

Separator

Die Erfindung betrifft einen Separator nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Aus der WO 2014/000829 A1 ist ein gattungsgemäßer Separator zur Trennung eines fließfähigen Produktes in verschiedene Phasen bekannt, der eine drehbare Trommel mit einem Trommelunterteil und einem Trommeloberteil aufweist und ein in der Trommel angeordnetes Mittel zum Verarbeiten einer Suspension im Zentrifugalfeld von Feststoffen bzw. zum Trennen einer schweren feststoffartigen Phase von einer leichteren Phase im Zentrifugalfeld, wobei eines, mehrere oder sämtliche folgender Elemente aus Kunststoff oder einem Kunststoff-Verbundwerkstoff bestehen: das Trommelunterteil, das Trommeloberteil, das Mittel zum Klären. Derart ist es möglich, einen Teil der Trommel oder vorzugsweise sogar die gesamte Trommel - vorzugsweise nebst den Zulauf- und Ablaufsystemen bzw. -bereichen - für eine Einmalverwendung auszulegen, was insbesondere in Hinsicht für die Verarbeitung pharmazeutischer Produkte wie Fermentationsbrühen oder dgl. von Interesse und Vorteil ist, da nach dem Betrieb zur Verarbeitung einer entsprechenden Produktcharge im während der Verarbeitung der Produktcharge vorzugsweise kontinuierlichen Betrieb keine Reinigung der produktberührenden Teile der Trommel durchgeführt werden muss sondern diese insgesamt ausgetauscht werden kann. Gerade aus hygienischer Sicht ist dieser Separator damit sehr vorteilhaft. Um eine physische Trennung zwischen dieser Einweg-Trommel und dem Antrieb zu erreichen, ist eine berührungsfreie Kupplung zwischen Antrieb und Trommel vorteilhaft.

Aus der WO 2015/1100501 A1 ist eine Vorrichtung zur Trennung von Blut in zwei Phasen unterschiedlicher Dichte bekannt, enthaltend eine magnetische Antriebsvorrichtung und ein Behältnis, das durch die Antriebsvorrichtung in eine Drehbewegung um seine eigene Achse versetzt wird, wobei das Behältnis mindestens ein offenes Ende und in diesem mindestens einen Einlass aufweist, und wobei das Behältnis magnetisch schwebend gelagert ist. Problematisch ist insofern die nicht zufriedenstellend gelöste Ableitung der beiden sich bei der zentrifugalen Trennung bildenden Phasen aus dem offenen, becherartigen Rotor.

In der WO 2015/1100501 A1 wird insofern zwar auch vorgeschlagen, das sich drehende Behältnis in ein sich nicht drehendes, das sich drehende Behältnis umgeben-

des Gehäuses einzusetzen, das bis auf einen Zulauf und zwei Abläufe geschlossen ausgebildet ist. Durch das stillstehende Gehäuse ist vertikal von oben in das sich drehende Behältnis ein zentrisches Zulaufrohr hineingeführt, aus dem eine erste Phase wiederum vertikal nach oben mit einer Art Schälorgan abgepumpt wird und
5 wobei das sich drehende Behältnis ferner an seinem vertikal oberen Ende einen Überlauf für eine zweite Phase aufweist, so dass diese im Betrieb in das umgebende sich nicht drehende Gehäuse fließt, so dass sich dieses im Betrieb füllt, bis die Flüssigkeitsphase auch aus dem stillstehenden Gehäuse wiederum durch einen Überlauf nach außen abfließt. Diese Konstruktion bringt den Nachteil mit sich, dass nur kaum
10 sinnvoll höhere Drehzahlen realisierbar sind, da das innere - sich drehende - Behältnis in der sich im Gehäuse sammelnden Flüssigkeit rotiert.

Die Erfindung hat die Aufgabe, dieses Problem zu lösen.

Die Erfindung löst diese Aufgabe durch den Gegenstand des Anspruchs 1. Sie schafft einen Separator zur Trennung einer fließfähigen Suspension in einem Zentrifugalfeld in wenigstens zwei fließfähige Phasen verschiedener Dichte, der wenigstens folgendes aufweist:

- a) ein im Betrieb stillstehendes Gehäuse, das nach Art eines Behälters ausgelegt ist, der zumindest zwei Öffnungen aufweist,
- b) eine innerhalb des Gehäuses angeordnete und um eine Drehachse drehbare
20 Trommel mit einer Drehachse, welche wenigstens eine Öffnung aufweist,
- c) wobei zumindest abschnittsweise oder durchgehend zwischen der Trommel und dem Gehäuse ein Spalt ausgebildet ist,
- d) eine Lager- und Antriebsvorrichtung, die wenigstens zwei Lager- und/oder Antriebseinheiten aufweist, mit welcher die Trommel innerhalb des Gehäuses in der
25 Schwebe gehalten, gelagert und/oder in Drehung versetzt werden kann,
- e) wobei eine der Lager- und/oder Antriebseinheiten ein erstes Magnetlager aufweist, das zumindest dazu ausgelegt ist, die Trommel axial zu lagern und (jedenfalls im Betrieb bei einer Drehung der Trommel) in der Schwebe zu halten,
- f) wobei wenigstens eine weitere der Lager- und/oder Antriebseinheiten dazu
30 ausgelegt ist, die Trommel axial zu lagern.

Dieser Separator ist sehr gut auch zum Betrieb bei höheren Drehzahlen geeignet. Zudem kann er auch gut für eine Einmalverarbeitung – beispielsweise für eine zentri-

fugale Trennung einer Produktcharge einer fließfähigen Suspension in verschiedene Phasen – genutzt und danach entsorgt werden. Dabei besteht ein besonderer Vorteil darin, dass neben einem in erster vertikaler Ausrichtung der Drehachse unteren Axiallager ein weiteres Axiallager – z.B. an einem gegenüberliegenden Ende der Trommel oder ggf. auch in der Trommel - vorgesehen ist. Denn dies ermöglicht es, dass die Drehachse der Trommel vertikal aber alternativ auch vorteilhaft aus der Vertikalen geneigt angeordnet werden kann. Dabei ist eine beliebige Anordnung der Drehachse möglich. Die Drehachse kann also unter einem Winkel von $0 - 180^\circ$, aus der ursprünglichen Vertikalen geneigt sein, also z. B. auch horizontal ausgerichtet verlaufen – also um 90° zur Vertikalen geneigt ausgerichtet sein. Daher ist auch eine hängende Anordnung der Trommel möglich, so dass die Drehachse quasi gedreht wird – so dass die Zulauföffnung nach unten gerichtet sein kann - ohne dass es dadurch zu Lagerungsproblemen der Trommel kommt.

