

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

**EP 1 468 742 A1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:

**20.10.2004 Patentblatt 2004/43**(51) Int Cl.7: **B04B 3/02**(21) Anmeldenummer: **04405165.4**(22) Anmeldetag: **18.03.2004**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
HU IE IT LI LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**

Benannte Erstreckungsstaaten:

**AL LT LV MK**(30) Priorität: **16.04.2003 EP 03405273**(71) Anmelder: **Ferrum AG****CH-5102 Rupperswil (CH)**

(72) Erfinder:

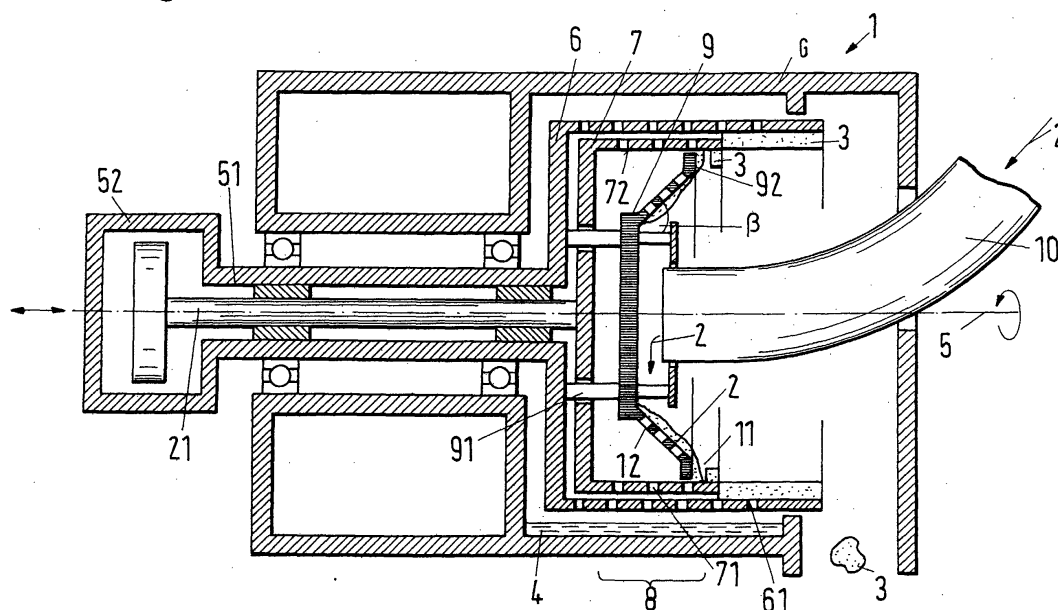
- **Reinach, Harald, Dr.**  
**79809 Remetschwil (DE)**

- **Geiger, Roy**  
**5503 Schafisheim (CH)**

(74) Vertreter: **Sulzer Management AG**
**Patentabteilung 0067,  
Zürcherstrasse 14  
8401 Winterthur (CH)**
(54) **Mehrstufige Schubzentrifuge**

(57) Die Erfindung betrifft eine mehrstufige Schubzentrifuge (1) zur Trennung eines Gemischs (2) in einen Feststoffkuchen (3) und in eine Flüssigphase (4). Dabei umfasst die mehrstufige Schubzentrifuge (1) eine um eine Drehachse (5) rotierbare äussere Siebtrommel (6) und mindestens eine in der äusseren Siebtrommel (6) angeordnete Siebstufe (7), einen in der Siebtrommel (6) angeordneten Gemischverteiler (8) mit einer Schubbodenvorrichtung (9), wobei entweder die Siebstufe (7) oder die Schubbodenvorrichtung (9) entlang der Drehachse (5) hin- und herbewegbar angeordnet ist, so dass

der Feststoffkuchen (3) mittels der Schubbodenvorrichtung (9) verschiebbar ist. Weiter umfasst die mehrstufige Schubzentrifuge eine Einspeiseeinrichtung (10) mit welcher das Gemisch (2) über den Gemischverteiler (8) in einen Leerraum (11) einbringbar ist, der beim Verschieben des Feststoffkuchens (3) durch die Schubbodenvorrichtung (9) entsteht, wobei die Schubbodenvorrichtung (9) einen Vorbeschleunigungstrichter (12) umfasst, der sich im wesentlichen erweiternd in Richtung zur Einspeiseeinrichtung (10) hin erstreckt und der Vorbeschleunigungstrichter (12) als Vorbeschleunigungssieb (12) ausgestaltet ist.

