggregiervorrichtung 1 ein Mittel zum Separieren 12 eines ersten Werkstoffteils 21 (s. Fig. 1(d), (e)) vom Flüssigwerkstoff 2 auf. Das Mittel zum Separieren 12 ist durch einen rohrförmigen Behälterabzweig gebildet. Der Behälterabzweig 12 weist einen Abzweigablauf 122 für den ersten Werkstoffteil 21 auf.

Zum Auslassen des Flüssigwerkstoffs 2 weist der Behälter 11 einen Behälterablauf 112 auf. Der Behälterablauf 112 ist sich hier lediglich zur Verdeutlichung quer zur Erstreckungsrichtung 71 ausgerichtet.

Am Behälter 11 sind eine Vielzahl Erreger 3 zum Erzeugen einer akustischen Schallwelle 5 (s. Fig. 1(b) - (e)) vorgesehen. Diese sind in Erstreckungsrichtung 71 in Reihen (nicht bezeichnet) angeordnet und jeweils um einen Abstand a voneinander beabstandet. In einer Umfangsrichtung 74 zur Achse 7 sind die Reihen gleichmäßig verteilt angeordnet. Dabei sind die Erreger 3 benachbarter Reihen in Erstreckungsrichtung 3 zueinander versetzt.

Um eine stehende Schallwelle 5, vorzugsweise eine Ultraschallwelle, durch Welleninterferenz zu erzeugen, sind jeweils zwei zueinander korrespondierende Erreger 3 zum Erzeugen einer Schallwelle 5 gleicher Frequenz, Form und Amplitude einander gegenüberliegend angeordnet. Die zueinander korrespondierenden Erreger 3 sind als Lautsprecher ausgebildet und weisen ein piezoelektrisches Element (nicht dargestellt) zum Erzeugen der Schallwelle 5 auf. Alternativ ist es bevorzugt, dass einer der beiden Erreger 3 ein Lautsprecher, und der andere als ein Reflektor ausgebildet sind.

Die Figuren 1(b) zeigt ein Schnittbild A-A der Aggregiervorrichtung aus (a). Sichtbar ist der Querschnitt des Behälters 11. Die Erreger 3 sind an einer Oberfläche 113 des Behälters 11 angeordnet. Sie erzeugen jeweils die Schallwelle 5 gleicher Frequenz, Form und Amplitude. Da jeweils zwei Erreger 3 korrespondierend zueinander ausgebildet und einander gegenüberliegend angeordnet sind, wird die stehende Schallwelle 5 durch Interferenz erzeugt. Die jeweils von zwei einander korrespondierenden Erregern 3 erzeugten stehenden Schallwellen 5 sind hier durchgestrichelte Linien dargestellt. Ihre Form ist nur beispielhaft sinusförmig gewählt.

Die stehenden Schallwellen 5 weisen hier einen Druckknoten 51 mittig des Behälters 11 auf, sowie jeweils an einer Innenfläche 114 des Behälters 11 einen Druckbauch 52. Die Schallwellen 5 schwingen daher in ihrer Grundfrequenz. Es sind auch stehende Wellen 5, die in ihrer Grundfrequenz schwingen, erzeugbar, deren Druckbauch 52 in der Mitte 7 des Behälters 11 angeordnet ist, und deren Druckknoten 51 an der Innenfläche 114 angeordnet sind. Prinzipiell sind auch in Oberschwingungen schwingende Schallwellen 5 nutzbar.

Bei einem Flüssigwerkstoff 2, der den Innenraum 110 des Behälters 11 durchströmt, und dabei mit den stehenden Wellen 5 beaufschlagt wird, werden Feststoffpartikel und -fasern 211 (s. Fig. 1(d), (e)), die im Flüssigwerkstoff 2 enthalten sind, in den Druckknoten 51 oder in den Druckbauch 52 bewegt. Dargestellt ist hier beispielhaft ein Flüssigwerkstoff 2, dessen Feststoffpartikel und -fasern 211 sich dadurch in einem Bereich (nicht bezeichnet) um den Druckknoten 51 herum anreichern. Durch das Anreichern der Feststoffpartikel und -fasern 211 wird eine im Flüssigwerkstoff 2 enthaltene Flüssigkeit (nicht bezeichnet) nach außen, also zur Behälterinnenfläche 114 hin gedrückt. Entlang des sich konzentrisch um die Achse 7 erstreckenden Bereiches entsteht daher ein erster Werkstoffteil 21 mit aggregierten Feststoffpartikeln und -fasern 211. Der verbleibende Flüssigwerkstoff 2, im folgenden auch zweiter Werkstoffteil 22 genannt, enthält entsprechend weniger Feststoffpartikel und -fasern

211. Es sind hier prinzipiell aber auch Schallwellen 5 verwendbar, mit denen die Flüssigkeit des Flüssigwerkstoffs 2 nach innen gedrückt wird, so dass sich die Feststoffpartikel und -fasern 211 zur Behälterinnenfläche 114 hinbewegen.

5 Der Bereich, entlang dem sich der erste Werkstoffteil 21 anreichert, erstreckt sich etwa konzentrisch um eine die Druckknoten 51 verbindende Linie 77. Da der Flüssigwerkstoff 2 in Förderrichtung 4 gefördert wird, während er mit der Schallwelle 5 beaufschlagt wird, wird der erste Werkstoffteil 21 in Förderrichtung 4 gefördert. Zudem breiten sich die Schallwellen 5 im rechten Winkel 53 zur Förderrichtung 4 aus. Dadurch erstreckt sich die Linie 77 in  
10 Förderrichtung 4.

Im Gegensatz zur Aggregiervorrichtung 1 aus Fig. 1(a) und (b), bei der Erreger 3 in Umfangsrichtung 74 verteilt um den Behälter 11 angeordnet sind, weist die Aggregiervorrichtung 1 mit dem Querschnitt der Fig. 1 (c) nur zwei einander  
15 gegenüberliegende Reihen mit zueinander korrespondierenden Erregern 3 zum Erzeugen der Schallwellen 5 auf.

Figur 1 (d) zeigt ein Schnittbild der Aggregiervorrichtung 1 aus (a), wobei diese um einen rechten Drehwinkel um die Achse 7 gedreht dargestellt ist. Schematisch ist das Anreichern  
20 der Feststoffpartikel und -fasern 211 in dem Bereich um die Achse 7 dargestellt. Der Flüssigwerkstoff 2 wird in die Förderrichtung 4 durch den Behälter 11 gefördert. Die Feststoffpartikel und -fasern 211 werden dabei mit den stehenden Wellen 5 beaufschlagt. Sichtbar ist, dass sich die stehenden Wellen 5 in einer Ausbreitungsrichtung 54 quer zur Förderrichtung 4 ausbreiten.

25 Mit der Kraft der Schallwellen 5 werden die Feststoffpartikel und -fasern 211 durch das Beaufschlagen mit den Schallwellen 5 zum Druckknoten 51 bewegt und reichern sich dort an. Dabei wird die im Flüssigwerkstoff 2 enthaltene Flüssigkeit nach außen gedrückt. In dem Bereich konzentrisch um die Linie 77 entsteht der erste Werkstoffteil 21 mit den angereicherten, aggregierten Feststoffpartikeln und -fasern 211. Da der Behälter 11 einen kreisrunden Querschnitt aufweist und die Erreger 3 konzentrisch um die Achse 7 angeordnet sind, erstreckt sich die die Druckknoten 51 verbindende Linie 77 entlang der Achse 7.  
30

Zum Separieren des ersten Werkstoffteils 21 vom Flüssigwerkstoff 2 reicht der  
35 Behälterabzweig 12 in den Behälter 11 hinein. Er erstreckt sich konzentrisch zur Achse 7. Der Behälterabzweig 12 weist einen Abzweigzulauf 121 auf, der mittig des Behälters 11

angeordnet ist. Ein Durchmesser (nicht bezeichnet) des Behälterabzweigs 12 ist ausreichend groß gewählt, so dass der erste Werkstoffteil 21 durch den Abzweigzulauf 121 vom Behälterabzweig 12 aufgenommen wird.

5 Auch am Behälterabzweig 12 sind Erreger 3 vorgesehen. Diese sind hier in der den Behälterabzweig 12 begrenzenden Wand 115 angeordnet. Dadurch werden die Feststoffpartikel und -fasern 211 noch weiter in den Druckknoten 51 hinein und Flüssigkeit nach außen gedrückt. Es entsteht ein Gleitfilm 23, durch den der erste Werkstoffteil 21 trotz seiner zähflüssigen Konsistenz durch den Behälterabzweig 12 gefördert werden kann, ohne  
10 dass dieser verstopft.

Bei der Ausführungsform der Aggregiervorrichtung 1 der Fig. 1 (e) werden mit den an der Oberfläche 113 des Behälters 11 angeordneten Erregern 3 Schallwellen 5 erzeugt, deren Druckknoten 51 an der Innenfläche 114 des Behälters 11, und deren Druckbauch 52 mittig  
15 des Behälters 11 angeordnet sind. Dadurch wird die im Flüssigwerkstoff 2 enthaltene Flüssigkeit in die Mitte 7 und die Feststoffpartikel und -fasern 211 nach außen zur Behälterinnenfläche 114 hin gedrückt.

Mit dem Behälterabzweig 12 wird hier daher mittig des Behälters 11 der zweite, flüssige  
20 Werkstoffteil 22 abgeschöpft. Daher sind im oder am Behälterabzweig 12 keine weiteren Erreger 3 vorgesehen.

Um den Flüssigwerkstoff 2 trotz seiner pastösen Konsistenz ohne ein Verstopfen durch den Behälter 11 fördern zu können, ist es möglich, ihn vorab in ein Förderfluid 24 einzuleiten. Als  
25 Förderfluid 24 eignet sich je nach Flüssigwerkstoff 2 beispielsweise Wasser.

Ein Einleiten des Flüssigwerkstoffs 2 in das Förderfluid 24 zeigt Fig. 2 (a) schematisch. Der Behälter 11 wird in Förderrichtung 4 vom Förderfluid 24 durchströmt. Der Flüssigwerkstoff 2 wird durch einen Einfüllstutzen 116 mittig in den Behälter 11 eingeleitet. Dadurch umgibt das  
30 Förderfluid 24 den Flüssigwerkstoff 2.

Bei der Ausführungsform der Fig. 2 (b) ist als Mittel zum Separieren lediglich der Abzweigablauf 122 vorgesehen. Die Erreger 3 sind so positioniert, dass die mit ihnen erzeugten stehenden Schallwellen 5 einen Druckknoten 51 aufweisen, der in einer  
35 Raumrichtung 72 quer zur Förderrichtung 4 unterhalb des Abzweigablaufs 122 angeordnet sind. Die Linie 77, um die herum sich der erste Werkstoffteil 21 anreichert, liegt daher

unterhalb des Abzweigablaufs 122.

Figur 3 zeigt eine weitere Ausführungsform einer Aggregiervorrichtung 1. Als Mittel zur Aufnahme und/oder zum Fördern des Flüssigwerkstoffs 2 ist hier ein Behälter 11, nämlich ein Tank, vorgesehen. Der Tank 11 weist einen Behälterzulauf 111 am vorderen Ende 101 der Aggregiervorrichtung 1 und einen Behälterablauf 112 am hinteren Ende 102 der Aggregiervorrichtung 1 auf. Der Behälterzulauf 111 und der Behälterablauf 112 sind etwa auf derselben Höhe H des Tankes 11 angeordnet.

10 In einer Erstreckungsrichtung 71 des Tankes 11 sind voneinander beabstandet Erreger 3 angeordnet. Die Erreger 3 sind reihenweise in einer zweiten Raumrichtung 72 quer zur Erstreckungsrichtung 71 unterhalb und oberhalb des Tankes 11 angeordnet. Die Erreger 3 oberhalb des Tankes 11 sind so platziert, dass ein Flüssigkeitspegel 25 des Flüssigwerkstoffs 2 unterhalb der Erreger 3 verläuft. Jeweils ein Erreger 3, 31 oberhalb des Tankes 11 und ein Erreger 3, 32 unterhalb des Tankes 11 sind zueinander korrespondierend ausgebildet und erzeugen eine stehende Schallwelle 5. Die Schallwellen 5 breiten sich im Tank 11 aus und weisen einen Druckbauch 52 auf, der sich entlang der Linie 77 erstreckt. Die Linie 77 ist in der zweiten Raumrichtung 72 unterhalb der Höhe H des Behälterzulaufs 111 und des Behälterablaufs 112 angeordnet.

20 Die Feststoffpartikel und -fasern 211 des in den Tank 11 geförderten Flüssigwerkstoffs 22 werden mittels der Kraft der Schallwellen 5 zu den Druckknoten 51 bewegt. Da die Druckknoten 51 der in der zweiten Raumrichtung 72 oberhalb der Linie 77 angeordneten Erreger 3 außerhalb des Flüssigwerkstoffs 2 positioniert sind, reichern sich die Feststoffpartikel und -fasern 211 hier am Boden 117 des Tankes 11 an und bilden den ersten Werkstoffteil 21.

Als Mittel zum Separieren 12 ist ein Abzweigablauf 122 bodennah angeordnet, durch den der erste Werkstoffteil 21 in Förderrichtung 4 aus dem Tank 11 gefördert wird. Der zweite Werkstoffteil 22 fließt durch den in der Höhe H angeordneten Behälterablauf 112 ab. Bei dieser Ausführungsform der Aggregiervorrichtung 1 wird der Flüssigkeitsdruck zum Fördern des Flüssigwerkstoffs 2 genutzt. Es kann zudem ein weiteres Fördermittel 8, beispielsweise ein Liquidmultiplier, vorgesehen sein.

35 Bei der Aggregiervorrichtung der Fig. 4 ist als Behälter 11 zur Aufnahme und/oder zum Fördern des Flüssigwerkstoffs 2 ebenfalls ein Tank vorgesehen. Jedoch wird der mit der

Schallwelle 5 beaufschlagte Flüssigwerkstoff 2 hier zudem mittels eines Förderbandes 8 gefördert. Das Förderband 8 taucht dafür mit einem unteren Rücklaufende 85 in den Tank 11 und den Flüssigwerkstoff 2 ein. Es weist eine Förderbandfläche 81 auf, die eine Neigung 82 zur Horizontalen (nicht bezeichnet) aufweist. An einer Förderseile 83 des Förderbandes 8 wird die Förderbandfläche 81 in eine Förderrichtung 4 transportiert.

Die Erreger 3 sind reihenweise unterhalb und oberhalb der Förderbandfläche 81 angeordnet. Jeweils ein Erreger 3, 31 unterhalb und ein Erreger 3, 32 oberhalb der Förderbandfläche 81 wirken korrespondierend zueinander und erzeugen eine stehende Schallwelle 5.

10

Die Erreger 3 sind so platziert, dass sich ein Druckknoten 51 an der oder unterhalb der Förderbandfläche 81 bildet. Zu diesem Druckknoten 51 werden die Feststoffpartikel und -fasern 211 bewegt. Der erste Werkstoffteil 21 reichert sich daher an der Förderbandfläche 81 an. Bei unterhalb der Förderbandfläche 81 angeordneten Druckknoten 51 werden die Feststoffpartikel und -fasern 211 auf das Förderband 8 gedrückt. Er wird an einem oberen Rücklaufende 84 des Förderbandes 8 in einen Auffangbehälter 13 fallen gelassen. Das Förderband 8 wird hier daher auch als Mittel 12 zum Separieren des ersten Werkstoffteils 21 vom Flüssigwerkstoff 2 genutzt.

Die Flüssigkeit kann seitlich oder mittig des Förderbandes 8 abfließen und teilweise auch verdampft werden. Für den verdampfenden Flüssigwerkstoff 2 ist ein Rücklauf 9 vorgesehen, an dem dieser kondensiert. Der Rücklauf 9 ist schräg zur Horizontalen angeordnet, so dass die verdampfte Flüssigkeit in den Tank 11 zurück geleitet wird. Sie kann aber auch separat abgeleitet werden.

25

Ein solches Förderband 8 mit den Erregern 3 kann auch separat zum Verfestigen und Trocknen von Feststoffpartikeln und -fasern 211 genutzt werden. In Abhängigkeit vom Flüssigkeitsgrad des Flüssigwerkstoffs kann es das Mittel zur Aufnahme und/oder zum Fördern des Flüssigwerkstoffs bilden. Zusätzlich können Behälter für den Flüssigwerkstoff, den ersten und/oder den zweiten Werkstoffteil vorgesehen sein. Es eignet sich daher beispielsweise zum Trocknen und Verfestigen von Papier, Trocknen und Verfilzen von Textilien, Trocknen und Verfestigen von Klärschlamm und/oder von Küchenabfällen.

Die Fig. 5 (a) - (d) zeigen beispielhaft und schematisch die Befestigung von Erregern 3 zum Erzeugen einer Schallwelle 5 an einer Behälterwand 115. In den Fig. 5(a) und (b) weisen die Behälterwände eine Ausnehmung 119 auf.

In Fig. 5 (a) ist der Erreger 3 an der Oberfläche 113 der Behälterwand 115 fluchtend zur Ausnehmung 119 mittels einer Halteplatte 118 befestigt. Diese ist mit Befestigungsmitteln 91 wie beispielsweise Nieten oder Schrauben in der Behälterwand 115 festgelegt. Die Halteplatte 118 weist eine Aufnahme (nicht bezeichnet) für den Erreger 3 auf, die diesen umgibt. Sie ist elastisch ausgebildet, um die Ausnehmung 119 außenseitig abzudichten.

In Fig. 5 (b) ist der Erreger 3 in der Ausnehmung 119 angeordnet. Dafür sind mehrere Halteplatten 118 vorgesehen, die an der Innenfläche 114 und an der Oberfläche 113 der Behälterwand 115 angeordnet sind. Auch hier sind die Halteplatten 118 elastisch ausgebildet, um den Behälter 11 abzudichten. Zur Befestigung der Halteplatten 118 sind hier als Befestigungsmittel 91 Schrauben mit Muttern 92 vorgesehen.

Die Befestigung des Erregers 3 in Fig. 5 (c) entspricht der in Fig. 5 (a), wobei jedoch keine Ausnehmung in der Behälterwand vorgesehen ist. Stattdessen ist der Erreger flächig an der Oberfläche angeordnet. Dies hat den Vorteil, dass er nicht mit dem Flüssigwerkstoff 2 in Berührung kommt.

In Fig. 5 (d) ist der Erreger 3 an der Innenfläche 113 der Behälterwand 115 flächig angeordnet. Es sind ebenfalls Halteplatten 118 vorgesehen, die den Erreger 3 an der Behälterwand 115 halten. Auch hier sind zur Befestigung Nieten 91 vorgesehen.

Die Erreger 3 können aber auch an die Behälterwand 115, insbesondere an ihre Oberfläche 113, geklebt, genietet oder geheftet werden. Es ist weiterhin möglich, die Erreger 3 in den Behälterinnenraum 110 einzuhängen.

Fig. 6 zeigt eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Aggregiervorrichtung 1. Diese Aggregiervorrichtung 1 weist als Behälter 11 zum Transportieren des Flüssigwerkstoffs 2 ein Innenrohr auf. Zudem weist sie ein Außenrohr als Auffangbehälter 13 auf. Das Innenrohr 11 weist eine Vielzahl Austrittsöffnungen als Abzweigablauf 122 auf, die zum Ableiten der Flüssigkeit vorgesehen sind. Im Folgenden werden die Begriffe Behälter 11 und Innenrohr, Auffangbehälter 13 und Außenrohr sowie Austrittsöffnung und Abzweigablauf 122 synonym verwendet.

Der Flüssigwerkstoff 2 wird am vorderen Ende 101 in das Innenrohr 11 eingeleitet.

Die Erreger 3 sind am Innenrohr 11 angeordnet. Sie beaufschlagen den Flüssigwerkstoff 2 mit den akustischen Schallwellen 5. Dadurch werden die Feststoffpartikel und -fasern 211 mittels der Kraft der Schallwellen 5 zu den Druckknoten 51 oder den Druckbäuchen 52 hin bewegt. Dabei wird die sie umgebende Flüssigkeit in den zweiten Werkstoffteil 22 hinein verdrängt.

Die akustischen Schallwellen 5 sind hier so vorgesehen, dass sich die Feststoffpartikel und -fasern 211 in die Innenrohrmitte 7 hinein bewegen. Dafür werden hier als akustische Schallwellen 5 verschiedene Oberwellen genutzt. Die Anzahl der Druckknoten 51 und Druckbäuche 52 der Oberwellen verringert sich aber in Förderrichtung 4. Dadurch werden die Feststoffpartikel und -fasern 211 mit den Oberwellen in die Innenrohrmitte 7 hinein fokussiert.

Der erste, aggregierte Feststoffpartikel und -fasern 211 enthaltende Werkstoffteil 21 wird daher weiterhin durch das Innenrohr 11 gefördert. Der zweite, vornehmlich die Flüssigkeit enthaltende, Werkstoffteil 22 kann hingegen durch die Austrittsöffnungen 122 in das Außenrohr 13 abgeleitet werden.

Das Innenrohr 11 verjüngt sich in Förderrichtung 4. Ein Außendurchmesser (nicht bezeichnet) des Außenrohres 13 ist hingegen konstant. Dadurch bleibt der Gesamtquerschnitt, in dem der Flüssigwerkstoff 2 transportiert wird, erhalten. Es ist aber auch die Verwendung eines Innenrohrs 11 mit gleichbleibendem Durchmesser  $d_1$  bevorzugt.

Um den Transport des ersten Werkstoffteils 21 und/oder des zweiten Werkstoffteils 22 zu verbessern und/oder eine Phasentrennlinie zu schaffen, kann zudem im Innenrohr 11 und/oder im Außenrohr 13 ein Förderfluid 24 verwendet werden.

### **Aggregiervorrichtungen 1 und Verfahren mit Aerosolen 2**

Die Fig. 1a zeigt eine erste Ausführungsform einer Aggregiervorrichtung 1. Die Aggregiervorrichtung 1 umfasst zur Aufnahme und zum Fördern eines Aerosols 2 einen Behälter 11 (s. Fig. 1(d), (e)). Der Behälter 11 erstreckt sich in eine Erstreckungsrichtung 71. Der Behälter 11 weist hier einen runden Querschnitt auf und erstreckt sich konzentrisch zu einer Achse 7. Es sind aber auch Behälter 11 mit einem anderen Querschnitt, beispielsweise mit rechteckigem oder quadratischem Querschnitt, verwendbar. Der

Behälter 11 ist hohlzylindrisch ausgebildet und weist einen Innenraum 110 (s. Fig. 1(b), (c)) auf.

5 Zum Einlassen des Aerosols 2 weist der Behälter 11 einen Zulauf 111 auf, der in einer Förderrichtung 4 an einem vorderen Ende 102 des Behälters vorgesehen ist. Der Aerosol 2 wird mittels eines zusätzlichen Fördermittels 8 in Förderrichtung 4 durch den Behälter 11 gefördert. Als Fördermittel 8 ist hier schematisch ein Dyson gezeigt.

10 An einem in Förderrichtung 4 hinteren Ende 101 weist die Aggregiervorrichtung 1 ein Mittel zum Separieren 12 eines ersten Werkstoffteils 21 (s. Fig. 1(d), (e)) vom Aerosol 2 auf. Das Mittel zum Separieren 12 ist durch einen rohrförmigen Behälterabzweig gebildet. Der Behälterabzweig 12 weist einen Abzweigablauf 122 für den ersten Werkstoffteil 21 auf.

15 Zum Auslassen des Aerosols 2 weist der Behälter 11 einen Behälterablauf 112 auf. Der Behälterablauf 112 ist sich hier lediglich zur Verdeutlichung quer zur Erstreckungsrichtung 71 ausgerichtet.

20 Am Behälter 11 sind eine Vielzahl Erreger 3 zum Erzeugen einer akustischen Schallwelle 5 (s. Fig. 1(b) - (e)) vorgesehen. Diese sind in Erstreckungsrichtung 71 in Reihen (nicht bezeichnet) angeordnet und jeweils um einen Abstand  $a$  voneinander beabstandet. In einer Umfangsrichtung 74 zur Achse 7 sind die Reihen gleichmäßig verteilt angeordnet. Dabei sind die Erreger 3 benachbarter Reihen in Erstreckungsrichtung 3 zueinander versetzt.

25 Um eine stehende Schallwelle 5, vorzugsweise eine Ultraschallwelle, durch Welleninterferenz zu erzeugen, sind jeweils zwei zueinander korrespondierende Erreger 3 zum Erzeugen einer Schallwelle 5 gleicher Frequenz, Form und Amplitude einander gegenüberliegend angeordnet. Die zueinander korrespondierenden Erreger 3 sind als Lautsprecher ausgebildet und weisen ein piezoelektrisches Element (nicht dargestellt) zum Erzeugen der Schallwelle 5 auf. Alternativ ist es bevorzugt, dass einer der beiden Erreger 3  
30 ein Lautsprecher, und der andere als ein Reflektor ausgebildet sind.

Die Figuren 1(b) zeigt ein Schnittbild A-A der Aggregiervorrichtung aus (a). Sichtbar ist der Querschnitt des Behälters 11. Die Erreger 3 sind an einer Oberfläche 113 des Behälters 11 angeordnet. Sie erzeugen jeweils die Schallwelle 5 gleicher Frequenz, Form und Amplitude.  
35 Da jeweils zwei Erreger 3 korrespondierend zueinander ausgebildet und einander gegenüberliegend angeordnet sind, wird die stehende Schallwelle 5 durch Interferenz

erzeugt. Die jeweils von zwei einander korrespondierenden Erregern 3 erzeugten stehenden Schallwellen 5 sind hier durchgestrichelte Linien dargestellt. Ihre Form ist nur beispielhaft sinusförmig gewählt.

- 5 Die stehenden Schallwellen 5 weisen hier einen Druckknoten 51 mittig des Behälters 11 auf, sowie jeweils an einer Innenfläche 114 des Behälters 11 einen Druckbauch 52. Die Schallwellen 5 schwingen daher in ihrer Grundfrequenz. Es sind auch stehende Wellen 5, die in ihrer Grundfrequenz schwingen, erzeugbar, deren Druckbauch 52 in der Mitte 7 des Behälters 11 angeordnet ist, und deren Druckknoten 51 an der Innenfläche 114 angeordnet sind. Prinzipiell sind auch in Oberschwingungen schwingende Schallwellen 5 nutzbar.

Bei einem Aerosol 2, der den Innenraum 110 des Behälters 11 durchströmt, und dabei mit den stehenden Wellen 5 beaufschlagt wird, werden Feststoffpartikel und -fasern 211 (s. Fig. 1(d), (e)), die im Aerosol 2 enthalten sind, in den Druckknoten 51 oder in den Druckbauch 52 bewegt. Dargestellt ist hier beispielhaft ein Aerosol 2, dessen Feststoffpartikel und -fasern 211 sich dadurch in einem Bereich (nicht bezeichnet) um den Druckknoten 51 herum anreichern. Durch das Anreichern der Feststoffpartikel und -fasern 211 wird eine im Aerosol 2 enthaltene Flüssigkeit (nicht bezeichnet) nach außen, also zur Behälterinnenfläche 114 hin gedrückt. Entlang des sich konzentrisch um die Achse 7 erstreckenden Bereiches entsteht daher ein erster Werkstoffteil 21 mit aggregierten Feststoffpartikeln und -fasern 211. Der verbleibende Aerosol 2, im folgenden auch zweiter Werkstoffteil 22 genannt, enthält entsprechend weniger Feststoffpartikel und -fasern 211. Es sind hier prinzipiell aber auch Schallwellen 5 verwendbar, mit denen die Flüssigkeit des Aerosols 2 nach innen gedrückt wird, so dass sich die Feststoffpartikel und -fasern 211 zur Behälterinnenfläche 114 hinbewegen.

Der Bereich, entlang dem sich der erste Werkstoffteil 21 anreichert, erstreckt sich etwa konzentrisch um eine die Druckknoten 51 verbindende Linie 77. Da der Aerosol 2 in Förderrichtung 4 gefördert wird, während er mit der Schallwelle 5 beaufschlagt wird, wird der erste Werkstoffteil 21 in Förderrichtung 4 gefördert. Zudem breiten sich die Schallwellen 5 im rechten Winkel 53 zur Förderrichtung 4 aus. Dadurch erstreckt sich die Linie 77 in Förderrichtung 4.

Im Gegensatz zur Aggregiervorrichtung 1 aus Fig. 1(a) und (b), bei der Erreger 3 in Umfangsrichtung 74 verteilt um den Behälter 11 angeordnet sind, weist die Aggregiervorrichtung 1 mit dem Querschnitt der Fig. 1 (c) nur zwei einander

gegenüberliegende Reihen mit zueinander korrespondierenden Erregern 3 zum Erzeugen der Schallwellen 5 auf.

Figur 1 (d) zeigt ein Schnittbild der Aggregiervorrichtung 1 aus (a), wobei diese um einen rechten Drehwinkel um die Achse 7 gedreht dargestellt ist. Schematisch ist das Anreichern der Feststoffpartikel und -fasern 211 in dem Bereich um die Achse 7 dargestellt. Der Aerosol 2 wird in die Förderrichtung 4 durch den Behälter 11 gefördert. Die Feststoffpartikel und -fasern 211 werden dabei mit den stehenden Wellen 5 beaufschlagt. Sichtbar ist, dass sich die stehenden Wellen 5 in einer Ausbreitungsrichtung 54 quer zur Förderrichtung 4 ausbreiten.

Mit der Kraft der Schallwellen 5 werden die Feststoffpartikel und -fasern 211 durch das Beaufschlagen mit den Schallwellen 5 zum Druckknoten 51 bewegt und reichern sich dort an. Dabei wird die im Aerosol 2 enthaltene Flüssigkeit nach außen gedrückt. In dem Bereich konzentrisch um die Linie 77 entsteht der erste Werkstoffteil 21 mit den angereicherten, aggregierten Feststoffpartikeln und -fasern 211. Da der Behälter 11 einen kreisrunden Querschnitt aufweist und die Erreger 3 konzentrisch um die Achse 7 angeordnet sind, erstreckt sich die die Druckknoten 51 verbindende Linie 77 entlang der Achse 7.

Zum Separieren des ersten Werkstoffteils 21 vom Aerosol 2 reicht der Behälterabzweig 12 in den Behälter 11 hinein. Er erstreckt sich konzentrisch zur Achse 7. Der Behälterabzweig 12 weist einen Abzweigzulauf 121 auf, der mittig des Behälters 11 angeordnet ist. Ein Durchmesser (nicht bezeichnet) des Behälterabzweigs 12 ist ausreichend groß gewählt, so dass der erste Werkstoffteil 21 durch den Abzweigzulauf 121 vom Behälterabzweig 12 aufgenommen wird.

Auch am Behälterabzweig 12 sind Erreger 3 vorgesehen. Diese sind hier in der den Behälterabzweig 12 begrenzenden Wand 115 angeordnet. Dadurch werden die Feststoffpartikel und -fasern 211 noch weiter in den Druckknoten 51 hinein und Flüssigkeit nach außen gedrückt. Es entsteht ein Gleitfilm 23, durch den der erste Werkstoffteil 21 trotz seiner zähflüssigen Konsistenz durch den Behälterabzweig 12 gefördert werden kann, ohne dass dieser verstopft.

Bei der Ausführungsform der Aggregiervorrichtung 1 der Fig. 1 (e) werden mit den an der Oberfläche 113 des Behälters 11 angeordneten Erregern 3 Schallwellen 5 erzeugt, deren Druckknoten 51 an der Innenfläche 114 des Behälters 11, und deren Druckbauch 52 mittig

des Behälters 11 angeordnet sind. Dadurch wird die im Aerosol 2 enthaltene Flüssigkeit in die Mitte 7 und die Feststoffpartikel und -fasern 211 nach außen zur Behälterinnenfläche 114 hin gedrückt.

- 5 Mit dem Behälterabzweig 12 wird hier daher mittig des Behälters 11 der zweite, flüssige Werkstoffteil 22 abgeschöpft. Daher sind im oder am Behälterabzweig 12 keine weiteren Erreger 3 vorgesehen.

Um den Aerosol 2 trotz seiner pastösen Konsistenz ohne ein Verstopfen durch den Behälter  
10 11 fördern zu können, ist es möglich, ihn vorab in ein Förderfluid 24 einzuleiten. Als Förderfluid 24 eignet sich je nach Aerosol 2 beispielsweise Wasser.

Ein Einleiten des Aerosols 2 in das Förderfluid 24 zeigt Fig. 2 (a) schematisch. Der Behälter  
11 wird in Förderrichtung 4 vom Förderfluid 24 durchströmt. Der Aerosol 2 wird durch einen  
15 Einfüllstutzen 116 mittig in den Behälter 11 eingeleitet. Dadurch umgibt das Förderfluid 24 den Aerosol 2.

Bei der Ausführungsform der Fig. 2 (b) ist als Mittel zum Separieren lediglich der  
Abzweigablauf 122 vorgesehen. Die Erreger 3 sind so positioniert, dass die mit ihnen  
20 erzeugten stehenden Schallwellen 5 einen Druckknoten 51 aufweisen, der in einer Raumrichtung 72 quer zur Förderrichtung 4 unterhalb des Abzweigablaufs 122 angeordnet sind. Die Linie 77, um die herum sich der erste Werkstoffteil 21 anreichert, liegt daher unterhalb des Abzweigablaufs 122.

25 Figur 3 zeigt eine weitere Ausführungsform einer Aggregiervorrichtung 1. Als Mittel zur Aufnahme und/oder zum Fördern des Aerosols 2 ist hier ein Behälter 11, nämlich ein Tank, vorgesehen. Der Tank 11 weist einen Behälterzulauf 111 am vorderen Ende 101 der Aggregiervorrichtung 1 und einen Behälterablauf 112 am hinteren Ende 102 der Aggregiervorrichtung 1 auf. Der Behälterzulauf 111 und der Behälterablauf 112 sind etwa auf  
30 derselben Höhe H des Tankes 11 angeordnet.

In einer Erstreckungsrichtung 71 des Tankes 11 sind voneinander beabstandet Erreger 3  
angeordnet. Die Erreger 3 sind reihenweise in einer zweiten Raumrichtung 72 quer zur  
Erstreckungsrichtung 71 unterhalb und oberhalb des Tankes 11 angeordnet. Die Erreger 3  
35 oberhalb des Tankes 11 sind so platziert, dass ein Flüssigkeitspegel 25 des Aerosols 2 unterhalb der Erreger 3 verläuft. Jeweils ein Erreger 3, 31 oberhalb des Tankes 11 und ein

Erreger 3, 32 unterhalb des Tankes 11 sind zueinander korrespondierend ausgebildet und erzeugen eine stehende Schallwelle 5. Die Schallwellen 5 breiten sich im Tank 11 aus und weisen einen Druckbauch 52 auf, der sich entlang der Linie 77 erstreckt. Die Linie 77 ist in der zweiten Raumrichtung 72 unterhalb der Höhe H des Behälterzulaufs 111 und des Behälterablaufs 112 angeordnet.

Die Feststoffpartikel und -fasern 211 des in den Tank 11 geförderten Aerosols 22 werden mittels der Kraft der Schallwellen 5 zu den Druckknoten 51 bewegt. Da die Druckknoten 51 der in der zweiten Raumrichtung 72 oberhalb der Linie 77 angeordneten Erreger 3 außerhalb des Aerosols 2 positioniert sind, reichern sich die Feststoffpartikel und -fasern 211 hier am Boden 117 des Tankes 11 an und bilden den ersten Werkstoffteil 21.

Als Mittel zum Separieren 12 ist ein Abzweigablauf 122 bodennah angeordnet, durch den der erste Werkstoffteil 21 in Förderrichtung 4 aus dem Tank 11 gefördert wird. Der zweite Werkstoffteil 22 fließt durch den in der Höhe H angeordneten Behälterablauf 112 ab. Bei dieser Ausführungsform der Aggregiervorrichtung 1 wird der Flüssigkeitsdruck zum Fördern des Aerosols 2 genutzt. Es kann zudem ein weiteres Fördermittel 8, beispielsweise ein Liquidmultiplier, vorgesehen sein.

Bei der Aggregiervorrichtung der Fig. 4 ist als Behälter 11 zur Aufnahme und/oder zum Fördern des Aerosols 2 ebenfalls ein Tank vorgesehen. Jedoch wird der mit der Schallwelle 5 beaufschlagte Aerosol 2 hier zudem mittels eines Förderbandes 8 gefördert. Das Förderband 8 taucht dafür mit einem unteren Rücklaufende 85 in den Tank 11 und den Aerosol 2 ein. Es weist eine Förderbandfläche 81 auf, die eine Neigung 82 zur Horizontalen (nicht bezeichnet) aufweist. An einer Förderseile 83 des Förderbandes 8 wird die Förderbandfläche 81 in eine Förderrichtung 4 transportiert.

Die Erreger 3 sind reihenweise unterhalb und oberhalb der Förderbandfläche 81 angeordnet. Jeweils ein Erreger 3, 31 unterhalb und ein Erreger 3, 32 oberhalb der Förderbandfläche 81 wirken korrespondierend zueinander und erzeugen eine stehende Schallwelle 5.

Die Erreger 3 sind so platziert, dass sich ein Druckknoten 51 an der oder unterhalb der Förderbandfläche 81 bildet. Zu diesem Druckknoten 51 werden die Feststoffpartikel und -fasern 211 bewegt. Der erste Werkstoffteil 21 reichert sich daher an der Förderbandfläche 81 an. Bei unterhalb der Förderbandfläche 81 angeordneten Druckknoten 51 werden die Feststoffpartikel und -fasern 211 auf das Förderband 8 gedrückt. Er wird an einem oberen

Rücklaufende 84 des Förderbandes 8 in einen Auffangbehälter 13 fallen gelassen. Das Förderband 8 wird hier daher auch als Mittel 12 zum Separieren des ersten Werkstoffteils 21 vom Aerosol 2 genutzt.

- 5 Flüssigkeit kann seitlich oder mittig des Förderbandes 8 abfließen und teilweise auch verdampft werden. Für den verdampfenden Aerosol 2 ist ein Rücklauf 9 vorgesehen, an dem dieser kondensiert. Der Rücklauf 9 ist schräg zur Horizontalen angeordnet, so dass die verdampfte Flüssigkeit in den Tank 11 zurück geleitet wird. Sie kann aber auch separat abgeleitet werden.

10

- Ein solches Förderband 8 mit den Erregern 3 kann auch separat zum Verfestigen und Trocknen von Feststoffpartikeln und -fasern 211 genutzt werden. In Abhängigkeit vom Flüssigkeitsgrad des Aerosols kann es das Mittel zur Aufnahme und/oder zum Fördern des Aerosols bilden. Zusätzlich können Behälter für den Aerosol, den ersten und/oder den  
15 zweiten Werkstoffteil vorgesehen sein. Es eignet sich daher beispielsweise zum Trocknen und Verfestigen von Papier, Trocknen und Verfilzen von Textilien, Trocknen und Verfestigen von Klärschlamm und/oder von Küchenabfällen.

- Die Fig. 5 (a) - (d) zeigen beispielhaft und schematisch die Befestigung von Erregern 3 zum Erzeugen einer Schallwelle 5 an einer Behälterwand 115. In den Fig. 5(a) und  
20 (b) weisen die Behälterwände eine Ausnehmung 119 auf.

- In Fig. 5 (a) ist der Erreger 3 an der Oberfläche 113 der Behälterwand 115 fluchtend zur Ausnehmung 119 mittels einer Halteplatte 118 befestigt. Diese ist mit Befestigungsmitteln  
25 91 wie beispielsweise Nieten oder Schrauben in der Behälterwand 115 festgelegt. Die Halteplatte 118 weist eine Aufnahme (nicht bezeichnet) für den Erreger 3 auf, die diesen umgibt. Sie ist elastisch ausgebildet, um die Ausnehmung 119 außenseitig abzudichten.

- In Fig. 5 (b) ist der Erreger 3 in der Ausnehmung 119 angeordnet. Dafür sind mehrere  
30 Halteplatten 118 vorgesehen, die an der Innenfläche 114 und an der Oberfläche 113 der Behälterwand 115 angeordnet sind. Auch hier sind die Halteplatten 118 elastisch ausgebildet, um den Behälter 11 abzudichten. Zur Befestigung der Halteplatten 118 sind hier als Befestigungsmittel 91 Schrauben mit Muttern 92 vorgesehen.

- 35 Die Befestigung des Erregers 3 in Fig. 5 (c) entspricht der in Fig. 5 (a), wobei jedoch keine Ausnehmung in der Behälterwand vorgesehen ist. Stattdessen ist der Erreger flächig an der

Oberfläche angeordnet. Dies hat den Vorteil, dass er nicht mit dem Aerosol 2 in Berührung kommt.

In Fig. 5 (d) ist der Erreger 3 an der Innenfläche 113 der Behälterwand 115 flächig angeordnet. Es sind ebenfalls Halteplatten 118 vorgesehen, die den Erreger 3 an der Behälterwand 115 halten. Auch hier sind zur Befestigung Nieten 91 vorgesehen.

Die Erreger 3 können aber auch an die Behälterwand 115, insbesondere an ihre Oberfläche 113, geklebt, genietet oder geheftet werden. Es ist weiterhin möglich, die Erreger 3 in den Behälterinnenraum 110 einzuhängen.

Fig. 6 zeigt eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Aggregiervorrichtung 1. Diese Aggregiervorrichtung 1 weist als Behälter 11 zum Transportieren des Aerosols 2 ein Innenrohr auf. Zudem weist sie ein Außenrohr als Auffangbehälter 13 auf. Das Innenrohr 11 weist eine Vielzahl Austrittsöffnungen als Abzweigablauf 122 auf, die zum Ableiten der Flüssigkeit vorgesehen sind. Im Folgenden werden die Begriffe Behälter 11 und Innenrohr, Auffangbehälter 13 und Außenrohr sowie Austrittsöffnung und Abzweigablauf 122 synonym verwendet.

Der Aerosol 2 wird am vorderen Ende 101 in das Innenrohr 11 eingeleitet.

Die Erreger 3 sind am Innenrohr 11 angeordnet. Sie beaufschlagen den Aerosol 2 mit den akustischen Schallwellen 5. Dadurch werden die Feststoffpartikel und -fasern 211 mittels der Kraft der Schallwellen 5 zu den Druckknoten 51 oder den Druckbäuchen 52 hin bewegt. Dabei wird die sie umgebende Flüssigkeit in den zweiten Werkstoffteil 22 hinein verdrängt.

Die akustischen Schallwellen 5 sind hier so vorgesehen, dass sich die Feststoffpartikel und -fasern 211 in die Innenrohrmitte 7 hinein bewegen. Dafür werden hier als akustische Schallwellen 5 verschiedene Oberwellen genutzt. Die Anzahl der Druckknoten 51 und Druckbäuche 52 der Oberwellen verringert sich aber in Förderrichtung 4. Dadurch werden die Feststoffpartikel und -fasern 211 mit den Oberwellen in die Innenrohrmitte 7 hinein fokussiert.

Der erste, aggregierte Feststoffpartikel und -fasern 211 enthaltende Werkstoffteil 21 wird daher weiterhin durch das Innenrohr 11 gefördert. Der zweite, vornehmlich die Flüssigkeit

enthaltende, Werkstoffteil 22 kann hingegen durch die Austrittsöffnungen 122 in das Außenrohr 13 abgeleitet werden.

Das Innenrohr 11 verjüngt sich in Förderrichtung 4. Ein Außendurchmesser (nicht  
5 bezeichnet) des Außenrohres 13 ist hingegen konstant. Dadurch bleibt der Gesamtquerschnitt, in dem der Aerosol 2 transportiert wird, erhalten. Es ist aber auch die Verwendung eines Innenrohrs 11 mit gleichbleibendem Durchmesser  $d_1$  bevorzugt.

Um den Transport des ersten Werkstoffteils 21 und/oder des zweiten Werkstoffteils 22 zu  
10 verbessern und/oder eine Phasentrennlinie zu schaffen, kann zudem im Innenrohr 11 und/oder im Außenrohr 13 ein Förderfluid 24 verwendet werden.

**Patentansprüche**

1. Verfahren zur Abscheidung und/oder Reinigung von Aerosolen und Feststoffpartikeln und -fasern aus Gasen sowie von Feststoffpartikeln und -fasern aus Flüssigwerkstoffen durch Kondensation, Aggregation, Agglomeration, Zusammenpressen, Auftrennung, Abscheidung und/oder Konzentrationsveränderungen von Bestandteilen des Aerosols und/oder der Feststoffpartikel und/oder Feststofffasern in mindestens einer Aggregiervorrichtung (1) , dadurch gekennzeichnet, dass

A) mindestens ein Typ von Aerosol (2) und/oder mindestens ein Typ von Flüssigwerkstoff (2) mithilfe mindestens eines Fördermittels (8), ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus einem Förderband, einem Flüssigkeitsdruck, einer Flüssigkeitssäule und einer Flüssigkeitswelle des Flüssigwerkstoffs, in Förderrichtung modulierten Schallwellen, einer Zentrifugalkraft, einer Zentripedalkraft, einer Corioliskraft, der Gravitation, einem Injektor, einem Venturi, einem Diffusor, einem Liquidmultiplier, einem Gasmultiplier, einem Dyson, einer Mantelturbine, einem Deltaflügelkonzentrator, einem Ringventuri, einer Magnuseffektturbine, einem Berwian oder Berliner Windkraftanlage, einer passiven und aktiven Konvektion, Effusion und Diffusion, in mindestens eine Förderrichtung (4) in mindestens einer Aggregiervorrichtung (1) gefördert wird,

B) wobei der mindestens eine Typ von Aerosol (2) und/oder mindestens ein Typ von Flüssigwerkstoff (2) währenddessen mit mindestens einer akustischen Schallwelle (5) so beaufschlagt wird oder werden, dass die Aerosole und Feststoffpartikel und -fasern aus den Gasen und/oder die Feststoffpartikel und -fasern aus den Flüssigwerkstoffen, dass die Aerosole und/oder Feststoffpartikel und -fasern (211) mittels der Kraft der mindestens einen Schallwelle (5) zu mindestens einem Drucknoten (51) oder zu einem Druckbauch (52) hin bewegen und wobei

C) mindestens ein erster, kondensierte Flüssigkeiten und/oder aggregierte Feststoffe (211) enthaltender Werkstoffteil (21) anschließend von dem mindestens einen Aerosol (2) und/oder dem mindestens einen Flüssigwerkstoff (2) separiert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Fördermittel (8) aus der Gruppe, bestehend aus einem Förderband, einem Injektor, einem Venturi, einem Diffusor, einem Liquidmultiplier, einem Gasmultiplier, einem Dyson, einer Mantelturbine, einem Deltaflügelkonzentrator, einem Ringventuri und einer Magnuseffektturbine, ausgewählt ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Schallwellen (5) dynamisch digital über die Phase unterschiedlicher Wellen gesteuert werden, sodass die Druckknoten (51) und die Druckbäuche (52) in der mindestens einen Aggregiervorrichtung (1) kontrolliert zu vorgewählten Stellen bewegt werden können.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerung der individuellen Druckknoten (51) und der Druckbäuche (52) mithilfe einer Kombination von booleschen Logikgattern erfolgt.
5. Aggregiervorrichtung (1) zur Abscheidung und/oder Reinigung von Aerosolen und Feststoffpartikeln und -fasern aus Gasen sowie von Feststoffpartikeln und -fasern aus Flüssigwerkstoffen durch Kondensation, Aggregation, Agglomeration, Zusammenpressen, Auftrennung, Abscheidung und/oder Konzentrationsveränderungen von Bestandteilen des Aerosols und/oder der Feststoffpartikel und/oder Feststofffasern, umfassend
- I) mindestens ein Fördermittel (8), ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus einem Förderband, einem Flüssigkeitsdruck, einer Flüssigkeitssäule und einer Flüssigkeitswelle des Flüssigwerkstoffs, in Förderrichtung modulierten Schallwellen, einer Zentrifugalkraft, einer Zentripedalkraft, einer Corioliskraft, der Gravitation, einem Injektor, einem Venturi, einem Diffusor, einem Liquidmultiplier, einem Gasmultiplier, einem Dyson, einer Mantelturbine, einem Deltaflügelkonzentrator, einem Ringventuri, einer Magnuseffektturbine, einem Berwian oder Berliner Windkraftanlage, einer passiven und aktiven Konvektion, Effusion und Diffusion, zur Aufnahme und/oder Förderung mindestens eines Typs von Aerosol (2) und/oder mindestens eines Typs von Flüssigwerkstoff (2) in mindestens eine Förderrichtung (4) in der Aggregiervorrichtung (1),
- II) mindestens einen Erreger (3) zum Erzeugen mindestens einer akustischen Schallwelle (5), die zum Beaufschlagen des mindestens einen Typs eines

Aerosols (2) und/oder des mindestens einen Typs eines Flüssigwerkstoffs (2) vorgesehen ist, und

III) mindestens ein Mittel (12) zum Separieren mindestens eines ersten, kondensierte Flüssigkeiten und/oder aggregierte Feststoffe (211) enthaltenden Werkstoffteils (21) von dem mindestens einen Typ eines Aerosols (2) und/oder des mindestens einen Typs eines Flüssigwerkstoffs (2).

6. Aggregiervorrichtung (1) nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das mindestens eine Fördermittel (8) aus der Gruppe, bestehend aus einem Förderband, einem Injektor, einem Venturi, einem Diffusor, einem Liquidmultiplier, einem Gasmultiplier, einer Mantelturbine, einem Deltaflügelkonzentrator, einem Ringventuri und einer Magnuseffektturbine, ausgewählt ist.

7. Aggregiervorrichtung (1) nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass das mindestens eine Fördermittel (8) des Weiteren mindestens einen Behälter (11) umfasst.

8. Aggregiervorrichtung (1) nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Behälter (11) mindestens ein Rohr, mindestens einen Tank und/oder mindestens einen Behälter mit mindestens zwei parallel zueinander angeordneter flächenförmiger Platten, auf denen jeweils mindestens zwei Erreger (3) und/oder mindestens ein Erreger (3) und ein Reflektor einander gegenüber angeordnet sind.

9. Aggregiervorrichtung (1) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die von den mindestens zwei Paaren einander zugeordneten Erregern (3) emittierten Schallwellen (5) dynamisch digital über die Phase unterschiedlicher Wellen mithilfe einer Kombination von booleschen Logikgattern steuerbar sind, sodass die Druckknoten (51) und die Druckbäuche (52) in der mindestens einen Aggregiervorrichtung (1) kontrolliert zu vorgewählten Stellen bewegbar sind.

10. Aggregiervorrichtung (1) nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die flächenförmigen Platten PCB-Platten sind.

11. Aggregiervorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 5 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass sie in mindestens einem geschlossenen Gaskreislauf integriert ist und/oder in

einem Raumübergang angeordnet ist und/oder mit einer Wärmerückgewinnung kombiniert ist und/oder einem Luftfilter vorgeschaltet und/oder nachgeschaltet ist.

12. Aggregiervorrichtung (1) nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Luftfilter  
5 ein HEPA-Filter ist.
13. Aggregiervorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 5 bis 12, dadurch gekennzeichnet,  
dass sie mindestens einen Strahler zum Bestrahlen der mindestens einen ersten,  
kondensierte Flüssigkeiten und/oder aggregierte Feststoffe (211) enthaltenden  
10 Werkstoffteil (21) aufweist.
14. Verwendung der Aggregiervorrichtung (1) gemäß einem der Ansprüche 5 bis 13  
und/oder des Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4 zur Entsorgung von  
Flüssigabfällen, Gärresten, tierischen Abfällen, Gülle, Schlachtabfälle, Jauche,  
15 Exkrementen, Küchenabfall, Bioabfall, organischen und/oder anorganischen Partikeln und  
Faserwerkstoffen in einer Flüssigkeit, Biogasanlagenabfall,  
Oberflächenbeschichtungsmitteln, Lackresten, Klärschlamm und/oder Effluent und/oder  
Aerosolen, die Farben, Lacke, Versiegelungsmittel und/oder Fasermaterial enthalten,  
zur Zerstörung von Mikroorganismen, insbesondere Bakterien, zur Reinigung von Luft  
20 im Haus, in Klimaanlage, in der medizinischen Beatmung in geschlossenen  
Fortbewegungsmitteln, insbesondere Automobilen, Lastkraftwagen, Bussen, Zügen,  
Schiffen und Flugzeugen, sowie bei Zellkulturen.
15. Lackiervorrichtung (10) mit mindestens einer Aggregiervorrichtung (1) gemäß einem der  
25 Ansprüche 5 bis 13 zur Durchführung des Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis  
4.

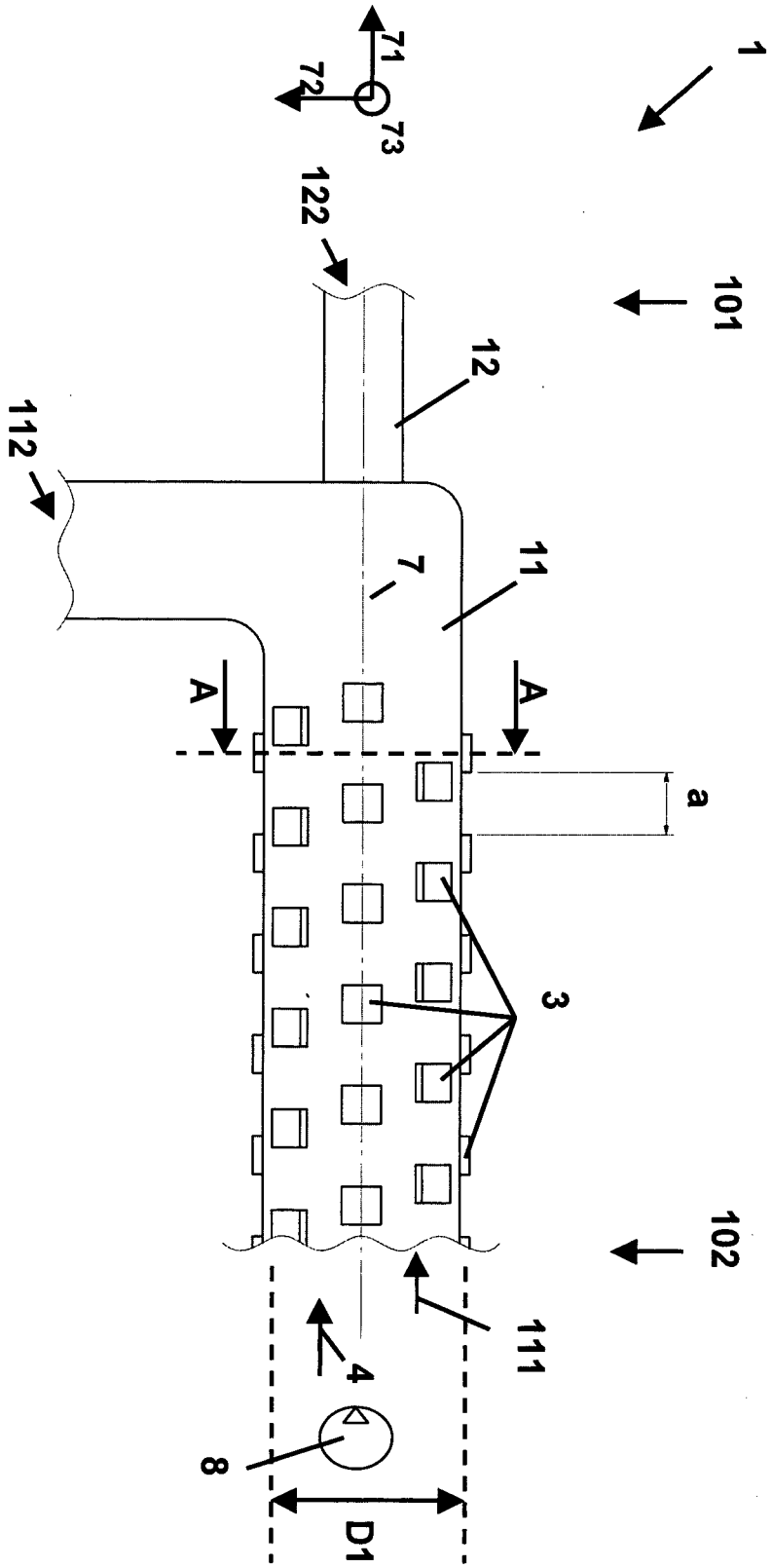


Fig. 1 (a)

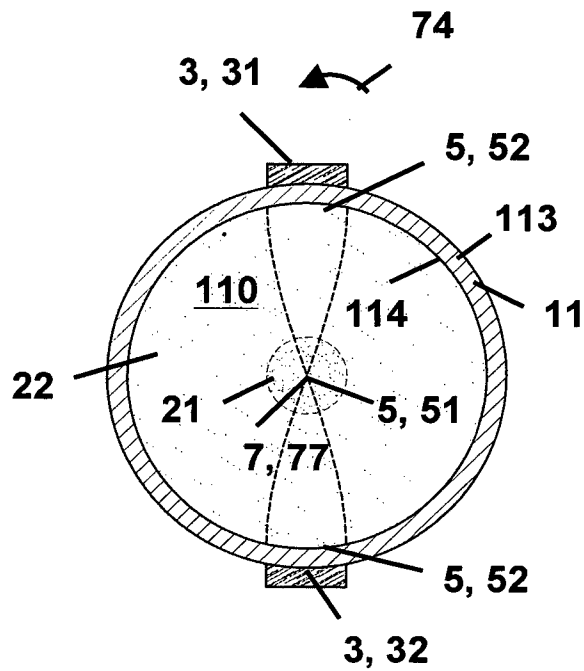


Fig. 1 (c)

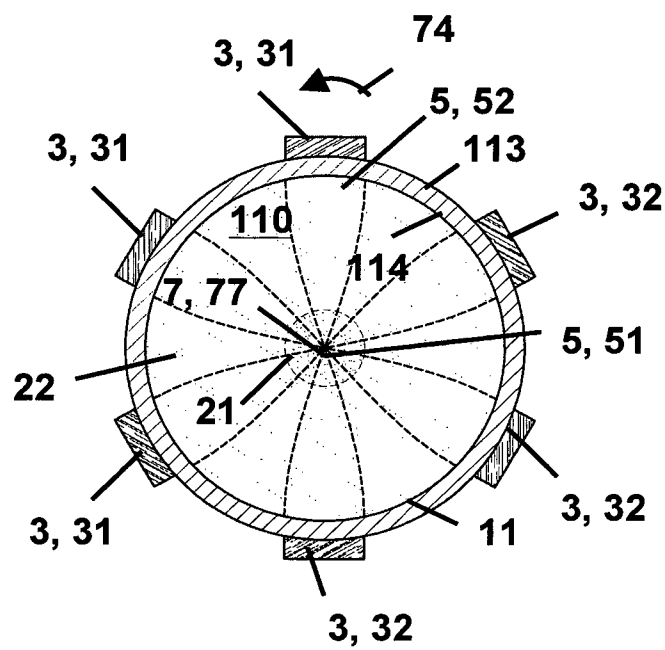


Fig. 1 (b)

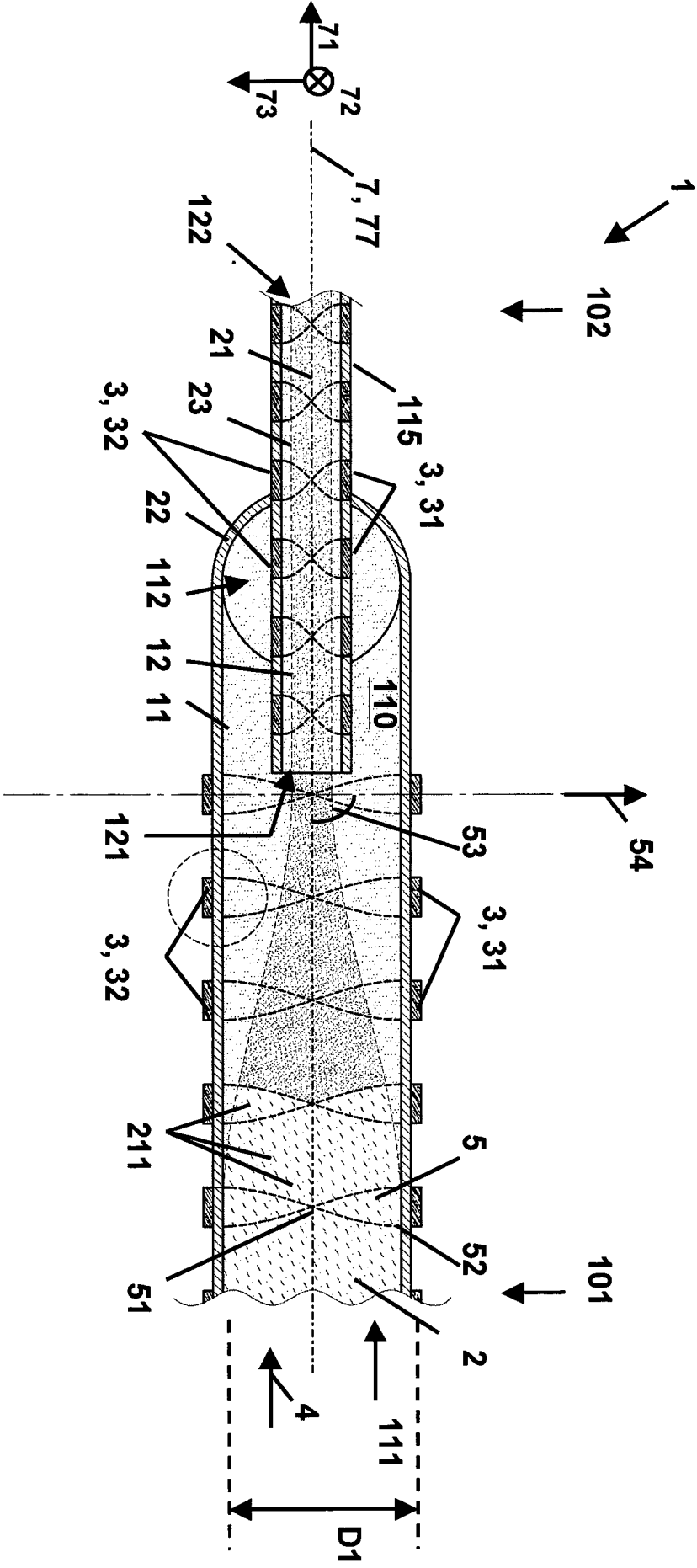
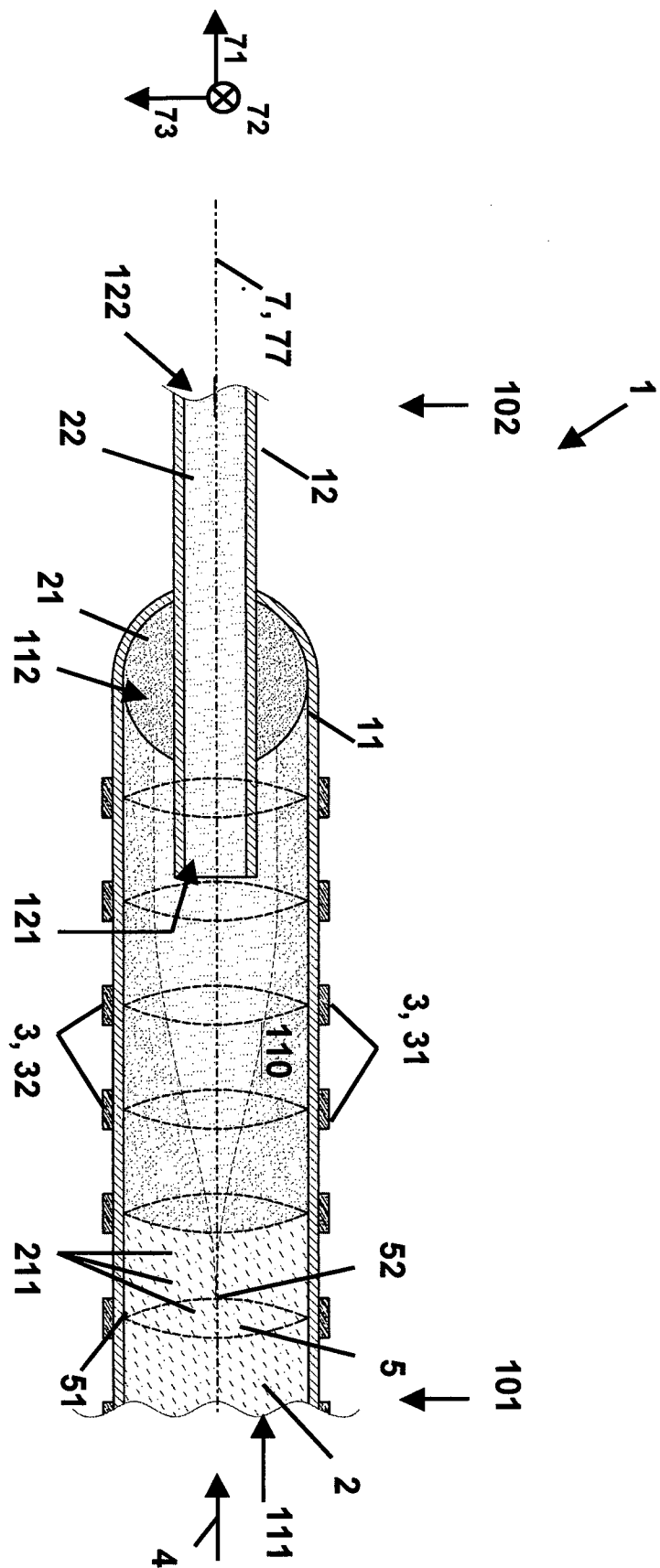
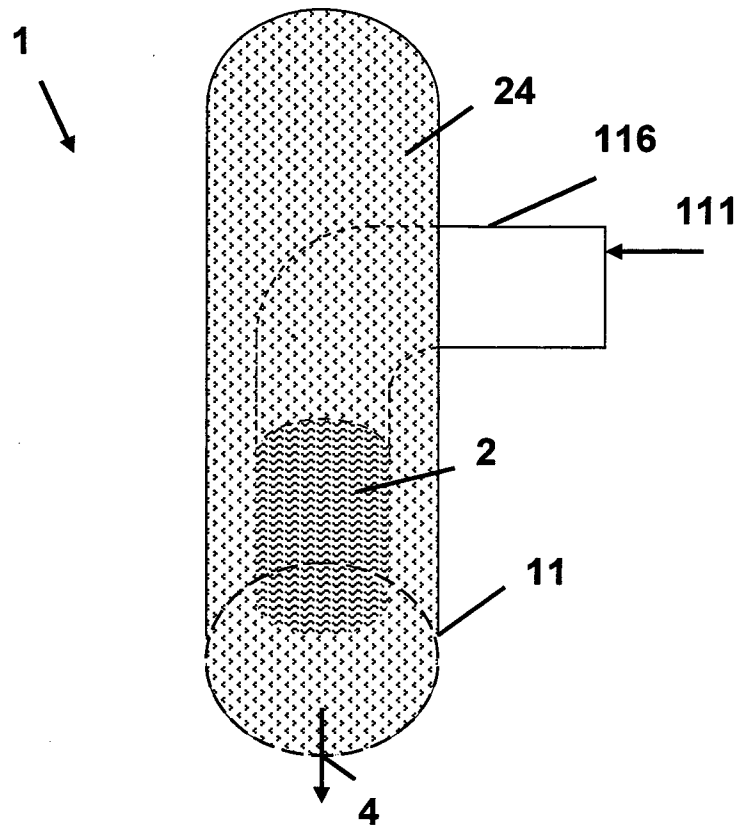


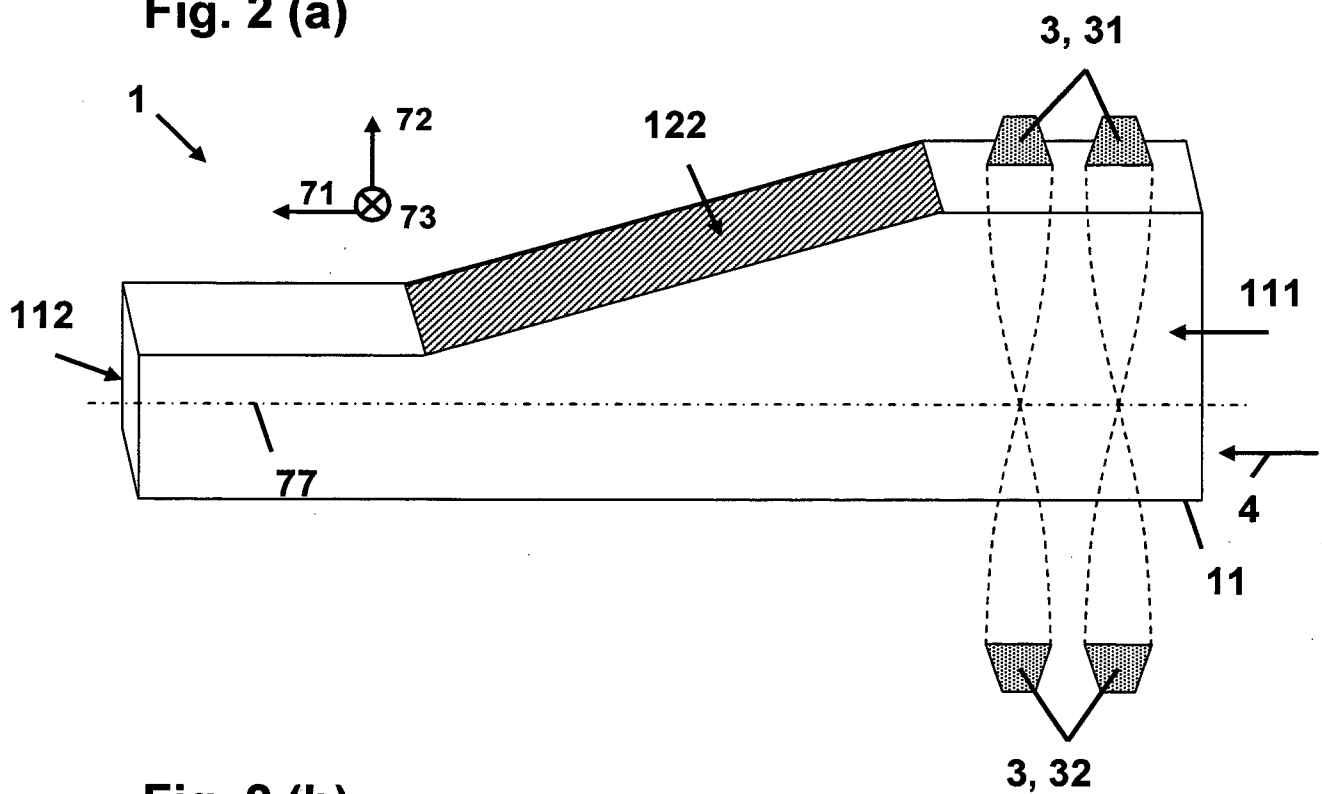
Fig. 1 (d)



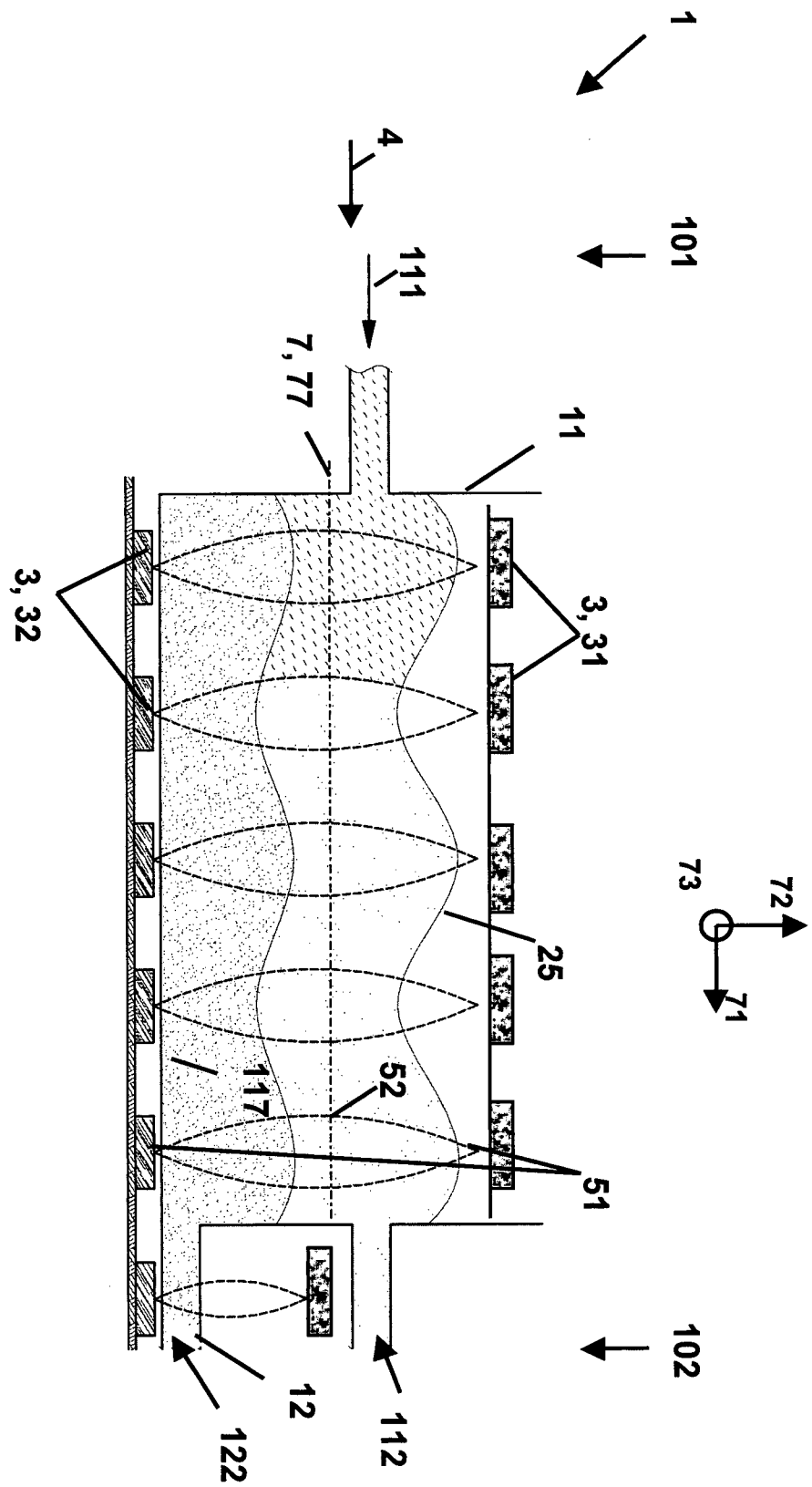
**Fig. 1 (e)**



**Fig. 2 (a)**



**Fig. 2 (b)**



**Fig. 3**

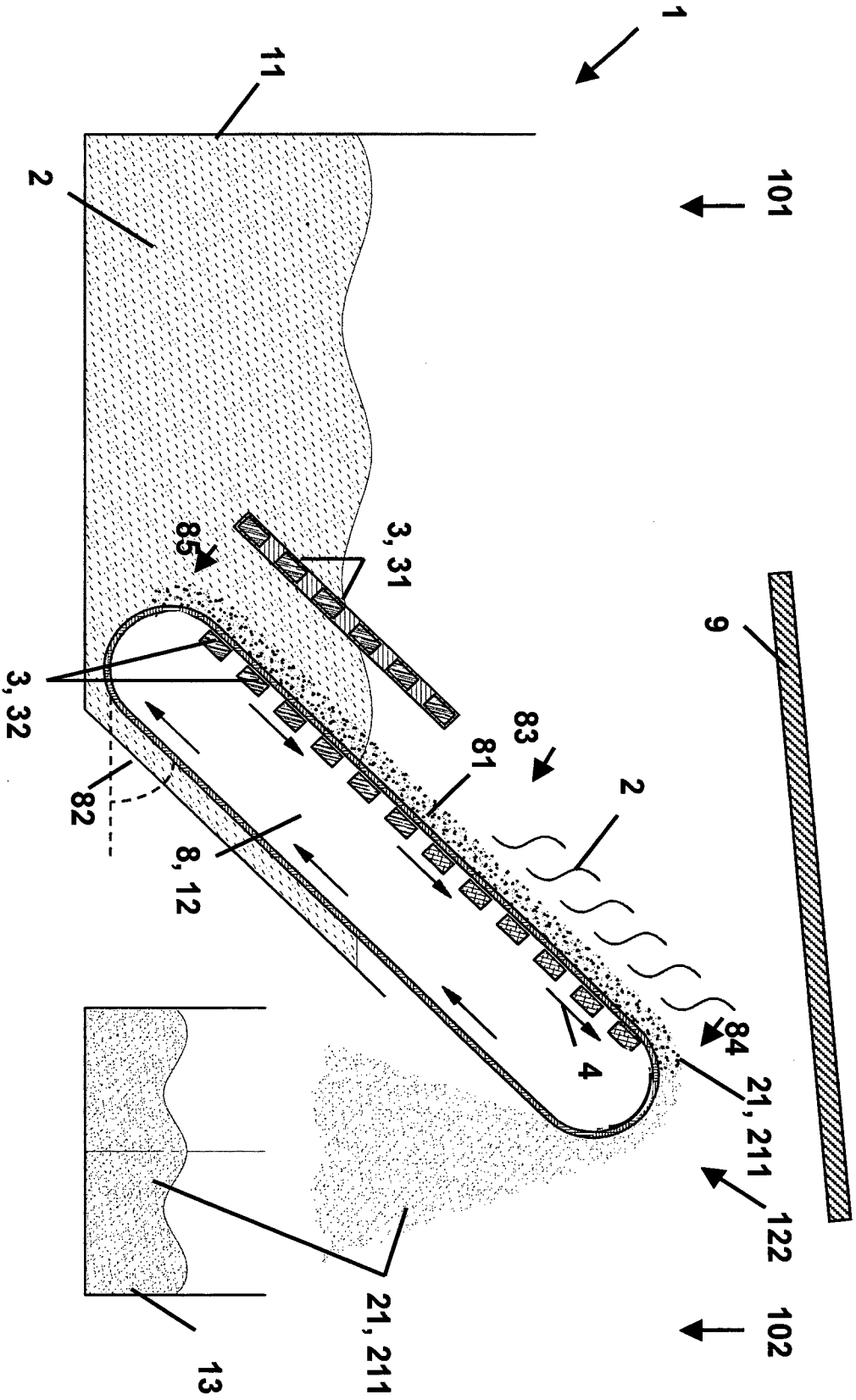
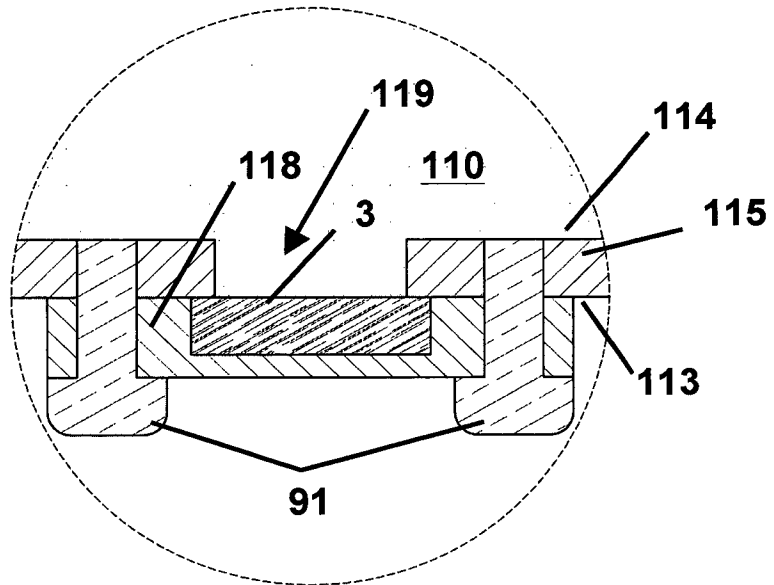
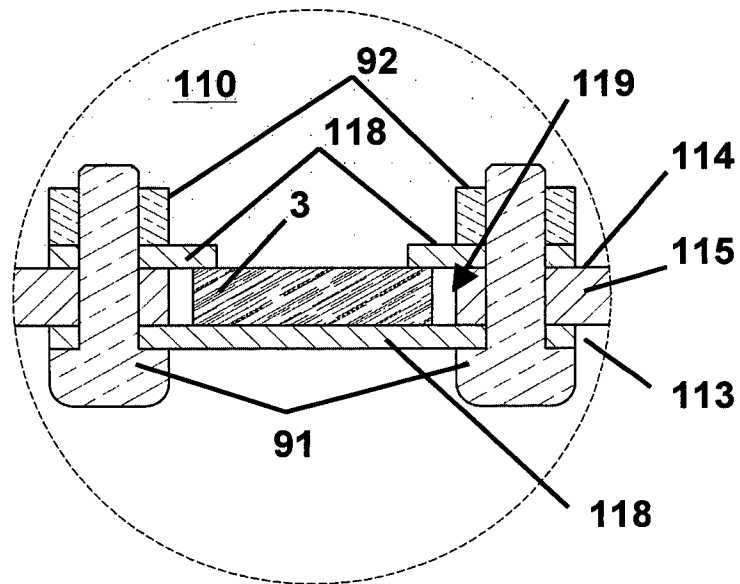


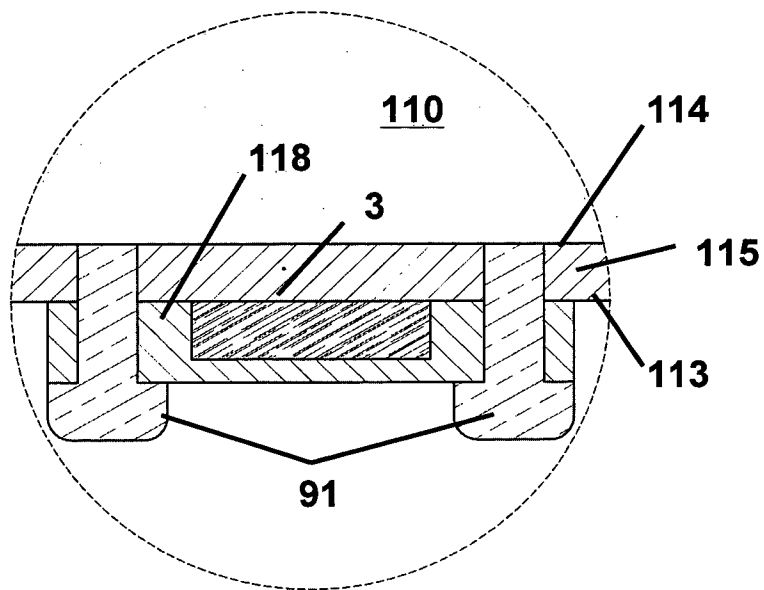
Fig. 4



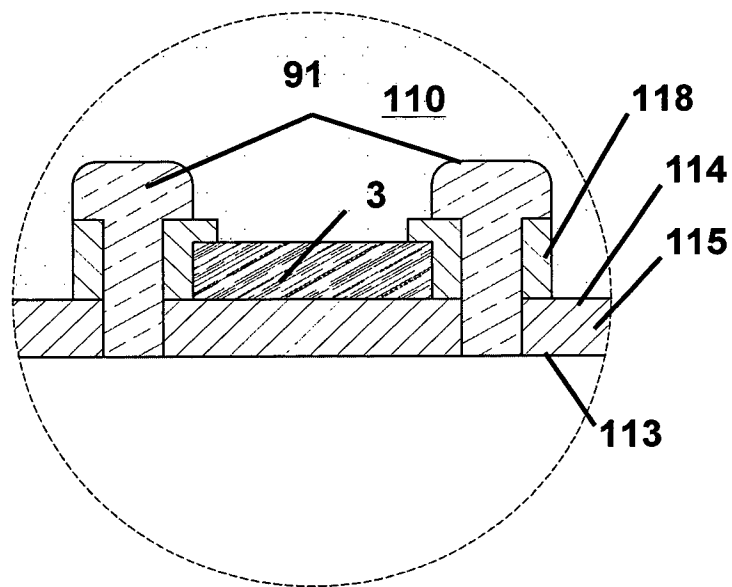
**Fig. 5 (a)**



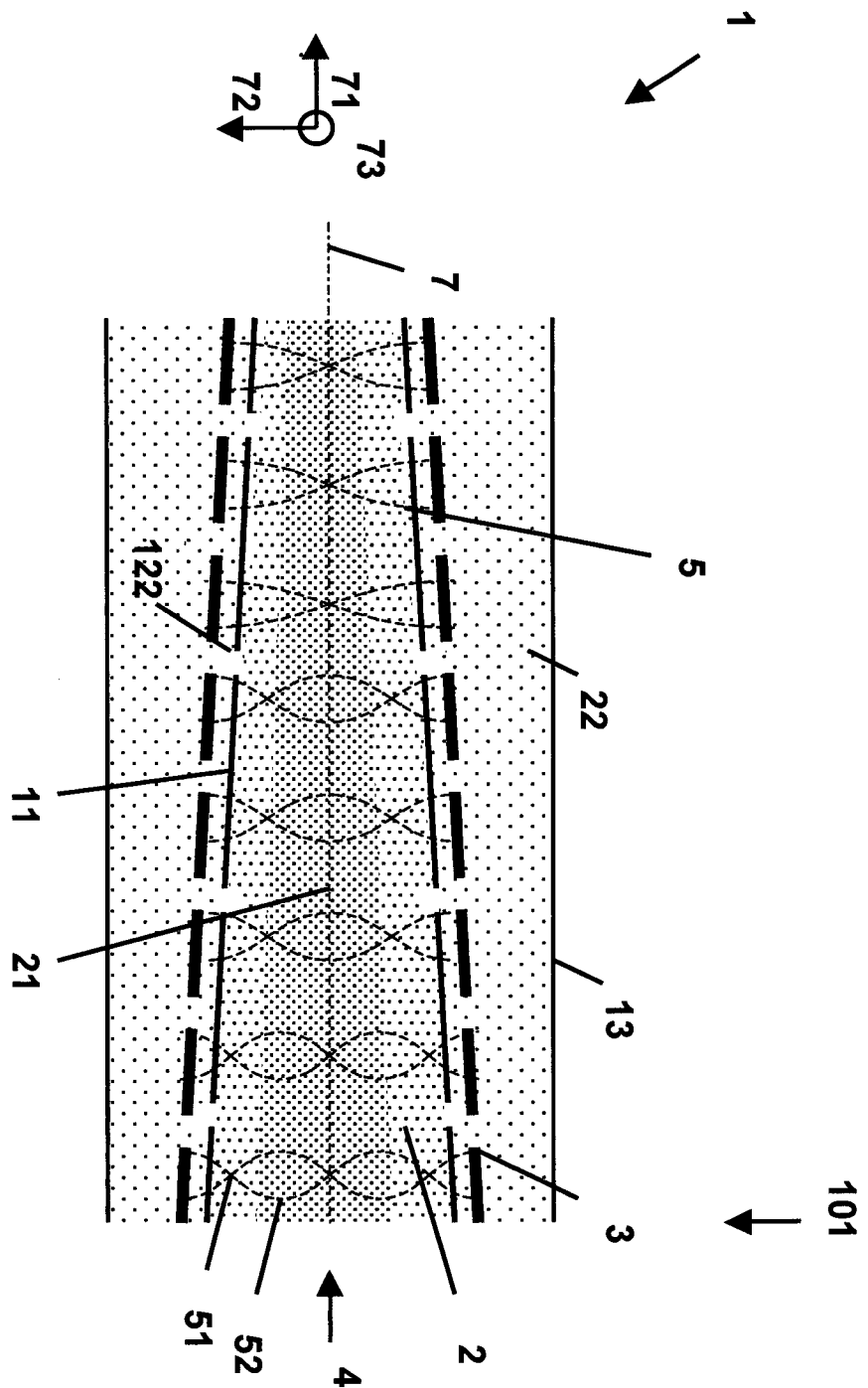
**Fig. 5 (b)**



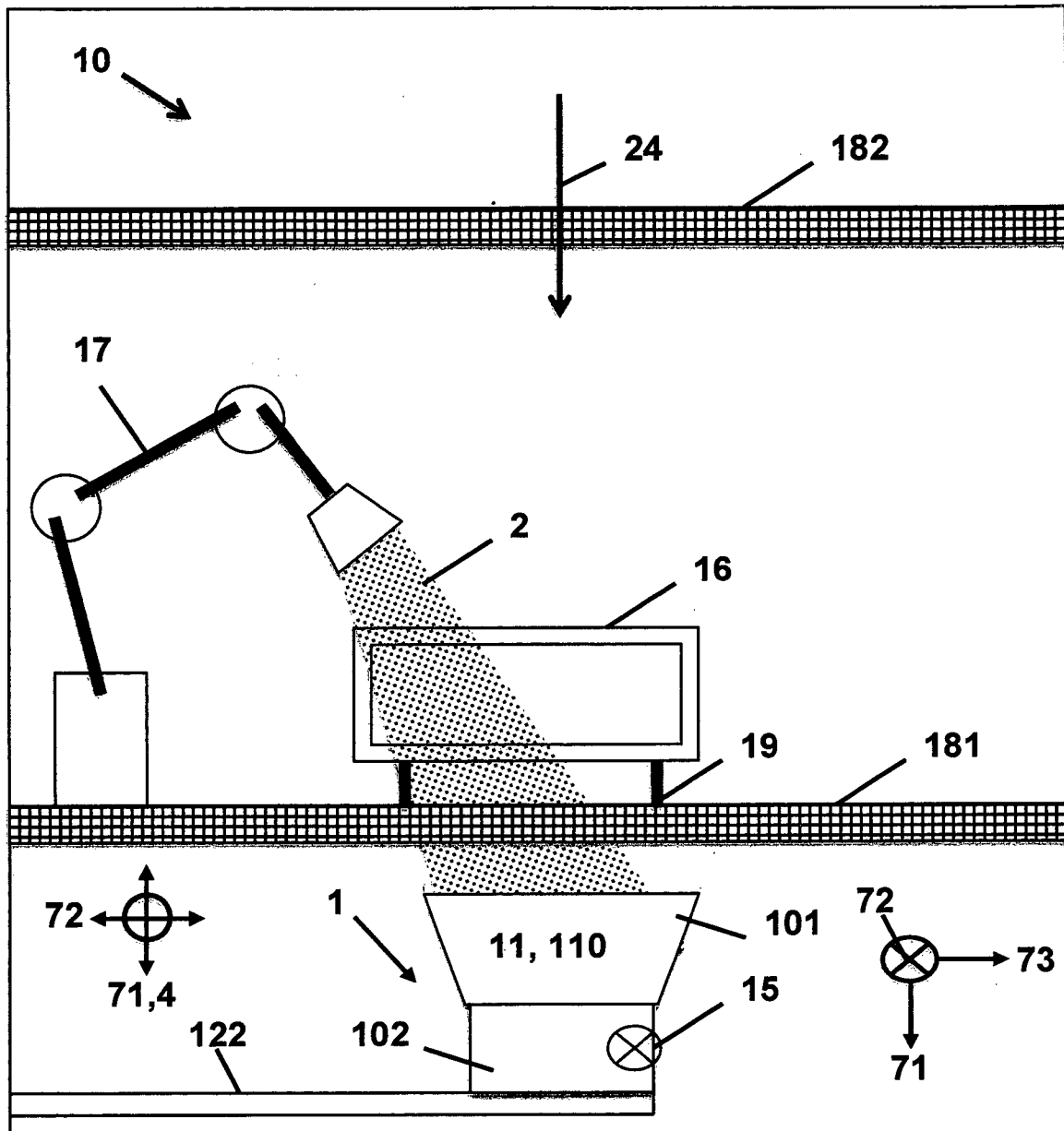
**Fig. 5 (c)**



**Fig. 5 (d)**



**Fig. 6**



**Fig. 7**