Sofern hier oder nachfolgend „eine erste vertikale Ausrichtung der Drehachse“ betrachtet wird, heißt dies, dass die Lage der Elemente der Zentrifuge in einer vertikalen Ausrichtung der Drehachse wie beschrieben realisierbar ist bzw. realisiert ist. Die Drehachse kann praktisch dann aber auch schräg zur vertikalen Ausrichtung ausgerichtet sein.

20

Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung ist vorgesehen, dass die zwei Lager- und/oder Antriebseinheiten in Richtung der Drehachse axial zueinander versetzt angeordnet sind und dass bei einer ersten vertikalen Ausrichtung der Drehachse die untere und/oder die obere der beiden Lager- und/oder Antriebseinheiten dazu ausgelegt ist, die Trommel axial zu lagern und in der Schwebe zu halten. Es ist dann vorzugsweise vorgesehen, dass die zweite der Lagereinrichtungen in der ersten vertikalen Ausrichtung der Drehsache D oberhalb des ersten Magnetlagers angeordnet ist. Zudem kann also entweder die untere der beiden Lager- und/oder Antriebseinheiten die Trommel in der Schwebe halten oder die obere oder beide Lager- und/oder Antriebseinheiten übernehmen diese Aufgabe. Dabei kann dann vorteilhaft weiter vorgesehen sein, dass eine und/oder beide der Lager- und/oder Antriebseinheiten dazu ausgelegt ist/sind und dazu nutzbar ist/sind, die Trommel innerhalb des Gehäuses in Drehung zu versetzen. Besonders vorteilhaft ist, wenn beide der Lager- und/oder

30

Antriebseinheiten so ausgestaltet sind, so dass sie wahlweise einzeln oder gemeinsam für diesen Antrieb nutzbar sind.

Es kann nach einer Option vorgesehen sein, dass die erste der Lager- und/oder Antriebseinheiten als kombinierte Lagereinrichtung ausgebildet ist, die neben einer Axiallagerung auch eine Radiallagerung der Trommel bewirkt. Es kann ferner optional oder alternativ aber auch vorgesehen sein, dass die zweite bzw. weitere der Lager- und/oder Antriebseinheiten als kombinierte Lagereinrichtung ausgebildet ist, die neben einer Axiallagerung auch eine Radiallagerung der Trommel bewirkt. Diese vorteilhafte Kombination kann jeweils auf verschiedene Weise umgesetzt werden.

So kann vorgesehen sein, dass eine oder beide der Lager- und/oder Antriebseinheiten je ein Radiallager und ein Axiallager aufweist/aufweisen. Die Begriffe „Radiallager“ und „Axiallager“ sind dabei eher funktional zu betrachten. Sie können durch zwei eigene konstruktive Lager gebildet werden oder durch ein einziges Lager, dass die Funktionen Axiallager und Radiallager miteinander vereinigt.

Es kann auch vorteilhaft vorgesehen sein, dass die wenigstens eine oder beide Lagereinrichtung(en), die neben einer Radiallagerung auch eine Axiallagerung der Trommel bewirkt/bewirken, ein schräg zur Drehachse D wirkendes Lager aufweist/aufweisen.

Erfindungsgemäß sind verschiedenste Separatoren realisierbar. So kann der Separator als Kläreinrichtung ausgebildet sein, mit der eine Suspension von Feststoffen klärbar ist, wobei vorzugsweise ausschließlich die geklärte Suspension aus der Trommel und aus dem Gehäuse ableitbar ist. Es ist aber auch möglich, dass der Separator als eine Trenneinrichtung ausgebildet ist, mit der eine Suspension alternativ oder zusätzlich in zwei fließfähige Phasen trennbar ist, welche beide aus dem Gehäuse ableitbar sind.

Es ist dabei zweckmäßig, wenn das Gehäuse wenigstens zwei Öffnungen aufweist, von denen eine für eine Zuleitung einer im Zentrifugalfeld zu verarbeitenden Suspension und wenigstens eine für eine Ableitung einer Phase der im Zentrifugalfeld verarbeiteten Suspension ausgelegt ist. Es ist aber auch denkbar, dass das Gehäuse ge-

nau drei Öffnungen oder mehr als drei Öffnungen aufweist. Das Gehäuse kann ansonsten hermetisch geschlossen ausgebildet sein.

5 Und schließlich kann weiter vorteilhaft vorgesehen sein, dass das Gehäuse ausschließlich drei Öffnungen aufweist und ansonsten hermetisch geschlossen ausgebildet ist. Dies erleichtert es, einen Separator zu schaffen, der die Einwegkomponenten „Trommel“ und „Gehäuse“ aufweist, wohingegen zumindest Teile der Lager- und Antriebsvorrichtung wiederverwendbar sind.

10 So kann auch vorgesehen sein, dass das Gehäuse ferner wenigstens eine Funktionsöffnung, insbesondere zum Anschluss einer ein Vakuum erzeugenden Einrichtung, aufweist.

Es ist dabei denkbar, dass die Trommel in dem Gehäuse wenigstens einen Zulauf
15 und nur einen einzigen Ablauf oder mehrere Abläufe aufweist.

Dabei kann die wenigstens eine der Lager- und/oder Antriebseinheiten, die neben einer Radiallagerung auch eine Axiallagerung der Trommel bewirkt, permanent- und/oder elektromagnetisch wirken. Es kann aber auch alternativ vorteilhaft vorgesehen
20 sein, dass sie gleitlagerartig wirkt. Diese Variante der Erfindung ist besonders kostengünstig und konstruktiv einfach umzusetzen. Das Gleitlager ist insbesondere für eine nur einmal zu verwendende Zentrifuge hinreichend zur Lagerung geeignet.

Nach einer vorteilhaften Variante kann vorgesehen sein, dass der Zulauf als Zulauf-
25 rohr ausgebildet ist, das sich bei einer ersten vertikalen Ausrichtung der Drehachse von oben vertikal in Richtung des Zentrums des Gehäuses erstreckt. Es kann auch vorgesehen sein, dass die zwei Abläufe radial ausgerichtet sind.

In einer besonders bevorzugten vorteilhaften Variante wird das Gleitlager dabei
30 durch ein dornartiges Zulaufrohr, das sich mit einer Zentrierspitze in einer dazu korrespondierenden Vertiefung in dem Verteilersockel abstützt, gebildet. Derart wird eine besonders kostengünstige Lagerung realisiert, bei der zudem mehrere Funktionen – Axiallagerung, Radiallagerung, Zulauffunktion, vorteilhaft zusammengefasst wer-

den. Auch derart kann die Drehachse der Trommel wiederum geneigt zur Vertikalen geneigt angeordnet werden.