**Fig.1****EP 1 468 742 A1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine mehrstufige Schubzentrifuge gemäss dem Oberbegriff des unabhängigen Anspruchs 1.

**[0002]** Zur Trocknung feuchter Substanzen oder feuchter Substanzgemische sind Zentrifugen in den verschiedensten Ausführungsformen weit verbreitet und werden auf den verschiedensten Gebieten eingesetzt. So kommen beispielsweise zur Trocknung hochreiner pharmazeutischer Produkte diskontinuierlich arbeitende Zentrifugen, wie Schälzentrifugen, bevorzugt zum Einsatz, während insbesondere dann, wenn kontinuierlich grosse Mengen eines fest-flüssig Gemischs getrennt werden sollen, kontinuierlich arbeitende Schubzentrifugen vorteilhaft eingesetzt werden. Dabei kommen je nach Anforderung ein- oder mehrstufige Schubzentrifugen, sowie sogenannte Doppelschubzentrifugen zum Einsatz.

**[0003]** Bei den verschiedenen Typen der zuletzt genannten Klasse von Schubzentrifugen wird ein fest-flüssig Gemisch, beispielsweise eine Suspension oder ein feuchtes Salz oder Salzgemisch, durch ein Einlaufrohr über einen Gemischverteiler einer schnell rotierenden Trommel, die als Filtersieb ausgestaltet ist, zugeführt, so dass auf Grund der wirkenden Fliehkräfte die flüssige Phase durch das Filtersieb ausgeschieden wird, während im Inneren an der Trommelwand ein Feststoffkuchen abgeschieden wird. Dabei ist in der rotierenden Trommel ein im wesentlichen scheibenförmiger, synchron mitrotierender Schubboden angeordneten, wobei je nach Anzahl der Siebstufen entweder der Schubboden oder eine Siebstufe in axialer Richtung in der Trommel mit einer gewissen Amplitude oszilliert, so dass ein Teil des getrockneten Feststoffkuchens an einem Ende der Trommel herausgeschoben wird. Bei der entgegengesetzten Bewegung des Schubbodens wird ein an den Schubboden angrenzender Bereich der Trommel freigegeben, der dann durch das Einlaufrohr und über den Gemischverteiler wieder mit neuem Gemisch beschickt werden kann. Dabei können je nach eingesetztem Typ mit modernen Hochleistungs-Schubzentrifugen problemlos Durchsatzmengen in einer Grössenordnung von 100 Tonnen pro Stunde erreicht werden, wobei Trommeldurchmesser bis zu 1000 mm und mehr durchaus üblich sind und typische Rotationsfrequenzen der Trommel, abhängig vom Trommeldurchmesser von bis zu 2000 Umdrehungen pro Minute und mehr erreicht werden können. Dabei bedingt in der Regel ein grösserer Trommeldurchmesser wegen der auftretenden starken Fliehkräfte eine kleinere maximale Rotationsfrequenz der Trommel. Selbstverständlich können die Betriebsparameter, wie z.B. die Rotationsfrequenz der Trommel, die pro Zeiteinheit zugeführte Menge an Gemisch oder auch der Trommeldurchmesser oder der Typ der eingesetzten Schubzentrifuge auch von dem zu trocknenden Material selbst, dem Gehalt an Flüssigkeit usw. abhängen.

**[0004]** Die aus dem Stand der Technik bekannten mehrstufigen Schubzentrifugen sind in der Regel kontinuierlich arbeitende Filterzentrifugen. Die mehrstufige Filterzentrifuge besteht dabei aus einer äusseren Siebtrommel und mindestens einer in der äusseren Siebtrommel angeordneten Siebstufe, die ebenfalls als Siebtrommel ausgestaltet ist. Dabei können mehrere Siebstufen ineinander konzentrisch angeordnet sein, so dass zwei, drei und mehrstufige Schubzentrifugen realisierbar sind, wobei alle Siebstufen sehr schnell synchron um eine gemeinsame Drehschse angetrieben werden. Ein zu trennendes fest-flüssig Gemisch gelangt im Betriebszustand kontinuierlich durch ein fest stehendes Einlaufrohr in einen in der innersten Siebstufe angeordneten, ebenfalls synchron mitrotierenden, Gemischverteiler und wird auf der innersten Siebstufe über deren ganzen Siebumfang gleichmässig verteilt. Der grösste Teil der Flüssigkeit wird hier bereits abzentrifugiert und es bildet sich ein Feststoffkuchen.

**[0005]** Dabei führt beispielsweise bei einer zweistufigen Schubzentrifuge die innerste Stufe, die auch als erste Stufe bezeichnet wird, neben der Rotationsbewegung um die Drehachse eine Oszillationsbewegung in Richtung der Drehachse aus. Diese oszillatorische Bewegung wird zum Beispiel hydraulisch über einen Schubkolben mit Umsteuermechanismus generiert. Dadurch wird der Feststoffkuchen in Ringabschnitten, entsprechend der Hublänge der Oszillation, von der ersten zur zweiten Stufe geschoben und verlässt die Schubzentrifuge schliesslich über eine Austrittsöffnung. In der Praxis wird dabei der Feststoffkuchen in der Siebtrommel kontinuierlich unter Zugabe von Waschflüssigkeit auf den Feststoffkuchen gewaschen.

**[0006]** Eine bekannte zweistufige Schubzentrifuge, die nach dem zuvor geschilderten Prinzip arbeitet, ist beispielsweise in der DT 25 42 916 A1 eingehend beschrieben. Dabei dient bei zwei- und mehrstufigen Schubzentrifugen die erste Stufe, d.h. die innerste Siebstufe im wesentlichen zur Vorentwässerung des Gemisch, sowie zur Bildung eines Feststoffkuchens, während die äussere Siebtrommel hauptsächlich als Trockenstufe dient. Dadurch, dass mittels der ersten Siebstufe eine Vorentwässerung möglich ist, wird mit mehrstufigen Schubzentrifugen ein deutlich erhöhtes Flüssigkeitsschluckvermögen erreicht, so dass Gemische mit niedrigeren Einlaufkonzentrationen, d.h. mit höherem Flüssigkeitsgehalt verarbeitet werden können.

**[0007]** Für spezielle Einsatzbereiche sind Sonderausführungen von zwei- und mehrstufigen Schubzentrifugen, insbesondere für hochabrasive Schleudergüter, wie z.B. Kohle und Rohphosphat bekannt, die besondere Verschleisschutzmassnahmen, wie verschleissfeste Siebe, erfordern. Auch Sonderausführungen für intensive Waschprozesse und zur Durchführung spezieller Waschverfahren, wie beispielsweise die Gegenstromwaschung bei Nitrozellulose, sind aus dem Stand der Technik bekannt. Auch Gasdichte Ausführungen mehrstufiger Schubzentrifugen zum Betrieb unter

Schutzgasatmosphäre kommen zum Einsatz.

**[0008]** Obwohl mehrstufige Schubzentrifugen seit langem, wie oben kurz skizziert, auch für Spezialanwendungen in verschiedensten Ausführungsvarianten wohlbekannt sind, weisen die bekannten mehrstufigen Schubzentrifugen dennoch verschiedene gravierende Nachteile auf. Auch wenn mit den bekannten mehrstufigen Schubzentrifugen niedrigere Einlaufkonzentrationen, d.h. Gemische mit erhöhtem Flüssigkeitsgehalt besser verarbeitet werden können als mit gewöhnlichen einstufigen Schubzentrifugen, darf die Einlaufkonzentration des zu verarbeitenden Gemischs nicht beliebig klein sein. D.h., wenn der Anteil an Flüssigkeit im Gemisch zu hoch ist, beispielsweise 50% oder 70% oder 80% oder gar mehr als 90% Flüssigphase beträgt, muss das Gemisch in mehr oder weniger aufwendigen Verfahren voreingedickt werden. Bei zu hohem Flüssigkeitsgehalt wird nämlich eine gleichmässige Verteilung des zu trocknenden Gemischs über den Umfang der Siebtrommel zunehmend erschwert. Das kann einerseits zu sehr schädlichen Vibrationen der Siebtrommel und damit zu vorzeitigem Verschleiss von Lagern und Antrieb führen; im schlimmsten Fall sogar zu einem Sicherheitsproblem im Betrieb werden. Andererseits bewirkt ein ungleichmässig über den Umfang der Siebtrommel verteilter Feststoffkuchen Probleme beim Waschen. Daher stehen zur Vorentwässerung zum Beispiel statische Eindicker, Bogensiebe oder die bestens bekannten Hydrozyklone zur Verfügung. Es liegt auf der Hand, dass der Einsatz solcher Vorentwässerungssysteme sowohl verfahrenstechnisch als auch apparativ sehr aufwendig und damit teuer ist.

**[0009]** Ein weiterer gravierender Nachteil bei der Verarbeitung von Gemischen kleiner Einlaufkonzentration besteht darin, dass praktisch die gesamte Menge an Flüssigkeit, die mit dem Gemisch zugeführt wird, auf die volle Umfangsgeschwindigkeit beschleunigt werden muss, bevor sie durch das Filtersieb der Siebtrommel ausgeschieden wird. Das gleiche trifft auf kleinste Partikel im Gemisch zu, die ebenfalls durch das Sieb vom Feststoffkuchen abschieden werden sollen. Das ist energetisch äusserst ungünstig und beeinflusst das Betriebsverhalten der Zentrifuge deutlich negativ.

**[0010]** Aber selbst bei der Verarbeitung von Gemischen mit deutlich höherer Feststoffkonzentration zeigen die aus dem Stand der Technik bekannten Zentrifugen zum Teil massive Nachteile. So wird das durch das Einlaufrohr in den Gemischverteiler eingebrachte Gemisch beim Auftreffen auf die Siebtrommel in kürzester Zeit auf die volle Umfangsgeschwindigkeit der Trommel beschleunigt. Insbesondere bei empfindlichen Substanzen kann das unter anderem zu Kornbruch führen, das heisst, dass beispielsweise Feststoffkörner, die in einer der Zentrifuge zugeführten Suspension verteilt sind, bei dem abrupten Beschleunigungsvorgang in unkontrollierter Weise in kleinere Stücke zerbersten, was negative Einflüsse auf die Qualität des produzierten Feststoffkuchens haben kann, wenn beispielsweise die

Partikelgrösse der Körner im Endprodukt eine Rolle spielt.

**[0011]** Die Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine verbesserte mehrstufige Schubzentrifuge vorzuschlagen, die die aus dem Stand der Technik bekannten Nachteile weitgehend vermeidet.

**[0012]** Die diese Aufgaben lösenden Gegenstände der Erfindung sind durch die Merkmale des unabhängigen Anspruchs 1 gekennzeichnet.

**[0013]** Die jeweiligen abhängigen Ansprüche beziehen sich auf besonders vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung.

**[0014]** Erfindungsgemäss wird somit eine mehrstufige Schubzentrifuge zur Trennung eines Gemischs in einen Feststoffkuchen und in eine Flüssigphase vorgeschlagen. Dabei umfasst die mehrstufige Schubzentrifuge eine um eine Drehachse rotierbare äussere Siebtrommel und mindestens eine in der äusseren Siebtrommel angeordnete Siebstufe, einen in der Siebtrommel angeordneten Gemischverteiler mit einer Schubbodenvorrichtung, wobei entweder die Siebstufe oder die Schubbodenvorrichtung entlang der Drehachse hin- und herbewegbar angeordnet ist, so dass der Feststoffkuchen mittels der Schubbodenvorrichtung verschiebbar ist. Weiter umfasst die mehrstufige Schubzentrifuge eine Einspeiseeinrichtung mit welcher das Gemisch über den Gemischverteiler in einen Leerraum einbringbar ist, der beim Verschieben des Feststoffkuchens durch die Schubbodenvorrichtung entsteht, wobei die Schubbodenvorrichtung einen Vorbeschleunigungstrichter umfasst, der sich im wesentlichen erweiternd in Richtung zur Einspeiseeinrichtung hin erstreckt und der Vorbeschleunigungstrichter als Vorbeschleunigungssieb ausgestaltet ist.

**[0015]** