



(11) **EP 4 268 968 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**07.08.2024 Patentblatt 2024/32**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):  
**B04C 5/103<sup>(2006.01)</sup> B04C 5/13<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **22170817.5**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**B04C 5/103; B04C 5/13**

(22) Anmeldetag: **29.04.2022**

(54) **ZYKLONABSCHEIDER ZUM ABSCHIEDEN VON FESTSTOFFEN UND/ODER FLÜSSIGKEITEN AUS EINEM PROZESSSTROM**

CYCLONE SEPARATOR FOR SEPARATING SOLIDS AND / OR LIQUIDS FROM A PROCESS STREAM

SÉPARATEUR À CYCLONE PERMETTANT DE SÉPARER DES SOLIDES ET/OU DES LIQUIDES D'UN FLUX DE PROCESSUS

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

- **HERRMANN, Maik**  
89275 Elchingen (DE)
- **HAHN, Johann Paul**  
89165 Dientenheim (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**01.11.2023 Patentblatt 2023/44**

(74) Vertreter: **Michalski Hüttermann & Partner**  
Patentanwälte mbB  
Kaistraße 16A  
40221 Düsseldorf (DE)

(73) Patentinhaber: **ESTA Apparatebau GmbH & Co. KG**  
**89250 Senden (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**US-B1- 6 312 594**

(72) Erfinder:

- **NOVOSEL, Michael**  
89564 Nattheim (DE)

**EP 4 268 968 B1**

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

## Beschreibung

### Technisches Gebiet

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft einen Zyklonabscheider zum Abscheiden von Feststoffen und/oder Flüssigkeiten aus einem Prozessstrom. Die vorliegende Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zum Betreiben eines solchen Zyklonabscheiders und ein Zyklonabscheidersystem mit einem solchen Zyklonabscheider.

### Hintergrund der Erfindung

**[0002]** Derartige Zyklonabscheider sind aus dem Stand der Technik bekannt und werden beispielsweise zum Abscheiden von Staub aus Prozessluft eingesetzt. Der Prozessstrom wird dazu in einen im Querschnitt runden Prozessraum geführt, in dem er durch eine Umfangswandung geführt entlang einer Umfangstrajektorie strömt, sodass Feststoffe und/oder Flüssigkeiten durch Fliehkraftwirkung radial nach außen getragen werden. Der Prozessstrom wird dabei in dem Prozessraum auch axial in einer ersten Richtung von einem Einlass bis zu einem Umlenkpunkt geführt, sodass sich insgesamt eine helixförmige Trajektorie ergibt. An dem Umlenkpunkt wird der Prozessstrom dann in axialer Richtung entgegen der ersten Richtung zu einem Auslassstutzen abgeführt, wobei die Feststoffe und/oder die Flüssigkeiten einer dabei entstehenden Umlenkung auf Grund ihrer Trägheit nicht mehr folgen können und ausfallen.

**[0003]** Es ist zudem auch bekannt, an dem Auslassstutzen ein Tauchrohr vorzusehen, das in den Prozessraum hineinragt, und mittig des Tauchrohres ein Leitmittel anzuordnen, das sich durch den gesamten Prozessraum axial erstreckt. Das Leitmittel dient dazu, den Prozessstrom zwischen Umlenkpunkt und Auslassstutzen zu führen und ist zumeist als zylinderförmige Stange ausgebildet. Die genaue Geometrie des Querschnitts des Leitmittels, insbesondere der Durchmesser bei einem runden Leitmittel, beeinflusst den Druckverlust sowie den Abscheidegrad eines Zyklonabscheiders. Nachteilig lassen sich mit einer gegebenen Querschnittsgeometrie des Leitmittels für viele Prozessströme kein idealen Betriebsparameter des Zyklonabscheiders erreichen, insbesondere ein möglichst geringer Druckverlust und ein möglichst hoher Abscheidegrad. Der Einsatzbereich des Zyklonabscheiders ist somit nachteilig begrenzt. Ein Zyklonabscheider gemäß dem Oberbegriff des unabhängigen Anspruchs 1 ist in der US 6 312 594 B1 offenbart.

### Beschreibung der Erfindung

**[0004]** Ausgehend von dieser Situation ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, bei einem Zyklonabscheider einen vergrößerten Einsatzbereich bei verbesserten Betriebsparametern zu ermöglichen.

**[0005]** Die Aufgabe der Erfindung wird durch die Merkmale der unabhängigen Hauptansprüche gelöst. Vorteil-

hafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen angegeben. Sofern technisch möglich, können die Lehren der Unteransprüche beliebig mit den Lehren der Haupt- und Unteransprüche kombiniert werden.

**[0006]** Nach einem ersten Aspekt der Erfindung wird die Aufgabe gelöst durch einen Zyklonabscheider zum Abscheiden von Feststoffen und/oder Flüssigkeiten aus einem Prozessstrom, aufweisend einen zumindest durch eine Umfangswandung und einen Deckel gebildeten, im Querschnitt runden Prozessraum, einen die Umfangswandung durchbrechenden Einlassstutzen zum Einlassen des Prozessstroms in den Prozessraum in Umfangsrichtung des Prozessraums, einen den Deckel durchbrechenden Auslassstutzen zum Herausführen des Prozessstroms aus dem Prozessraum in axialer Richtung des Prozessraums, ein sich von dem Auslassstutzen in axialer Richtung in den Prozessraum hinein erstreckendes Tauchrohr, und ein sich mittig des Prozessraums in axialer Richtung erstreckendes und in das Tauchrohr eingreifendes Leitmittel. Dabei ist nach dem ersten Erfindungsaspekt vorgesehen, dass das Leitmittel zumindest über einen Teil seiner axialen Erstreckung im Querschnitt veränderbar ausgebildet ist.

**[0007]** Nachfolgend werden Vorteile der beanspruchten Erfindungsaspekte erläutert und weiter nachfolgend bevorzugte modifizierte Ausführungsformen der Erfindungsaspekte beschrieben. Erläuterungen, insbesondere zu Vorteilen und Definitionen von Merkmalen, sind dem Grunde nach beschreibende und bevorzugte, jedoch nicht limitierende Beispiele. Sofern eine Erläuterung limitierend ist, wird dies ausdrücklich erwähnt.

**[0008]** Als Zyklonabscheider wird eine Vorrichtung verstanden, in der durch das Führen eines hauptsächlich gasförmigen Prozessstroms entlang einer helixförmigen Trajektorie eine Trennkraft auf in dem Prozessstrom enthaltene Feststoffe und/oder Flüssigkeiten erzeugt wird und ein Abscheiden der Feststoffe oder Flüssigkeiten erfolgt, insbesondere durch ein Umlenken des Prozessstroms. Dabei wird unter einer Helixform auch und insbesondere eine Helixform mit einem sich zumindest bereichsweise verjüngenden Außendurchmesser verstanden. In einem derartigen Zyklonabscheider können insbesondere Stäube, Späne oder Abrieb, beispielsweise aus einem Bearbeitungsprozess, von einem Gasstrom wie etwa einem Luft- oder Schutzgasstrom abgetrennt werden.

**[0009]** Als Umfangswandung wird eine Wandung verstanden, die einer geometrischen Umhüllung einer solchen Helixform entspricht und den Prozessstrom entlang der Trajektorie führt. Die Umfangswandung kann über axiale Bereiche zylinderförmig und/oder über axiale Bereiche konisch ausgebildet sein. Insbesondere ist die Umfangswandung in einem Bereich des Einlassstutzens zylinderförmig und in einem axial davon beabstandeten Bereich konisch ausgebildet. Ein Deckel ist an einem Kopfbereich der runden Umfangswandung als dortiger Abschluss des Prozessraums abgeordnet, insbesondere an einem Kopfbereich im Bereich des Einlassstutzens, in

dem die Umfangswandung zylinderförmig ausgebildet ist.

**[0010]** Ein Tauchrohr ist als Hülse, insbesondere im Umfang des Auslassstutzens, ausgebildet und ragt beispielsweise zwischen einem Fünftel und der Hälfte der axialen Erstreckung des Prozessraums in diesen hinein. Ein solches Tauchrohr bewirkt eine effiziente Trennung einer in einer ersten Richtung verlaufenden Strömung und einer entgegen der ersten Richtung gerichteten Strömung nach einem Umlenken.

**[0011]** Mittels einem Leitmittel wird erreicht, dass eine nach einem Umlenken entgegen der ersten Richtung gerichteten Strömung geführt wird, sodass Turbulenzen und somit ein Strömungswiderstand in diesem Strömungsabschnitt reduziert werden bzw. wird. Das Leitmittel und insofern auch die entgegen der ersten Richtung gerichtete Strömung erstreckt sich insbesondere radial innerhalb der helixförmigen Trajektorie der Strömung vor einer Umlenkung. Das Leitmittel erstreckt sich besonders bevorzugt in axialer Richtung über den gesamten Prozessraum und ist weiterhin bevorzugt zylinderförmig ausgebildet, es kann jedoch auch oder mehrere beliebige andere Querschnittsgeometrie/n aufweisen. Mit einem Leitmittel lassen sich bei einem Zyklonabscheider gegenüber einem Zyklonabscheider ohne ein solches Leitmittel verringerte Druckverluste und ein vergrößerter Abscheidegrad erreichen.

**[0012]** Der erste Aspekt der Erfindung umfasst nun die Lehre, dass das Leitmittel im Querschnitt veränderbar ausgebildet ist. Darunter ist zu verstehen, dass die Querschnittsfläche des Leitmittels beispielsweise bei gleichbleibender Geometrie in ihrer Größe verändert werden kann, dass die Geometrie selbst verändert werden kann, oder dass ein Querschnitt des Leitmittels beispielsweise quer zur axialen Richtung verschoben werden kann. Auf diese Weise kann das Leitmittel auf einen jeweiligen Prozessstrom derart angepasst werden, dass für diesen Prozessstrom die Betriebsparameter optimiert werden. Beispielsweise kann ein möglichst günstiges Verhältnis zwischen einem geringen Druckverlust und einem hohen Abscheidegrade eingestellt werden. Der Zyklonabscheider ist auf diese Weise für eine Vielzahl von Prozessströmen einsetzbar.

**[0013]** Weiterhin ist es mit dem Zyklonabscheider nach dem ersten Aspekt der Erfindung auch ermöglicht, dass der Querschnitt im Betrieb durch eine Steuerung oder eine Regelung einem sich in zumindest einer Eigenschaft ändernden Prozessstrom nachgeführt wird. Beispielsweise kann der Prozessstrom sich in seiner Bewegungsgeschwindigkeit, seinem Massenstrom oder in seiner Zusammensetzung, insbesondere hinsichtlich Feststoff- oder Flüssigkeitsbelastung, ändern. Die Eigenschaften des Prozessstroms werden dann beispielsweise sensorisch erfasst und ausgewertet, wobei ein idealer Leitmittelquerschnitt mittels Datenverarbeitungsmitteln errechnet wird und mittels Steuermitteln an dem Leitmittel eingestellt wird.

**[0014]** In einer Ausführungsform ist das Leitmittel als

Leitrohr ausgebildet. Ein Leitrohr stellt eine in sich einfache und somit kostengünstige Geometrie dar, die insbesondere auch auf einfache Weise veränderbar ist. Zudem weist ein Leitrohr als innen hohle Geometrie eine geringe Masse auf. Besonders bevorzugt weist das Leitrohr eine runde Außengeometrie auf, an der sich eine Strömung in einem Bereich zwischen dem Umlenkpunkt und dem Auslassstutzen helixförmig ausbilden kann, bzw. helixförmig geführt wird. Auf diese Weise ist in diesem Bereich ein besonders geringer Druckverlust zu erreichen.

**[0015]** In einer Ausgestaltung ist das Leitrohr elastisch ausgebildet und ein Innenraum des Leitrohres zum Veränderung des Querschnitts des Leitrohres im Volumen veränderbar ausgebildet. Es sind dann beispielsweise Mittel zum Aufblasen des Innenraums und/oder Mittel zum Absaugen von Luft aus dem Innenraum vorgesehen. Durch die Veränderung des Volumens des Innenraums wird das elastische Leitrohr auch in seinem äußeren Durchmesser verändert, sodass eine gewünschte Querschnittsgeometrie und/oder insbesondere ein gewünschtes Verhältnis zwischen Leitmittelgeometrie und Tauchrohrgeometrie durch eine Veränderung des Volumens des Innenraums erreicht wird. Insbesondere kann durch die Ausbildung des Leitrohres mit über seiner axialen Erstreckung unterschiedlichen Elastizitätsmodule erreicht werden, dass die Veränderung des Innenraumvolumens und somit auch der Querschnittsgeometrie auf bestimmte axiale Abschnitte des Leitrohres begrenzt oder fokussiert wird, sodass beispielsweise eine Veränderung des Leitmittels im Bereich des Tauchrohres bevorzugt auftritt, oder dass eine Verformung möglichst gleichmäßig entlang des Leitrohres auftritt.

**[0016]** In einer weiteren Ausgestaltung ist eine Rohrwandung des Leitrohres spiralförmig ausgebildet. Beispielsweise ist die Rohrwandung durch einen spiralförmigen Draht und eine elastische Ummantelung des Drahts oder ein spiralförmiges Band gebildet, wobei Spiralwindungen zusammen eine vorzugsweise geschlossene Rohrwandung ausbilden. Mit einer spiralförmig ausgebildeten Rohrwandung ist ein gleichzeitig elastisches, leichtes und in sich stabiles Leitrohr ausbildbar. In einer Ausgestaltung sind Spiralwindungen gegeneinander drehbar ausgebildet, wobei dann durch eine Torsion des Leitrohres dieses in seiner Querschnittsgeometrie verändert werden kann. Eine Torsion erzeugt dann eine Streckung oder Stauchung des spiralförmigen Leitrohres.

**[0017]** In einer Ausführungsform des Zyklonabscheiders ist das Leitmittel elastisch ausgebildet und der Zyklonabscheider weist Mittel zum Stauchen und/oder Strecken des Leitmittels zum Veränderung des Querschnitts des Leitmittels auf. Das Leitmittel verändert dann seinen Querschnitt, um bei der Streckung und/oder oder Stauchung sein Volumen beizubehalten und wird insofern entweder ausgedehnt oder eingeschnürt. Auf diese Weise wird eine gewünschte Querschnittsgeometrie und/oder insbesondere ein gewünschtes Verhältnis zwi-

schen Leitmittelgeometrie und Tauchrohrgeometrie erreicht.

**[0018]** In einer Ausgestaltung weist das Leitmittel entlang seiner axialen Erstreckung mehrere zumindest zwei Abschnitte auf, wobei zumindest zwei Abschnitte voneinander unterschiedliche Elastizitätsmodule aufweisen. Die infolge einer Stauchung und/oder Streckung auftretende Querschnittsveränderung kann dann auf bestimmte axiale Abschnitte des Leitmittels begrenzt oder fokussiert wird, sodass beispielsweise eine Veränderung des Leitmittels im Bereich des Tauchrohres bevorzugt auftritt.

**[0019]** In einer weiteren Ausführungsform weist das Leitmittel entlang seiner axialen Erstreckung mehrere Abschnitte auf und zumindest zwei Abschnitte sind zum Veränderung des Querschnitts des Leitmittels in axialer Richtung zueinander verschiebbar ausgebildet. Es wird dann beispielsweise ein Abschnitt mit einem gewünschten Querschnitt in einen axialen Bereich verschoben, in dem der betreffende Querschnitt gewünscht ist, insbesondere in den Bereich des Tauchrohres. Zudem können Abschnitte wahlweise außerhalb des Prozessraumes angeordnet sein oder an dem Leitmittel innerhalb des Prozessraumes. Beispielsweise kann das Leitmittel mit verschiedenen Ringen einer bestimmten Geometrie bestückt werden, sodass sich insgesamt unterschiedliche Leitmittelgeometrien ergeben.

**[0020]** In noch einer weiteren Ausführungsform weist der Zyklonabscheider Mittel zum Aufprägen einer Schwingung auf das Leitmittel zum Veränderung des Querschnitts des Leitmittels auf. Durch eine solche Schwingung kann das Leitmittel insbesondere abschnittsweise ausgedehnt und eingeschnürt werden oder quer zur axialen Richtung verschoben werden. Insbesondere kann bei einer ausreichend hohen Frequenz erreicht werden, dass ein durch die Schwingung eingenommener Bereich als effektive Geometrie zum Leiten des Prozessstroms wirksam wird, wobei der tatsächliche Querschnitt des Leitmittels zumindest zeitweise kleiner als diese Geometrie ist. Ferner wird durch eine Schwingung des Leitmittels erreicht, dass an einer dem Prozessraum zugewandten Oberfläche des Leitmittels das Anhaften von Feststoffen erschwert oder sogar gänzlich verhindert wird. Feststoffanhaftungen an dem Leitrohr, und ferner auch an der Umfangswandung, können die Strömungstrajektorie stören und zu erhöhten Druckverlusten und/oder einem verminderten Abscheidegrad führen.

**[0021]** In einer weiteren, bevorzugten Ausführungsform ist das Tauchrohr in seinem Querschnitt veränderbar ausgebildet oder weist eine Blende mit einem veränderbaren lichten Querschnitt auf. Es kann dann das Verhältnis zwischen der Querschnittsgeometrie des Leitmittels und der Querschnittsgeometrie des Tauchrohres auch von Seiten des Tauchrohres beeinflusst werden und insofern insbesondere in einem größeren Varianzbereich verändert werden, insbesondere im Zuge einer Steuerung oder Regelung.

**[0022]** In einer weiteren, ebenfalls bevorzugten Ausführungsform ist das Leitmittel aus einem Kunststoff ausgebildet, insbesondere aus einem Elastomer oder einem Thermoplast. Mit einem solchen Kunststoff ist ausreichend stabiles, leichtes und elastisches Leitmittel schaffbar. Der Kunststoff ist beispielsweise als Kautschuk, Polyethylen, Polypropylen oder Polyvinylchlorid ausgebildet.

**[0023]** In noch einer weiteren Ausführungsform ist die Umfangswandung zumindest über einen Teil ihrer axialen Erstreckung konisch ausgebildet. Der Prozessstrom wird dann zu einem Umlenkpunkt entlang einer sich verengenden Trajektorie geführt.

**[0024]** In einer Ausführungsform weist der Einlassstutzen in der axialen Richtung des Prozessraumes eine schlitzförmige Erstreckung auf. Auf diese Weise kann ein Staudruck gegenüber einer nicht schlitzförmigen Geometrie, beispielsweise einer quadratischen Geometrie, verringert werden. Insbesondere erstreckt sich der Einlassstutzen in axialer Richtung gänzlich über einen zylindrischen Bereich der Umfangswandung, wobei sich in axialer Richtung unmittelbar anschließend an den zylindrischen Bereich ein konischer Bereich der Umfangswandung erstreckt.

**[0025]** In einer weiteren Ausführungsform weist der Zyklonabscheider eine an einem Ende des Prozessraums angeordnete Feststoffauslass zum Herausführen von Feststoff aus dem Prozessraum auf. Auf diese Weise kann Feststoff und können insbesondere auch abgelöste Feststoffanhaftungen aus dem Prozessraum herausgeführt werden. Die Auslassöffnung ist beispielsweise mit einer Klappe schließbar ausgebildet, um den Prozessraum gegenüber der Umgebung abzutrennen.

**[0026]** Ein zweiter Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines vorbeschriebenen Zyklonabscheiders, wobei der Querschnitt des Leitmittels zumindest in einem Teil der axialen Erstreckung des Leitmittels in Abhängigkeit eines Massenstroms, einer Strömungsgeschwindigkeit, einer Feststoffbeladung oder einer Flüssigkeitsbeladung des Prozessstroms verändert wird. Der Zyklonabscheider wird insofern der genannten Prozessstromeigenschaften gesteuert bzw. geregelt betrieben und kann insofern jederzeit auf ideale Betriebsparameter eingestellt werden. Insbesondere kann jederzeit ein möglichst günstiges Verhältnis zwischen geringem Druckverlust und einem hohen Abscheidegrad eingestellt werden. Insbesondere sind zum Durchführen des Verfahrens entsprechende Mittel wie etwa Sensoren, Datenverarbeitungsmittel, Steuermittel und/oder Signalleitmittel vorgesehen.

**[0027]** Ein dritter Aspekt der Erfindung betrifft ein Zyklonabscheidersystem, aufweisend einen vorbeschriebenen Zyklonabscheider sowie zumindest einen Sensor zum Detektieren eines Massenstroms, einer Strömungsgeschwindigkeit, einer Feststoffbeladung oder einer Flüssigkeitsbeladung des Prozessstroms. Das Zyklonabscheidersystem weist weiterhin bevorzugt Datenverarbeitungsmittel, Steuermittel und/oder Signalleitmittel

jeweils zum Steuern und/oder Regeln der Betriebsparameter des Zyklonabscheiders auf. Mit einem solchen Zyklonabscheidersystem kann vorteilhaft ein vorbeschriebenes Verfahren zum Betreiben eines Zyklonabscheiders mit den diesbezüglich genannten Vorteilen durchgeführt werden.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0028]** Nachfolgend wird die Erfindung unter Bezugnahme auf die anliegenden Zeichnungen anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele näher erläutert. Die Formulierung Figur ist in den Zeichnungen mit Fig. abgekürzt.

**[0029]** In den Zeichnungen zeigen

- Fig. 1 eine schematische Schnittansicht eines Zyklonabscheiders gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel des ersten Aspekts der Erfindung;
- Fig. 2 eine Querschnittansicht des Zyklonabscheiders gemäß dem Schnitt B-B aus Fig. 1;
- Fig. 3a eine schematische Schnittansicht eines Leitmittels in einer ersten Ausführungsform für einen Zyklonabscheider gemäß des ersten Aspekts der Erfindung; und
- Fig. 3b eine weitere schematische Schnittansicht des Leitmittels gemäß Fig. 3a;
- Fig. 4a eine schematische Schnittansicht eines Leitmittels in einer zweiten Ausführungsform für einen Zyklonabscheider gemäß des ersten Aspekts der Erfindung; und
- Fig. 4b eine weitere schematische Schnittansicht des Leitmittels gemäß Fig. 4a;
- Fig. 5a eine schematische Schnittansicht eines Leitmittels in einer dritten Ausführungsform für einen Zyklonabscheider gemäß des ersten Aspekts der Erfindung; und
- Fig. 5b eine weitere schematische Schnittansicht des Leitmittels gemäß Fig. 5a

#### Detaillierte Beschreibung der Ausführungsbeispiele

**[0030]** Die beschriebenen Ausführungsbeispiele sind lediglich Beispiele, die im Rahmen der Ansprüche auf vielfältige Weise modifiziert und/oder ergänzt werden können. Jedes Merkmal, das für ein bestimmtes Ausführungsbeispiel beschrieben wird, kann eigenständig oder in Kombination mit anderen Merkmalen in einem beliebigen anderen Ausführungsbeispiel genutzt werden. Jedes Merkmal, das für ein Ausführungsbeispiel einer bestimmten Anspruchskategorie beschrieben wird, kann

auch in entsprechender Weise in einem Ausführungsbeispiel einer anderen Anspruchskategorie eingesetzt werden.

**[0031]** Figur 1 zeigt einen Zyklonabscheider 1 in einer ersten Ausführungsform. Der Zyklonabscheider 1 weist eine Umfangswandung 2 auf, die durch einen ersten Wandungsabschnitt 2.1 und einen zweiten Wandungsabschnitt 2.2 gebildet ist und einen um eine Achse AX zentrierten, im Querschnitt runden Prozessraum 3 definiert. Der erste Wandungsabschnitt 2.1 ist zylindrisch ausgebildet und durch einen schlitzförmigen Einlassstutzen 4 durchbrochen. Weiterhin ist der erste Wandungsabschnitt 2.1 an einem ersten Ende E.1 der Umfangswandung 2 durch einen Deckel 5 abgeschlossen. Der Deckel 5 ist von einem Auslassstutzen 6 durchbrochen, der coaxial mit der Achse AX angeordnet ist und ein Tauchrohr 7 aufweist, das von dem Deckel 5 in einer axialen Richtung A in den Prozessraum 3 hineinragt. Die hier eingezeichnete axiale Richtung A entspricht einer zuvor referenzierten ersten Richtung. Der zweite Wandungsabschnitt 2.2 schließt an den ersten Wandungsabschnitt 2.1 in der axialen Richtung A an und erstreckt sich konisch verjüngend zu einem zweiten Ende E.2 der Umfangswandung 2. An dem zweiten Ende E.2 ist der zweite Wandungsabschnitt 2.2 von einem Feststoffauslass 8 abgeschlossen. Weiterhin weist der Zyklonabscheider 1 ein zylindrisches Leitmittel 11.1 auf. Das Leitmittel 11.1 ist beispielsweise als Leitstange oder Leitrohr ausgebildet und erstreckt sich coaxial zur Achse AX durch den gesamten Prozessraum 3.

**[0032]** In dem Prozessraum 3 ergibt sich für einen an dem Einlassstutzen 4 einströmenden Prozessstrom eine in einem ersten Bereich 10.1 helixförmige Trajektorie 10. Der erste Bereich 10.1 erstreckt sich von dem Einlassstutzen 4 in axialer Richtung A zu dem zweiten Ende E.2 der Umfangswandung 2 und wird dabei durch den zweiten Wandungsabschnitt 2.2 im Außendurchmesser der Helixform verengt. Dabei werden in dem hauptsächlich gasförmigen Prozessstrom enthaltene Feststoffe und/oder Flüssigkeiten in einer radialen Richtung R nach außen getragen. An dem zweiten Ende E.2 der Umfangswandung 2 weist die Trajektorie 10 dann einen Umlenkpunkt 10.2 auf, an dem der Prozessstrom entgegen der axialen Richtung A umgelenkt und entlang einem zweiten Bereich 10.3 zu dem Auslassstutzen 6 bzw. Tauchrohr 7 geführt wird, wobei weiterhin eine helixförmige Trajektorie besteht. Durch das Leitmittel 11.1 wird der Prozessstrom auch im zweiten Bereich 10.3 der Trajektorie 10 in seiner Helixform geleitet, sodass sich die Strömung dort mit verringerten Turbulenzen ausbilden kann und ein verringerter Druckverlust erreicht werden kann. An dem Umlenkpunkt 10.2 können die nach außen getragenen Feststoffe und/oder Flüssigkeiten der Trajektorie 10 auf Grund ihrer Trägheit nicht mehr folgen und fallen aus.

**[0033]** Der Druckverlust sowie der Abscheidegrad des Zyklonabscheiders 1 wird unter anderem von dem Verhältnis der Querschnittsgeometrie des Leitmittels 11.1

und der Querschnittsgeometrie des Tauchrohres 7 bestimmt. Dazu ist einerseits das Leitmittel 11.1 in seinem Querschnitt veränderbar ausgebildet, wie im Folgenden bezüglich den Figuren 3a bis 5b näher erläutert wird. Andererseits ist in dem Tauchrohr 7 eine Blende 9 angeordnet, die in ihrem lichten Querschnitt veränderbar ausgebildet ist und über die insofern, neben einem in seinem Querschnitt veränderbaren Leitmittel 11.1, das genannte Verhältnis beeinflusst werden kann, um bei bestimmten Eigenschaften eines Prozessstromes ein optimalen Kompromiss zwischen geringem Druckverlust und hohem Abscheidegrad zu erreichen. Die Blende 9 ist beispielsweise als Irisblende ausgebildet.

**[0034]** Figur 2 zeigt einen Querschnitt aus Fig. 1 gemäß dem Schnitt B-B. Es ist zu erkennen, dass die Umfangswandung 2 im Querschnitt rund ausgebildet ist und den ersten Bereich 10.1 der Trajektorie 10 helixförmig führt. Im zweiten Bereich 10.3 der Trajektorie 10 ist diese ebenfalls helixförmig entlang dem Leitmittel 11.1 ausgebildet. Weiterhin ist eine Ausrichtung des Einlassstutzens 4 in einer Umfangsrichtung U dargestellt.

**[0035]** Die Figuren 3a und 3b zeigen eine erste mögliche Ausführungsform für ein in seinem Querschnitt veränderbares Leitmittel 11.2. Das Leitmittel 11.2 ist als elastischer Zylinder, beispielsweise aus einem Elastomer, ausgebildet und weist an einem ersten Ende E.1 eine erste Gewindebohrung 12.1 und an einem zweiten Ende E.2 eine zweite Gewindebohrung 12.2 auf. In die Gewindebohrungen 12.1, 12.2 greifen Schrauben 13.1, 13.2 ein, die jeweils an mit dem Zyklonabscheider 1 verbundenen Gegenlagern 14.1, 14.2 gegengelagert sind. Durch Drehen der Schrauben 13.1, 13.2 kann dann das Leitmittel 11.2 zwischen den Gegenlagern 14.1, 14.2 gestreckt oder gestaucht werden. Figur 3b zeigt eine erste gestreckte Kontur 15.1, die sich bei einer Streckung des Leitmittels 11.2 ergibt, und bei der der Querschnitt insbesondere in axialer Richtung A mittig des Leitmittels 11.2 eingeschnürt und somit verkleinert ist. Figur 3b zeigt weiterhin eine erste gestauchte Kontur 15.2, die sich bei einer Stauchung des Leitmittels 11.2 ergibt, und bei der der Querschnitt insbesondere in axialer Richtung A mittig des Leitmittels 11.2 ausgedehnt und somit vergrößert ist.

**[0036]** Die Figuren 4a und 4b zeigen ein dem Leitmittel 11.2 weitgehend entsprechendes Leitmittel 11.3, wobei auf wiederholende Beschreibungen verzichtet wird. Das Leitmittel 11.3 ist aus einem ersten Abschnitt 16.1, einem zweiten Abschnitt 16.2 und einem dritten Abschnitt 16.3 gebildet, wobei die Abschnitte 16.1 und 16.3 ein anderes, nämlich geringeres, Elastizitätsmodul aufweisen als der Abschnitt 16.2. Auf diese Weise wird, wie in Figur 4b dargestellt, bei einem Stauchen oder Strecken des Leitmittels 11.3 mittels der Schrauben 13.1, 13.2 eine zweite getreckte Kontur 17.1 bzw. eine zweite gestauchte Kontur 17.2 erreicht, die einen über die axiale Erstreckung des Leitmittels 11.3 gleichbleibenden Querschnitt, also ein gleichmäßige Einschnürung bzw. Ausdehnung, aufweisen.

**[0037]** Die Figuren 5a und 5b zeigen noch eine weitere

Ausführungsform eines Leitmittels 11.4, wobei das Leitmittel 11.4 als Leitrohr mit sich zwischen den Gegenlagern 14.1, 14.2 erstreckenden Rohrwandungen 18.1, 18.2 ausgebildet ist. Das Gegenlager 14.2 weist dabei eine Öffnung 19 auf, über die ein Innenraum 18.3 des Leitmittels 11.4 mit einem Mittel 20 zum Zu- oder Abführen von Luft oder anderem Gas zu oder aus dem Innenraum 18.3 verbunden ist. Das Leitmittel 11.4 kann insofern aufgeblasen oder evakuiert werden, wobei sich, wie in Figur 5b gezeigt, entweder eine aufgeblasene Kontur 21.1 oder eine evakuierte Kontur 21.2 der Rohrwandungen 18.1, 18.2 ergibt.

#### Bezugszeichenliste

#### [0038]

|      |                                       |
|------|---------------------------------------|
| 1    | Zyklonabscheider                      |
| 2    | Umfangswandung                        |
| 2.1  | erster Wandungsabschnitt              |
| 2.2  | zweiter Wandungsabschnitt             |
| 3    | Prozessraum                           |
| 4    | Einlassstutzen                        |
| 5    | Deckel                                |
| 6    | Auslassstutzen                        |
| 7    | Tauchrohr                             |
| 8    | Feststoffauslass                      |
| 9    | Blende                                |
| 10   | Trajektorie                           |
| 10.1 | erster Bereich der Trajektorie        |
| 10.2 | Umlenkpunkt                           |
| 10.3 | zweiter Bereich der Trajektorie       |
| 11.1 | Leitmittel                            |
| 11.2 | Leitmittel                            |
| 11.3 | Leitmittel                            |
| 11.4 | Leitmittel                            |
| 12.1 | erste Gewindebohrung                  |
| 12.2 | zweite Gewindebohrung                 |
| 13.1 | erste Schraube                        |
| 13.2 | zweite Schraube                       |
| 14.1 | erstes Gegenlager                     |
| 14.2 | zweites Gegenlager                    |
| 15.1 | erste getreckte Kontur                |
| 15.2 | erste gestauchte Kontur               |
| 16.1 | erster Abschnitt                      |
| 16.2 | zweiter Abschnitt                     |
| 16.3 | dritter Abschnitt                     |
| 17.1 | zweite getreckte Kontur               |
| 17.2 | zweite gestauchte Kontur              |
| 18.1 | erste Rohrwandung                     |
| 18.2 | zweite Rohrwandung                    |
| 18.3 | Innenraum                             |
| 19   | Öffnung                               |
| 20   | Mittel zum Zu- oder Abführen von Luft |
| 21.1 | aufgeblasene Kontur                   |
| 21.2 | evakuierte Kontur                     |
| AX   | Achse                                 |
| A    | axiale Richtung                       |

- E.1 erstes Ende der Umfangswandung  
 E.2 zweites Ende der Umfangswandung  
 U Umfangsrichtung  
 R radiale Richtung

5

Leitmittel (11.1, 11.2, 11.3, 11.4) entlang seiner axialen Erstreckung zumindest zwei Abschnitte (16.1, 16.2, 16.3) aufweist, und wobei zumindest zwei Abschnitte (16.1, 16.2, 16.3) voneinander unterschiedliche Elastizitätsmodule aufweisen.

### Patentansprüche

1. Zyklonabscheider (1) zum Abscheiden von Feststoffen und/oder Flüssigkeiten aus einem Prozessstrom, aufweisend

10

einen zumindest durch eine Umfangswandung (2) und einen Deckel (5) gebildeten, im Querschnitt runden Prozessraum (3);

15

einen die Umfangswandung (2) durchbrechenden Einlassstutzen (4) zum Einlassen des Prozessstroms in den Prozessraum (3) in Umfangsrichtung (U) des Prozessraums (3);

einen den Deckel (5) durchbrechenden Auslassstutzen (6) zum Herausführen des Prozessstroms aus dem Prozessraum (3) in axialer Richtung (A) des Prozessraums (3);

20

ein sich von dem Auslassstutzen (6) in axialer Richtung (A) in den Prozessraum (3) hinein erstreckendes Tauchrohr (7); und

25

ein sich mittig des Prozessraums (3) in axialer Richtung (A) erstreckendes und in das Tauchrohr (7) eingreifendes Leitmittel (11.1, 11.2, 11.3, 11.4);

30

**dadurch gekennzeichnet, dass** das Leitmittel (11.1, 11.2, 11.3, 11.4) zumindest über einen Teil seiner axialen Erstreckung im Querschnitt veränderbar ausgebildet ist.

35

2. Zyklonabscheider (1) nach Anspruch 1, wobei das Leitmittel (11.1, 11.2, 11.3, 11.4) als Leitrohr ausgebildet ist.

3. Zyklonabscheider (1) nach Anspruch 2, wobei das Leitrohr elastisch ausgebildet ist und ein Innenraum (18.3) des Leitrohres zum Veränderung des Querschnitts des Leitrohres im Volumen veränderbar ausgebildet ist.

40

4. Zyklonabscheider (1) nach Anspruch 2 oder 3, wobei eine Rohrwandung (18.1, 18.2) des Leitrohres spiralförmig ausgebildet ist.

45

5. Zyklonabscheider (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Leitmittel (11.1, 11.2, 11.3, 11.4) elastisch ausgebildet ist und der Zyklonabscheider (1) Mittel zum Stauchen und/oder Strecken des Leitmittels (11.1, 11.2, 11.3, 11.4) zum Veränderung des Querschnitts des Leitmittels (11.1, 11.2, 11.3, 11.4) aufweist.

50

55

6. Zyklonabscheider (1) nach Anspruch 5, wobei das

7. Zyklonabscheider (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Leitmittel (11.1, 11.2, 11.3, 11.4) entlang seiner axialen Erstreckung mehrere Abschnitte (16.1, 16.2, 16.3) aufweist und zumindest zwei Abschnitte (16.1, 16.2, 16.3) zum Veränderung des Querschnitts des Leitmittels (11.1, 11.2, 11.3, 11.4) in axialer Richtung (A) zueinander verschiebbar ausgebildet sind.

8. Zyklonabscheider (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, aufweisend Mittel zum Aufprägen einer Schwingung auf das Leitmittel (11.1, 11.2, 11.3, 11.4) zum Veränderung des Querschnitts des Leitmittels (11.1, 11.2, 11.3, 11.4).

9. Zyklonabscheider (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Tauchrohr (7) in seinem Querschnitt veränderbar ausgebildet ist oder eine Blende (9) mit einem veränderbaren lichten Querschnitt aufweist.

10. Zyklonabscheider (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Leitmittel (11.1, 11.2, 11.3, 11.4) aus einem Kunststoff ausgebildet ist, insbesondere aus einem Elastomer oder einem Thermoplast.

11. Zyklonabscheider (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Umfangswandung (2) zumindest über einen Teil ihrer axialen Erstreckung konisch ausgebildet ist.

12. Zyklonabscheider (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Einlassstutzen (4) in der axialen Richtung (A) des Prozessraumes (3) eine schlitzförmige Erstreckung aufweist.

13. Zyklonabscheider (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, aufweisend einen an einem Ende (E.2) des Prozessraums angeordneten Feststoffauslass (8) zum Herausführen von Feststoff aus dem Prozessraum (3).

14. Verfahren zum Betreiben eines Zyklonabscheiders (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Querschnitt des Leitmittels (11.1, 11.2, 11.3, 11.4) zumindest in einem Teil der axialen Erstreckung des Leitmittels (11.1, 11.2, 11.3, 11.4) in Abhängigkeit eines Massenstroms, einer Strömungsgeschwindigkeit, einer Feststoffbeladung oder einer Flüssigkeitsbeladung des Prozessstroms verändert wird.

15. Zyklonabscheidersystem, aufweisend einen Zyklonabscheider (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 13 sowie zumindest einen Sensor zum Detektieren eines Massenstroms, einer Strömungsgeschwindigkeit, einer Feststoffbelastung oder einer Flüssigkeitsbelastung des Prozessstroms.

## Claims

1. Cyclone separator (1) for separating solids and/or liquids from a process stream, comprising:

a process chamber (3) which is round in cross-section and is formed by at least one circumferential wall (2) and a cover (5);  
 an inlet port (4) penetrating the circumferential wall (2) for introducing the process stream into the process chamber (3) in the circumferential direction (U) of the process chamber (3);  
 an outlet port (6) penetrating the cover (5) for leading the process stream out of the process chamber (3) in the axial direction (A) of the process chamber (3);  
 an immersion tube (7) extending from the outlet port (6) in the axial direction (A) into the process chamber (3); and  
 a guide means (11.1, 11.2, 11.3, 11.4) extending in the center of the process chamber (3) in the axial direction (A) and engaging in the immersion tube (7);  
**characterized in that** the guide means (11.1, 11.2, 11.3, 11.4) is formed variable in cross-section over at least a part of its axial extension.

2. Cyclone separator (1) according to claim 1, wherein the guide means (11.1, 11.2, 11.3, 11.4) is formed as a guide tube.
3. Cyclone separator (1) according to claim 2, wherein the guide tube is configured to be elastic and an interior (18.3) of the guide tube is formed variable in volume in order to change the cross-section of the guide tube.
4. Cyclone separator (1) according to claim 2 or 3, wherein a tube wall (18.1, 18.2) of the guide tube is formed in a spiral shape.
5. Cyclone separator (1) according to any one of the preceding claims, wherein the guide means (11.1, 11.2, 11.3, 11.4) is formed elastic and the cyclone separator (1) comprises means for compressing and/or stretching the guide means (11.1) in order to change the cross-section of the guide means (11.1, 11.2, 11.3, 11.4).
6. Cyclone separator (1) according to claim 5, wherein

the guide means (11.1, 11.2, 11.3, 11.4) comprises at least two sections (16.1, 16.2, 16.3) along its axial extension, and wherein at least two sections (16.1, 16.2, 16.3) have different moduli of elasticity from one another.

7. Cyclone separator (1) according to any one of the preceding claims, wherein the guide means (11.1, 11.2, 11.3, 11.4) comprises several sections (16.1, 16.2, 16.3) along its axial extension and at least two sections (16.1, 16.2, 16.3) are configured to be displaceable relative to one another in the axial direction (A) in order to change the cross-section of the guide means (11.1, 11.2, 11.3, 11.4).
8. Cyclone separator (1) according to any one of the preceding claims, comprising means for imparting a vibration to the guide means (11.1, 11.2, 11.3, 11.4) in order to change the cross-section of the guide means (11.1, 11.2, 11.3, 11.4).
9. Cyclone separator (1) according to any one of the preceding claims, wherein the immersion tube (7) is configured to be variable in its cross-section or comprises an orifice (9) with a variable clear cross-section.
10. Cyclone separator (1) according to any one of the preceding claims, wherein the guide means (11.1, 11.2, 11.3, 11.4) is made of a plastic, in particular of an elastomer or a thermoplastic.
11. Cyclone separator (1) according to any one of the preceding claims, wherein the circumferential wall (2) is formed conical over at least a part of its axial extension.
12. Cyclone separator (1) according to any one of the preceding claims, wherein the inlet port (4) has a slot-shaped extension in the axial direction (A) of the process chamber (3).
13. Cyclone separator (1) according to any one of the preceding claims, comprising a solids outlet (8) arranged at one end (E.2) of the process chamber for discharging solids from the process chamber (3).
14. Method for operating a cyclone separator (1) according to any one of the preceding claims, wherein the cross-section of the guide means (11.1, 11.2, 11.3, 11.4) is changed at least in a part of the axial extension of the guide means (11.1, 11.2, 11.3, 11.4) as a function of a mass flow rate, a flow velocity, a solids load or a liquid load of the process stream.
15. Cyclone separator system, comprising a cyclone separator (1) according to any one of claims 1 to 13 and at least one sensor for detecting a mass flow, a

flow velocity, a solids load or a liquid load of the process stream.

## Revendications

1. Séparateur à cyclone (1) permettant la séparation de solides et/ou de liquides à partir d'un flux de processus, présentant

une chambre de traitement (3) ronde en section transversale formée au moins par une paroi périphérique (2) et un couvercle (5) ;

un orifice d'entrée (4) traversant la paroi périphérique (2) permettant l'entrée du flux de processus dans la chambre de traitement (3) dans la direction périphérique (U) de la chambre de traitement (3) ;

un orifice de sortie (6) traversant le couvercle (5) permettant l'évacuation du flux de processus de la chambre de traitement (3) en direction axiale (A) de la chambre de traitement (3) ;

un tube plongeur (7) s'étendant à partir de l'orifice de sortie (6) en direction axiale (A) vers l'intérieur de la chambre de traitement (3) ; et  
un moyen de guidage (11.1, 11.2, 11.3, 11.4) s'étendant en direction axiale (A) au centre de la chambre de traitement (3) et s'engageant dans le tube plongeur (7) ;

**caractérisé en ce que** le moyen de guidage (11.1, 11.2, 11.3, 11.4) est conçu modifiable dans la section transversale au moins sur une partie de son extension axiale.

2. Séparateur à cyclone (1) selon la revendication 1, dans lequel le moyen de guidage (11.1, 11.2, 11.3, 11.4) est conçu comme un tube de guidage.

3. Séparateur à cyclone (1) selon la revendication 2, dans lequel le tube de guidage est conçu élastique et un espace intérieur (18.3) du tube de guidage est conçu modifiable en volume permettant la modification de la section transversale du tube de guidage.

4. Séparateur à cyclone (1) selon la revendication 2 ou la revendication 3, dans lequel une paroi de tube (18.1, 18.2) du tube de guidage est conçue en forme de spirale.

5. Séparateur à cyclone (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le moyen de guidage (11.1, 11.2, 11.3, 11.4) est conçu élastique et le séparateur à cyclone (1) présente des moyens permettant de plonger et/ou d'étirer le moyen de guidage (11.1, 11.2, 11.3, 11.4) pour la modification de la section transversale du moyen de guidage (11.1, 11.2, 11.3, 11.4).

6. Séparateur à cyclone (1) selon la revendication 5, dans lequel le moyen de guidage (11.1, 11.2, 11.3, 11.4) présente au moins deux segments (16.1, 16.2, 16.3) le long de son extension axiale et dans lequel au moins deux segments (16.1, 16.2, 16.3) présentent des modules d'élasticité différents l'un de l'autre.

7. Séparateur à cyclone (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le moyen de guidage (11.1, 11.2, 11.3, 11.4) présente plusieurs segments (16.1, 16.2, 16.3) le long de son extension axiale et au moins deux segments (16.1, 16.2, 16.3) sont conçus en pouvant coulisser l'un par rapport à l'autre, permettant la modification de la section transversale du moyen de guidage (11.1, 11.2, 11.3, 11.4) en direction axiale (A).

8. Séparateur à cyclone (1) selon l'une des revendications précédentes, présentant des moyens permettant l'application d'une oscillation sur le moyen de guidage (11.1, 11.2, 11.3, 11.4) permettant la modification de la section transversale du moyen de guidage (11.1, 11.2, 11.3, 11.4).

9. Séparateur à cyclone (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le tube plongeur (7) est conçu modifiable dans sa section transversale ou présente un diaphragme (9) avec une section transversale légèrement modifiable.

10. Séparateur à cyclone (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le moyen de guidage (11.1, 11.2, 11.3, 11.4) est conçu dans une matière plastique, notamment à base d'un élastomère ou d'un thermoplastique.

11. Séparateur à cyclone (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la paroi périphérique (2) est conçue conique au moins sur une partie de son extension axiale.

12. Séparateur à cyclone (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'orifice d'entrée (4) présente une extension en forme de fente dans la direction axiale (A) de la chambre de traitement (3).

13. Séparateur à cyclone (1) selon l'une des revendications précédentes, présentant une sortie de solide (8) disposée à une extrémité (E.2) de la chambre de traitement permettant l'évacuation de solide de la chambre de traitement (3).

14. Procédé de mise en oeuvre d'un séparateur à cyclone (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la section transversale du moyen de guidage (11.1, 11.2, 11.3, 11.4) est modifiée au moins dans une partie de l'extension axiale du moyen de guidage (11.1, 11.2, 11.3, 11.4) en fonction d'un flux

massique, d'une vitesse d'écoulement, d'une charges en solides ou d'une charge en liquides du flux de processus.

15. Système de séparateur à cyclone présentant un séparateur à cyclone (1) selon l'une des revendications 1 à 13 ainsi qu'au moins un capteur permettant la détection d'un flux massique, d'une vitesse d'écoulement, d'une charges en solides ou d'une charge en liquides du flux de processus.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

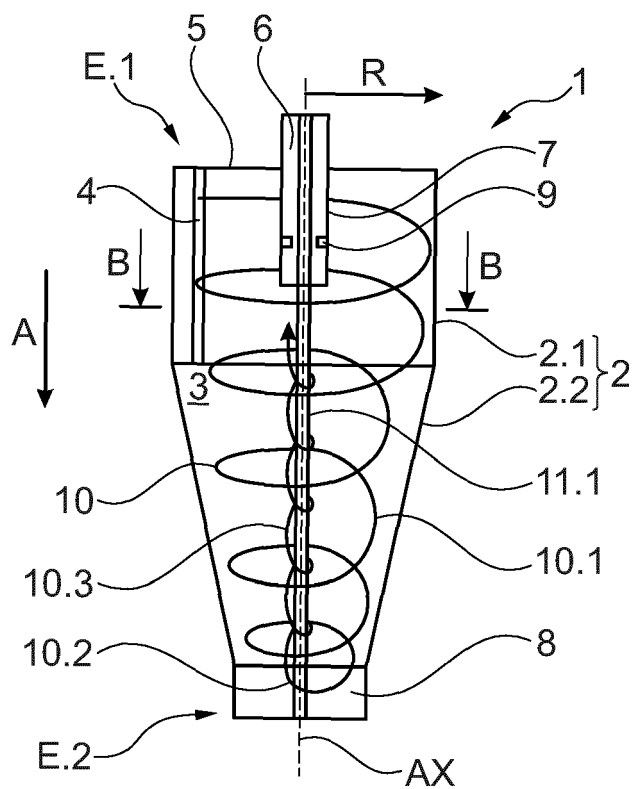


Fig. 1

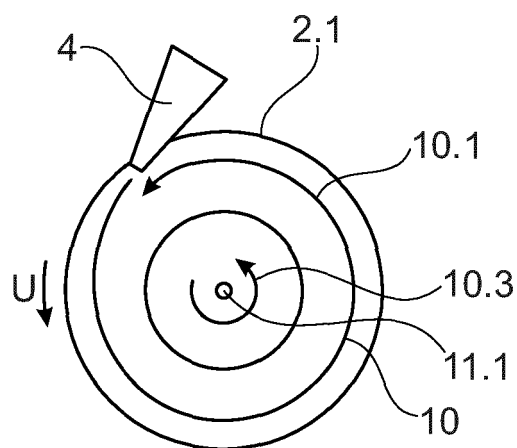


Fig. 2

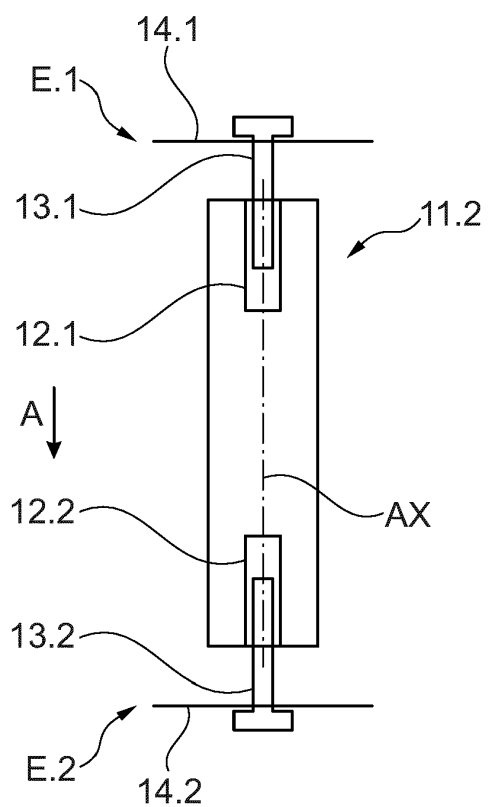


Fig. 3a

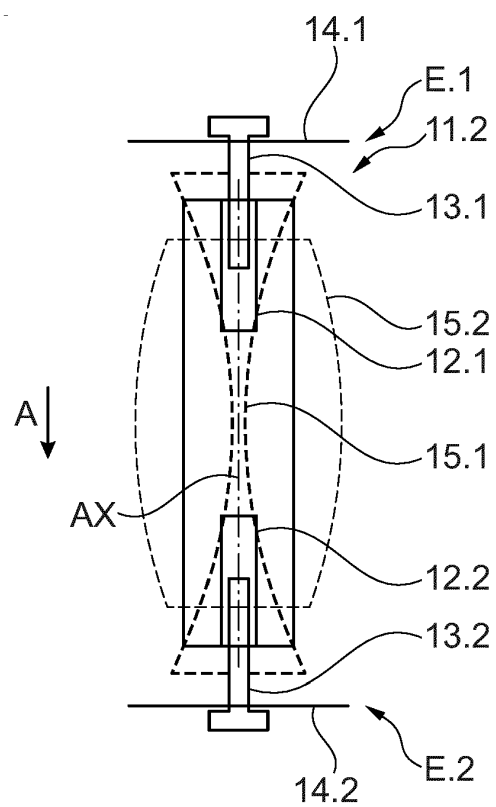


Fig. 3b

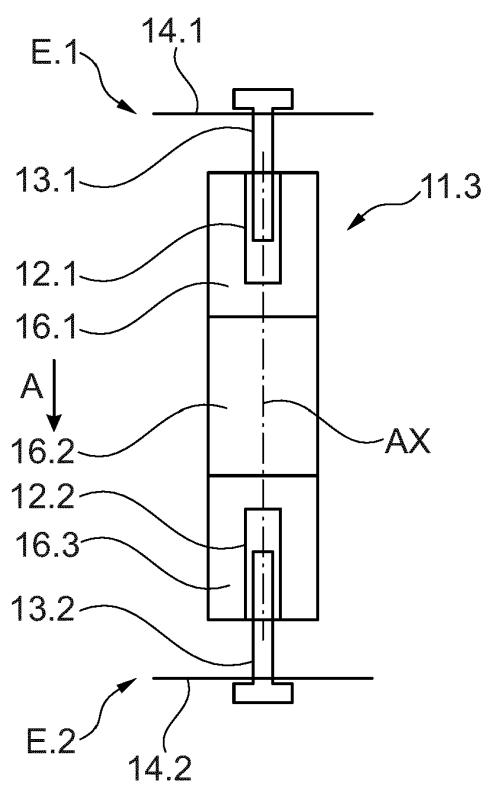


Fig. 4a

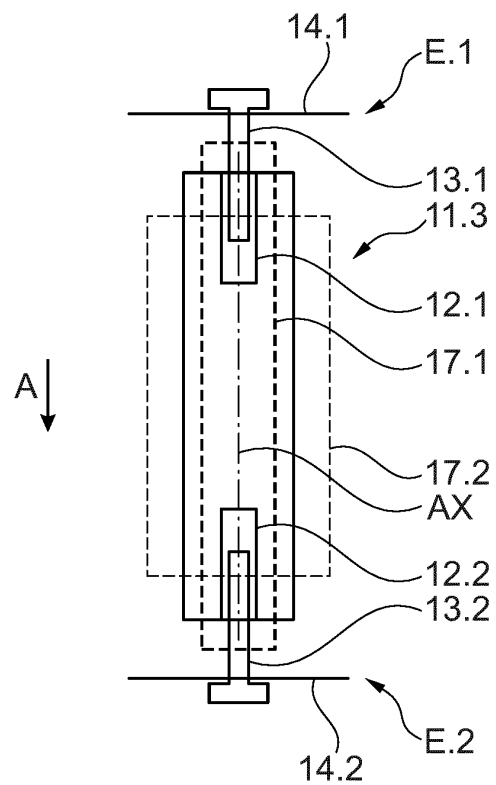


Fig. 4b

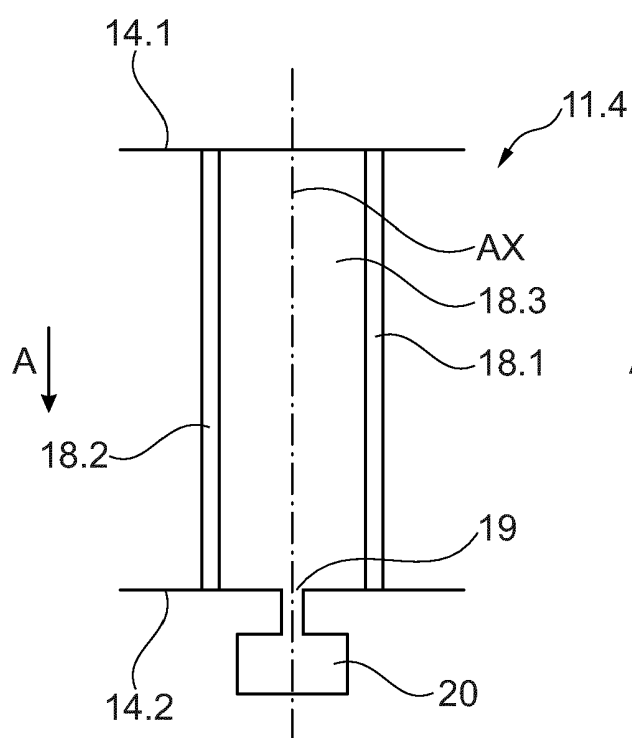


Fig. 5a

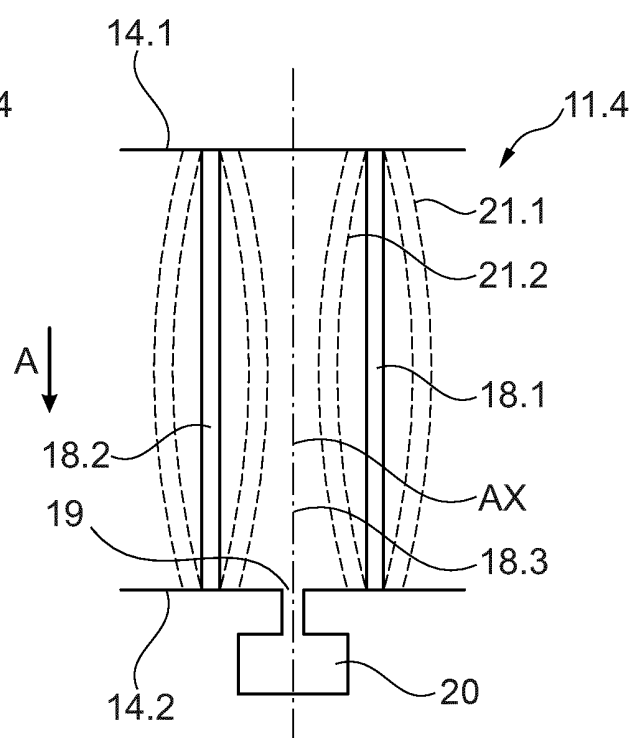


Fig. 5b

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

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

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- US 6312594 B1 [0003]