5 Ebenfalls vorteilhaft ist, wenn die zwei Abläufe radial ausgerichtet sind, wobei beide Abläufe bei einer ersten vertikalen Ausrichtung der Drehachse an einem oberen axialen Ende der Trommel ausgebildet sind. Dadurch ergibt sich eine einzige Anschlussseite für die Ableitung der Flüssigphasen.

10 Es kann für ein Erreichen besonders hoher Drehzahlen sowie für einen besonders stabilen Betrieb vorteilhaft vorgesehen sein, dass an der Trommel der erste Flüssigkeitsablauf im oberen axialen Bereich – vorzugsweise am oberen axialen Ende - und der zweite Flüssigkeitsablauf im unteren axialen Bereich der Trommel – vorzugsweise am unteren axialen Ende eines zylindrischen Abschnitts der Trommel - ausgebildet ist. Diese Abläufe können aber auch beide an einem gemeinsamen Ende der
15 Trommel ausgebildet sein.

Es kann auch vorgesehen sein, dass eine weitere – vorzugsweise dann eine dritte - der Lager- und/oder Antriebseinheiten dazu ausgelegt ist, die Trommel bei einer ersten vertikalen Ausrichtung radial zu lagern und in Drehung zu versetzen.
20

Es kann weiter vorteilhaft vorgesehen sein, dass zwischen der Trommel und dem Gehäuse – insbesondere im Bereich eines oder mehrerer Abläufe - eine oder mehrere Dichtungen angeordnet sind. Dadurch kann beispielsweise vorteilhaft eine Vermischung der abzuführenden Flüssigphasen sicher vermieden werden, wenn zwei bzw.
25 beide Ablauföffnungen axial nebeneinander oder dicht zueinander z.B. am oberen axialen Ende der Trommel angeordnet sind.

Es kann weiter vorteilhaft vorgesehen sein, dass wenigstens einem der beiden Flüssigkeitsabläufe eine Einrichtung zum Verstellen der Trennzone innerhalb der Trommel zugeordnet ist.
30

Es kann derart jeweils nach dem Hauptanspruch und nach einem oder mehreren der Unteransprüche ein Separator geschaffen werden, bei dem die Trommel und das Gehäuse als Einwegseparator ausgebildet sind und der nach einer Einmalverwen-

derung entsorgbar ist, wobei die wenigstens zwei Lager- und/oder Antriebseinheiten außen vom Gehäuse abnehmbar wiederverwendbar ausgebildet sind.

Die Erfindung schafft derart auch eine Verwendung eines Separators nach Anspruch
5 27 als Einwegseparator, der nach einer Einmalverwendung entsorgbar ist, wobei die wenigstens zwei Lager- und/oder Antriebseinheiten zuvor außen vom Gehäuse abnehmbar sind bzw. abgenommen werden.

Anzumerken ist noch, dass die Merkmale a) bis e) für sich auch bereits einen vorteil-
10 haften Separator schaffen, wobei durch die Kombination dieser Merkmale mit einem oder mehreren der Unteransprüche weitere erfinderische Separatoren geschaffen werden können.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entneh-
15 men.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezug auf die Zeichnung näher beschrieben, wobei auch weitere vorteilhafte Varianten und Ausgestaltungen diskutiert werden. Es sei betont, dass die nachfolgend diskutierten Ausführungsbeispiele die Erfindung nicht abschließend beschreiben soll, sondern
20 dass auch nicht dargestellte Varianten und Äquivalente realisierbar sind und unter die Ansprüche fallen. Es zeigt:

Figur 1: eine schematische Darstellung einer ersten Zentrifuge;

25 Figur 2: eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Zentrifuge;

Figur 3: eine schematische Darstellung einer Ausführungsvariante der Zentrifuge nach Fig. 2;

30 Figur 4: eine schematische Darstellung einer Ausführungsvariante der Zentrifuge nach Fig. 3;

Figur 5: eine schematische Darstellung einer weiteren erfindungsgemäßen Zentrifuge; und

Figur 6: eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Zentrifuge.

5

Eine Zentrifuge 1 nach dem Stand der Technik (siehe Fig. 1) weist ein im Betrieb stillstehendes Gehäuse 10 auf. Dieses Gehäuse 10 besteht vorzugsweise aus einem Kunststoff- oder aus einem Kunststoff-Verbundwerkstoff. Das Gehäuse 10 weist hier einen unteren zylindrischen Abschnitt 101 und einen oberen konischen Abschnitt 102 auf. Der untere zylindrische Abschnitt kann wiederum in zylindrische Bereiche verschiedenen Durchmesser unterteilt sein.

Das Gehäuse 10 ist nach Art eines Behälters ausgelegt, der vorteilhaft bis auf drei (noch zu erörternde) Öffnungen hermetisch geschlossen ausgebildet ist. Diese Öffnungen sind eine Zulauföffnung 103 und zwei Abläufe 104, 105. Die Zulauföffnung 103 ist von einem Zulaufrohr 106 durchsetzt, dass sich von oben vertikal in Richtung des Zentrums des Gehäuses 10 erstreckt. Die zwei Abläufe 104, 105 erstrecken sich hier im Wesentlichen radial.

Der erste Ablauf 104 ist hier im oberen – hier konischen - Abschnitt 102 des Gehäuses 10 ausgebildet. Vorzugsweise ist er direkt am oberen Ende des Gehäuses 10 ausgebildet. Der zweite Ablauf 105 ist hier hingegen im hier zylindrischen unteren Abschnitt 101, hier im vertikal unteren Ende eines Bereiches des zylindrischen Abschnitts 101 des Gehäuses 10 ausgebildet.

25

Den Abläufen 104, 105 vorgeschaltet sind Ringräume 107, 108 des Gehäuses. Die Abläufe ermöglichen einen Ablauf von Flüssigkeit aus den Ringräumen 107, 108 im Betrieb der sich dann drehenden Trommel 20. Die Bedeutung und die vorteilhafte Wirkung dieser Ringräume 107, 108 werden weiter unten noch erläutert.

30

Die Abläufe 104, 105 des Gehäuses sind hier als radial aus dem Gehäuse 10 führende Stutzen ausgebildet, an die Leitungen, insbesondere Schläuche oder dgl. (hier nicht dargestellt), anschließbar sind. An die Zu- und Abläufe werden vorzugsweise

eine Zu- und mehrere Ablaufleitungen, insbesondere Ablaufrohre oder Schläuche angeschlossen.

Innerhalb des Gehäuses 10 ist eine drehbare Trommel 20 mit einer gedachten „idealen“ Drehachse D angeordnet, die eine vertikale Drehachse ist. Die reale Drehachse weicht durch Präzessionsbewegungen von dieser „idealen Drehachse“ D ab.

Die Trommel 20 und ihre Bestandteile bestehen ganz oder jedenfalls zum überwiegenden Teil (idealerweise bis auf noch zu erläuternde Magnete) ebenfalls aus einem Kunststoff- oder aus einem Kunststoff-Verbundwerkstoff. Auch die Trommel 20 weist hier einen unteren zylindrischen Abschnitt 201 und einen oberen konischen Abschnitt 202 auf.

Das Zulaufrohr 106 des Gehäuses 10 steht wie dieses im Betrieb still. Es erstreckt sich hier vertikal von oben durch die Zulauföffnungen des Gehäuses 10 bis in die Trommel 20 bis in ein zum Zulaufrohr konzentrisches Verteilerrohr 203 des Verteilers 204 der Trommel 20.

Zwischen dem sich im Betrieb nicht drehenden Zulaufrohr 106 und dem sich drehenden Verteilerrohr 203 der Trommel 20 kann eine Lagereinrichtung 310 ausgebildet sein. Diese Lagereinrichtung 310 ist als ein Radiallager 311 ausgebildet, dass hier vorzugsweise als Magnetlager ausgebildet ist, das die Trommel 20 an ihrem oberen Ende während des Betriebes stabilisieren soll. Dieses Radial-Magnetlager 311 am oberen Ende der Trommel 20 – auch Trommelkopf genannt – mindert in einfacher Weise mögliche Pendelbewegungen der Trommel 2. Es weist beispielsweise korrespondierende Magnete umlaufend verteilt um das Zulaufrohr 106 und in dem Verteilerrohr 203 auf, die radial zueinander in definierten Abständen angeordnet sind und magnetlagerartig zusammenwirken.

Das Verteilerrohr 203 des Verteilers 204 mündet nach unten in radiale Verteilerkanäle 205, die in einen Trennraum bzw. Schleuderraum 206 führen. In diesem Trennraum 206 kann ein Klärmittel wie ein Tellerpaket 207 angeordnet sein. Der Verteiler 204 kann einen Verteilersockel 205a aufweisen, der wiederum einen unteren zylind-

rischen Ansatz 205b aufweist, der nach unten hin axial aus der Trommel 20, insbesondere aus deren zylindrischem Abschnitt 201 vorsteht.

In dem Trennraum 206 wird eine zu verarbeitende Suspension S, die durch das Zulaufrohr 106 in die Trommel 20 geleitet wird, im angetriebenen Drehbetrieb der Trommel 20 durch die Zentrifugalkraft in zumindest zwei fließfähige Phasen LP und HP verschiedener Dichte getrennt. Die Phase LP geringerer Dichte strömt im Trennraum 206 radial nach innen und wird dort über einen ersten Ableitungskanal 208 nach oben in die radiale Ableitung 209 und wird durch diese radial aus der sich drehenden Trommel in den ersten Ringraum 107 ausgestoßen. Hierbei verlässt die Phase LP die Trommel auf einem Radius r_o . Von dort fließt sie - aufgrund ihres Impulses im Ringraum kreisend - durch die obere Ableitung 104 aus dem Gehäuse 10.

Die Phase HP größerer Dichte strömt im Trennraum 206 radial nach außen und wird nach unten hin über einen Scheideteller bzw. ein Ringwehr 210 in einen zweiten Ableitungskanal 211 unterhalb des Ringwehrs 210 hier zunächst radial nach innen geleitet und aus diesem radial aus der sich drehenden Trommel 20 in den zweiten unteren Ringraum 108 ausgestoßen. Von dort fließt diese zweite Flüssigkeitsphase größerer Dichte - aufgrund ihres Impulses im Ringraum 108 kreisend - durch die zweite untere Ableitung 105 aus dem Gehäuse 10. Hierbei verlässt die Phase HP die Trommel auf einem Radius r_u . Durch das Verhältnis von r_o zu r_u lässt sich der Radius der Trennzone zwischen den beiden Phasen innerhalb des Tellerpaketes einstellen und derart eine Regulierung der Durchfußmengen der einzelnen Phasen realisieren. Hierzu wird in einfacher Weise durch eine Blende (hier nicht dargestellt) der Radius r_u verändert.

In dem vertikalen Bereich zwischen den Ableitungen 104 und 105 sind das Gehäuse 10 und die Trommel 20 durch einen Luftspalt LS voneinander beabstandet. Dies ist vorteilhaft, da derart relativ problemlos eine hohe Drehzahl der Trommel 20 erreicht werden kann. Der Luftspalt LS füllt sich in diesem Bereich nicht mit einer der abzuleitenden Phasen HP, LP.

Bei abgedichteten erfindungsgemäßen Zentrifugen wie in Figur 4 dargestellt, kann in einer weiteren Variante der Gasdruck in diesem Luftspalt durch eine Unterdruckvorrichtung reduziert werden. Hierdurch wird die Luftreibung der rotierenden Trommel gesenkt und somit die erforderliche Antriebsenergie für die Trommel verringert. Die Unterdruckvorrichtung kann hierfür z.B. im unteren Abschnitt 101 des Gehäuses 10 angeschlossen werden (nicht dargestellt).

Bei einer weiteren Variante der abgedichteten erfindungsgemäßen Zentrifugen wie in Figur 4 dargestellt, kann die Luft, welche sich im Luftspalt (LS) befindet durch ein Gas ersetzt werden, welches eine geringere Dichte hat als Luft, wie z.B. Helium. Auch hierdurch wird die Luftreibung der rotierenden Trommel gesenkt und somit die erforderliche Antriebsenergie für die Trommel verringert. Eine entsprechende Gasversorgung kann hierfür z.B. im unteren Abschnitt 101 des Gehäuses 10 angeschlossen werden (nicht dargestellt).

Die Trommel 20 wird innerhalb des Gehäuses 10 durch eine Lager- und Antriebsvorrichtung 30 in der Schwebe gehalten und in Drehung versetzt. Die Lager- und Antriebsvorrichtung 30 kann eine oder mehrere Lager- und/oder Antriebseinheiten aufweisen, die nach einem elektro- oder permanentmagnetischen Wirkprinzip arbeiten können.

Hier umfasst sie vorzugsweise wenigstens zwei oder drei dieser Lager- und/oder Antriebseinheiten.

So kann die Lager- und Antriebsvorrichtung 30 als Lager- und/oder Antriebseinheit die bereits beschriebene obere Lagereinrichtung 310 aufweisen.

Die Lager- und Antriebsvorrichtung 30 kann als Lager- und/oder Antriebseinheiten ferner eine untere axial wirkende Lagereinrichtung 320 aufweisen.

Diese untere axial wirkende Lagereinrichtung 320 dient auch dazu, die Trommel 20 innerhalb des Gehäuses 10 axial durch Levitation in der Schwebe zu halten. Sie kann erste Magnete 321 an einem Widerlager, beispielsweise an der Unterseite des Gehäuses oder an einem Stator 331 unterhalb des Gehäuses 10 aufweisen.

Zudem kann die axial wirkende Lagereinrichtung 320 axial oberhalb der ersten Magnete 321 angeordnete und zu diesen beabstandete zweite Magnete 322 im unteren Bereich, insbesondere im unteren Bereich der Trommel 20 aufweisen.

5 Diese ersten und/oder zweiten Magnete 321, 322 können als geeignet ausgerichtete bzw. gepolte Permanentmagnete ausgebildet sein, derart, dass die Trommel 1 im Drehbetrieb axial in der Schwebe gehalten werden kann. Diese Magnete 321, 322 können dazu umlaufend oder geeignet umfangsverteilt auf zwei vertikal fluchtenden Kreisen gleichen Durchmessers angeordnet sein, derart, dass ihre Wirkung dafür
10 sorgt, dass die Trommel 20 innerhalb des Gehäuses axial magnetisch levitierend in der Schwebe gehalten wird. Auch Elektromagnete inkl. einer geeigneten Ansteuer- einrichtung (hier nicht dargestellt) können für die Funktion der ersten Magnete 321 eingesetzt werden.

15 Die Lager- und Antriebsvorrichtung 30 kann ferner einen Elektromotor 330 aufwei- sen, dessen Rotormagnet 332 an der Trommel 20 ausgebildet ist und dessen Stator 331 und Statormagnet 333 außerhalb des Gehäuses 10 ausgebildet ist. Die Zentrie- rung der Trommel geschieht durch geeignete Ansteuerung der Statormagnete 333.

20 Insgesamt wird derart eine untere Lager- und Antriebseinheit gebildet. Diese kann elektromagnetisch betrieben werden. Es ist aber auch ein Antrieb über rotierende Permanentmagneten realisierbar.

Derartige Lager- und Antriebsvorrichtungen bzw. deren Lager- und Antriebseinheiten
25 werden von der Firma Levitronix z.B. für den Antrieb von Zentrifugalpumpen verwen- det (EP2273124B1).

Im Betrieb dreht sich die Trommel 20. Dabei wird sie axial in der Schwebe gehalten und radial zentriert. Vorzugsweise wird die Trommel 20 mit einer Drehzahl zwischen
30 1.000 und 20.000 Umdrehungen pro Minute betrieben. Die aufgrund der Rotation entstehenden Kräfte führen zur bereits weiter oben beschriebenen Trennung einer zu verarbeitenden Suspension in verschiedene fließfähige Phasen und zu deren Ablei- tung, wie weiter oben bereits im Detail beschrieben.

Mit der beschriebenen Ausführung ist es wiederum möglich, einen Separator nebst Gehäuse 10 zu schaffen, der bis auf das Antriebssystem und Teile der Lagerung für eine Einmalverwendung ausgelegt werden kann, was wiederum insbesondere in Hinsicht für die Verarbeitung pharmazeutischer Produkte wie Fermentationsbrühen oder
5 dgl. von Interesse und Vorteil ist, da nach dem Betrieb zur Verarbeitung einer entsprechenden Produktcharge im während der Verarbeitung der Produktcharge vorzugsweise kontinuierlichen Betrieb keine Reinigung der Trommel durchgeführt werden muss sondern der Separator nebst Gehäuse insgesamt ausgetauscht werden kann. Ggf. können einzelne Elemente wie Magnete geeignet recycelt werden.

10

Um Wiederholungen zu vermeiden, werden im Folgenden im Wesentlichen nur Unterschiede der erfindungsgemäßen Zentrifuge 1 zum oben detailliert erläuterten Stand der Technik beschrieben.

15 Wenigstens eine der Lager- und/oder Antriebseinheiten der Trommel 20 der erfindungsgemäßen Zentrifuge 1 nach Fig. 2 weist hier wenigstens eine Lagereinrichtung 310 auf, die derart gestaltet ist, dass sie neben einer Radiallagerung auch eine Axiallagerung bewirkt.

20 Die Lagereinrichtung 310 kann dazu nach einer Variante – wie dargestellt ein Radiallager 311 und ein Axiallager 312 aufweisen. Diese können – wie dargestellt - beide jeweils als Magnetlager ausgebildet sind. Alternativ ist es denkbar, sie als Gleitlager auszubilden (siehe z.B. Fig. 3). Es können auch oben und weiter unten an der Trommel je eine Lager- und/oder Antriebseinheit mit jeweils eine Lagereinrichtung
25 und optional einer Antriebseinheit vorgesehen sein, die jeweils neben einer Radiallagerung auch eine Axiallagerung bewirken und optional wahlweise einzeln oder gemeinsam auch zum (Dreh-)Antrieb nutzbar ist/sind. Dann kann die Trommel 10 entweder oben oder unten bzw. an einem ihrer Enden oder an beiden Enden angetrieben werden. Die beiden Lager- und/oder Antriebseinheiten können auch baugleich
30 ausgebildet sein, was sehr vorteilhaft ist. Zur Ansteuerung kann eine hier nicht dargestellte Steuerungsvorrichtung dienen.

Die Lagereinrichtung 310 – hier am in erster vertikaler Ausrichtung oberen Ende der Trommel 20 – auch Trommelkopf genannt – mindert in einfacher Weise mögliche Pendelbewegungen der Trommel 2 in radialer Richtung.

- 5 Dazu weist das als Magnetlager ausgebildete Radiallager 311 hier korrespondierenden Magnete umlaufend verteilt um das Zulaufrohr 106 und in oder an dem Verteilerrohr 203 auf, die radial beabstandet sind und magnetlagerartig zusammenwirken.

- 10 Ferner weist das als Magnetlager ausgebildete Axiallager 312 Magnete coaxial zum Zulaufrohr 106 und umlaufend verteilt um das Zulaufrohr 106 auf, die magnetlagerartig zwischen dem Trommelkopf der umlaufenden Trommel 20 und dem Gehäuse 10 angeordnet sind und in axialer Richtung wirken.

- 15 Derart kann die Drehachse D der Trommel 20 vorteilhaft aus der Vertikalen geneigt angeordnet werden, auch wenn in Fig. 2 eine erste vertikale Ausrichtung gezeigt ist, die selbstverständlich auch realisiert werden kann. Es ist aber auch eine quasi beliebige andere räumliche Ausrichtung der Drehachse D möglich. Die Drehachse D kann also z.B. unter einem Winkel von 45° aus der Vertikalen geneigt sein oder auch horizontal verlaufen –also um 90° zur Vertikalen geneigt sein. Weiterhin ist auch eine
20 hängende Anordnung der Trommel 20 denkbar, so dass die Drehachse D um 180° zu der Anordnung in Fig. 2 geneigt ist, ohne dass es dadurch zu Lagerungsproblemen der Trommel 20 kommt. Dies wäre eine zweite vertikale Ausrichtung der Drehachse, die realisierbar ist.

- 25 Eine der Lager- und/oder Antriebseinheiten der Trommel 20 der erfindungsgemäßen Zentrifuge 1 der Variante nach Fig. 3 weist als die Lagereinrichtung 310, die neben der Radiallagerung 311 auch eine Axiallagerung 312 der Trommel 20 bewirkt, ein schräg zur Drehachse D wirkendes Lager 315 auf. Das schräg zur Drehachse D wirkende Lager 315 ist als Gleitlager 315 ausgebildet.

30

Das Gleitlager 315 wird durch eine Zentrierspitze 110 eines dornartigen Zulaufrohrs 106 und einer zu der Zentrierspitze 110 korrespondierenden Vertiefung 212 die der Verteilersockel 205a ausbildet und in der sich die Zentrierspitze 110 abstützt, gebildet.

Das Gleitlager 315 kann auf Grund seiner geometrischen Gestaltung sowohl radiale Kräfte als auch axiale Kräfte aufnehmen. Es wird somit ein kombiniertes Radiallager 311 und Axiallager 312 gebildet.

- 5 Eine Verbindung zum Tellerpaket 207 ist durch eine radiale Öffnung 111 - hier als Bohrung ausgeführt - in dem Zulaufrohr 106 geschaffen.

10 Dadurch kann die Drehachse D der Trommel 20 vorteilhaft aus der ersten Vertikalen wie sie in Fig. 3 dargestellt ist- geneigt angeordnet sein. Dabei ist eine beliebige Anordnung der Drehachse D möglich. Die Drehachse D kann wiederum quasi beliebig schräg bzw. geneigt zur ersten Vertikalen ausgerichtet werden. Sie kann beispielsweise unter einem Winkel von 45° aus der Vertikalen geneigt sein oder auch horizontal verlaufen – also um 90° zur Vertikalen geneigt sein. Weiterhin ist auch eine hängende Anordnung der Trommel 20 möglich, so dass die Drehachse D um 180° zu
15 der Anordnung in Fig. 3 in einer zweiten Vertikalen geneigt ist, ohne dass es dadurch zu Lagerungsproblemen der Trommel 20 kommt.

Die Ausführungsvariante der Zentrifuge 1 in Fig. 4 kann hinsichtlich der Gestaltung der Lager- und Antriebsvorrichtung 30 der Trommel 20 der Ausführungsvariante
20 nach Fig. 3 entsprechen.

Abweichend davon weist die Ausführungsvariante der Zentrifuge 1 nach Fig. 4 eine Trommel 20 auf, bei der bei der dargestellten ersten vertikalen Ausrichtung der Drehachse D auch der Ablauf 105 der schwereren Phase im Bereich am oberen vertikalen Ende der Trommel bzw. im Bereich des Trommelkopfes angeordnet ist. Der
25 Ablauf 105 der schwereren Phase ist radial ausgerichtet. Er liegt hier axial unter dem Ablauf 104 der leichteren Phase. Im inneren der Trommel werden die zu trennenden Phase entsprechend zu diesen Abläufen geleitet. Beispielsweise wird die schwere Phase über einen Scheideteller 213 zu dem Ablauf 105 geleitet und die leichtere
30 Phase radial weiter innen zu ihrem Ablauf 104 geleitet.

Den Abläufen 104, 105 vorgeschaltet sind wiederum Ringräume 107, 108 des Gehäuses. Die Abläufe ermöglichen einen Ablauf von Flüssigkeit aus den Ringräumen 107, 108 im Betrieb der sich dann drehenden Trommel 20.

Um die Abläufe 104, 105 und/oder die Ringräume 107, 108 abzudichten, insbesondere gegeneinander abzudichten, kann oder können zwischen der Trommel 10 und dem Gehäuse 20 eine oder mehrere Dichtung(en) 109 vorgesehen sein.

- 5 Im Beispiel der Fig. 4 dichten zwei radiale wirkende Dichtungen 109a und b im Luftspalt einen axial oberen äußeren Bereich der Trommel 10 gegen den axial oberen inneren Bereich des Gehäuses 20 ab.

- 10 Eine weitere, axial wirkende Dichtung 109c dichtet eine axial obere Wand oder sonstige Begrenzung der Trommel 10 gegen eine axial obere Wand des Gehäuses 20 ab.

Die Dichtung(en) 109 ist/sind hier vorzugsweise als Gleitringdichtung ausgeführt. Alternativ können auch andere Dichtungen wie z.B. Eltringdichtungen zum Einsatz kommen.

15

- Nach Figur 5 ist vorgesehen, dass der Separator als Kläreinrichtung ausgebildet ist, mit der eine feststoffbelastete Flüssigkeit – eine Suspension - von Feststoffen klärbar ist. Dazu erstreckt sich durch die obere Öffnung 103 des Gehäuses das Zulaufrohr 106 durch eine obere Öffnung in der Trommel bis in die Trommel 20 hinein. Die Zu-
- 20 leitung der Suspension erfolgt wiederum durch die Verteilerkanäle 205 in den Trennraum 206. Dort trennen sich insbesondere im Tellerpaket 207 die Feststoffe der Suspension aus einer zu klärenden Suspension. Sie sammeln sich in der Trommel 20 im Bereich des größten Innendurchmessers bzw. Innenradius und lagern sich dort an. Sie bilden dabei ggf. innen an der Trommelwand einen Ring aus Feststoffen. Die
- 25 derart geklärte Flüssigkeitsphase fließt nach innen und hier dann nach oben aus der Trommel 20. Die Feststoffe werden nicht abgeleitet, sondern verbleiben in der Trommel und werden mit dieser nach dem Verarbeiten einer entsprechenden Produktcharge entsorgt. Derart kann beispielsweise eine Flüssigkeit von Metallpartikeln gereinigt werden.

30

Die Trommel 20 weist hier nur eine einzige obere Öffnung auf, aus der sowohl das Zulaufrohr 106 vorstehen als auch ein konzentrisch dazu verlaufendes Verteilerrohr 203. Der Ablauf 209 ist zwischen dem Außenumfang einen oberen Abschnitts eines des Verteilerrohrs 203 und dem Innenumfang des oberen Endes der Trommel 20

ausgebildet. Von dort fließt die gereinigte Flüssigkeit in einen Ringraum 107 und von dort hier radial nach außen aus dem Gehäuse durch den Ablauf 104. Auf diesen kann ein Schlauch oder dgl. aufgesetzt sein. Auch derart wird ein vorteilhafter Single Use Separator geschaffen. Der Separator ist hier beispielhaft ansonsten – insbesondere hinsichtlich der Lager und/oder Antriebsvorrichtung - nach Art des Separators der Fig.3 aufgebaut, kann aber auch anders aufgebaut sein, so nach Art der Fig. 1 oder 2.

Der Separator der Fig. 6 ähnelt dem der Fig. 5, ist aber als Trenner ausgebildet. Derart kann eine schwere Phase – beispielsweise eine Feststoffphase oder eine Flüssigkeitsphase – auch aus der Trommel abgeleitet werden. Hier ist dazu vorgesehen, dass die Trommel an ihrem Außenumfang zwei oder mehr Feststoffaustragsdüsen 214 aufweist, die umfangsverteilt im Bereich des größten Innendurchmessers der Trommel 20 die Trommelwand durchsetzen (radial oder schräg zur Radialen). Bei der Klärung einer Suspension, die wie in Fig. 5 in die Trommel 20 geleitet worden ist, sammeln sich die Feststoffe oder eine sonstige schwere Phase somit nicht außen in der Trommel immer weiter an, sondern sie werden durch die Feststoffaustragsdüsen aus der Trommel gestoßen. Sie sammeln sich derart an der Innenwand des Gehäuses beispielsweise in einem Ringraum/Ringkanal 112 und rotieren dort und werden durch eine Ableitung und Öffnung 113 des Gehäuses aus dem Gehäuse 10 abgeleitet oder an dem Gehäuse in einem Ringtank oder dgl. des Gehäuses gesammelt (hier nicht dargestellt).

Derart ist der Separator als eine Trenneinrichtung ausgebildet ist, mit der eine Suspension in zwei fließfähige Phasen oder eine fließfähige Phase und eine Feststoffphase trennbar ist, wobei diese Phasen jeweils für sich aus dem Gehäuse geleitet werden können. Der Begriff der Trenneinrichtung bezieht sich hier somit auch darauf, dass die getrennten Phasen separat aus der Trommel und aus dem Gehäuse abgeleitet werden können.

Nach Fig. 5 ist vorgesehen, dass das Gehäuse 10 nur zwei Öffnungen für wenigstens eine Zu- und wenigstens eine Ableitung aufweist. Nach Fig. 3 ist dagegen vorgesehen, dass das Gehäuse nur drei Öffnungen für wenigstens eine Zu- und wenigstens zwei Ableitungen aufweist.

Dabei könnte das Gehäuse aber alternativ zusätzlich auch wenigstens eine weitere Funktionsöffnung aufweisen, eine Öffnung zum Anschluss einer ein Vakuum bzw. eines Unterdruckes erzeugenden Einrichtung oder zum Einleiten eines Inertgases oder dgl. (jeweils nicht dargestellt).

Bezugszeichen

	Zentrifuge	1
5	Gehäuse	10
	unterer zylindrischer Abschnitt	101
	oberer konischer Abschnitt	102
	Zulauföffnung	103
	Abläufe	104, 105
10	Zulaufrohr	106
	Ringräume	107, 108, 112
	Dichtung	109a, 109b, 109c
	Zentrierspitze	110
	Öffnung	111
15	Ableitung	113
	Trommel	20
	unterer zylindrischer Abschnitt	201
	oberer konischer Abschnitt	202
20	Verteilerrohr	203
	Verteiler	204
	Verteilerkanäle	205
	Trennraum	206
	Tellerpaket	207
25	Verteilersockel	205a
	zylindrischer Ansatz	205b
	Ableitungskanal	208
	Ableitung	209
	Ringwehr	210
30	Ableitungskanal	211
	Vertiefung	212
	Scheideteller	213
	Feststoffaustragsdüsen	214

	Lager- und Antriebsvorrichtung	30
	obere Lagereinrichtung	310
	Radiallager	311
	Axiallager	312
5	Gleitlager	315
	untere axiale Lagereinrichtung	320
	erste Magnete	321
	Stator	331
	zweite Magnete	322
10	Elektromotor	330
	Stator	331
	Rotormagnet	332
	Statormagnet	333
15	Drehachse	D
	Suspension	S
	fließfähige Phasen	LP und HP
	Luftspalt	LS
	Oberer Radius	ro
20	Unterer Radius	ru

Patentansprüche

1. Separator (1) zur Trennung einer fließfähigen Suspension (S) in einem Zentrifugalfeld in wenigstens zwei fließfähige Phasen (HP, LP) verschiedener Dichte, der folgendes aufweist:
- 5
- a) ein im Betrieb stillstehendes Gehäuse (10), das nach Art eines Behälters ausgelegt ist, der zumindest zwei Öffnungen aufweist,
- b) eine innerhalb des Gehäuses (10) angeordnete und um eine Drehachse drehbare Trommel (20) mit einer Drehachse (D), welche wenigstens eine Öffnung aufweist,
- 10
- c) wobei zumindest abschnittsweise oder durchgehend zwischen der Trommel (20) und dem Gehäuse (10) ein Spalt ausgebildet ist,
- d) eine Lager- und Antriebsvorrichtung (30), die wenigstens zwei Lager- und/oder Antriebseinheiten aufweist, mit welcher die Trommel (20) innerhalb des Gehäuses (10) in der Schwebe gehalten, gelagert und/oder in Drehung versetzt werden kann,
- 15
- e) wobei eine erste der Lager- und/oder Antriebseinheiten ein Magnetlager aufweist, das zumindest dazu ausgelegt ist, die Trommel (20) axial zu lagern und in der Schwebe zu halten, und
- 20
- f) wobei wenigstens eine weitere der Lager- und/oder Antriebseinheiten dazu ausgelegt ist, die Trommel (20) axial zu lagern.
2. Separator (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die zwei Lager- und/oder Antriebseinheiten in Richtung der Drehachse (D) axial zueinander versetzt angeordnet sind und dass bei einer ersten vertikalen Ausrichtung der Drehachse (D) die untere und/oder die obere der beiden Lager- und/oder Antriebseinheiten dazu ausgelegt ist, die Trommel (20) axial zu lagern und in der Schwebe zu halten.
- 25
3. Separator (1) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass eine und/oder beide der Lager- und/oder Antriebseinheiten dazu ausgelegt ist/sind und dazu nutzbar ist/sind, die Trommel (20) innerhalb des Gehäuses (10) in Drehung zu versetzen.
- 30

4. Separator (1) nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die erste der Lager- und/oder Antriebseinheiten als kombinierte Lagereinrichtung (310) ausgebildet ist, die neben einer Axiallagerung auch eine Radiallagerung der Trommel (20) bewirkt.
- 5
5. Separator (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite bzw. weitere der Lager- und/oder Antriebseinheiten als kombinierte Lagereinrichtung (310) ausgebildet ist, die neben einer Axiallagerung auch eine Radiallagerung der Trommel (20) bewirkt.
- 10
6. Separator (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine oder beide der Lager- und/oder Antriebseinheiten ein Radiallager (311) und ein Axiallager (312) aufweist/aufweisen.
- 15
7. Separator (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine der Lagereinrichtungen (310), die neben einer Radiallagerung (311) auch eine Axiallagerung (312) der Trommel bewirkt, ein schräg zur Drehachse D wirkendes Lager (315) aufweist.
- 20
8. Separator (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite der Lagereinrichtungen in der ersten vertikalen Ausrichtung der Drehsache D oberhalb des ersten Magnetlagers angeordnet ist.
- 25
9. Separator (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass er als Kläreinrichtung ausgebildet ist, mit der eine Suspension von Feststoffen klärbar ist, wobei vorzugsweise ausschließlich die geklärte Suspension aus der Trommelableitbar ist.
- 30
10. Separator (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass er als eine Trenneinrichtung ausgebildet ist, mit der eine Suspension in zwei Phasen trennbar ist, wobei beide dieser Phasen aus der Trommelableitbar sind.

11. Separator (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse wenigstens zwei Öffnungen (103, 104) aufweist, von denen eine für eine Zuleitung einer im Zentrifugalfeld zu verarbeitenden Suspension und wenigstens eine für eine Ableitung einer Phase der im Zentrifugalfeld verarbeiteten Suspension aufweist.
12. Separator (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse wenigstens drei Öffnungen (103, 104, 105) aufweist.
13. Separator (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse ferner wenigstens eine Funktionsöffnung, insbesondere zum Anschluss einer ein Vakuum erzeugenden Einrichtung, aufweist.
14. Separator (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Trommel wenigstens einen Zulauf und nur einen einzigen Ablauf oder mehrere Abläufe aufweist.
15. Separator (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Zulauf als Zulaufrohr (106) ausgebildet ist, das sich bei einer ersten vertikalen Ausrichtung der Drehsache D von oben vertikal durch eine der Öffnungen des Gehäuses in die Trommel hinein erstreckt.
16. Separator (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer ersten vertikalen Ausrichtung der Drehsache D an der Trommel (20) ein erster Flüssigkeitsablauf (104) im oberen axialen Bereich und ein zweiter Flüssigkeitsablauf (105) im unteren axialen Bereich der Trommel (20) ausgebildet ist.
17. Separator (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die maximal zwei Abläufe (104, 105) radial ausgerichtet sind, wobei beide Abläufe (104, 105) bei einer ersten vertikalen Ausrichtung der Drehsache D an dem oberen axialen Bereich der Trommel (20) ausgebildet sind.

18. Separator (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens einer der Abläufe aus der Trommel Feststoffaustragsöffnungen, insbesondere Feststoffaustragsdüsen (214), im Trommelmantel umfasst.
- 5
19. Separator (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine Lagereinrichtung (310), die neben einer Radiallagerung (311) auch eine Axiallagerung (312) der Trommel bewirkt, wenigstens eines oder mehrere permanent- und/oder elektromagnetisch wirkende Lager aufweist.
- 10
20. Separator (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine Lagereinrichtung (310), die neben einer Radiallagerung (311) auch eine Axiallagerung (312) der Trommel bewirkt, wenigstens eines oder mehrere gleitlagerartig wirkende Lager aufweist.
- 15
21. Separator (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Gleitlager (315) durch ein dornartiges Zulaufrohr (106) gebildet ist, das sich mit einer Zentrierspitze (110) in einer dazu korrespondierenden Vertiefung (212) in dem Verteilersockel (205a) abstützt.
- 20
22. Separator (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in der Trommel (20) ein Verteiler (204) und ein Trennmittel, insbesondere ein Tellerpaket (207), angeordnet sind.
- 25
23. Separator (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens einem der beiden Flüssigkeitsabläufe (104, 105) eine Einrichtung zum Verstellen der Trennzone innerhalb der Trommel (20) zugeordnet ist.
- 30
24. Separator (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der Trommel und dem Gehäuse – insbesondere im Bereich eines oder mehrerer der Abläufe und/oder eines oder mehrerer der Ringräume – eine oder mehrere Dichtungen (109) angeordnet sind.

25. Separator (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse (10) ausschließlich zwei oder drei Öffnungen (103, 104, 105) aufweist und ansonsten hermetisch geschlossen ausgebildet ist.
- 5 26. Separator (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Trommel eine oder mehrere Feststoffaustragsdüsen aufweist.
27. Separator (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Spalt ein Luftspalt ist.
- 10 28. Separator (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Trommel und das Gehäuse als Einwegseparator ausgebildet sind, der nach einer Einmalverwendung entsorgbar ist, wobei die wenigstens zwei Lager- und/oder Antriebseinheiten außen vom Gehäuse abnehmbar wiederverwendbar ausgebildet sind.
- 15 29. Verwendung eines Separators (1) nach Anspruch 28 als Einwegseparator, der nach einer Einmalverwendung entsorgt wird, wobei die wenigstens zwei Lager- und/oder Antriebseinheiten zuvor vom Gehäuse abgenommen werden.
- 20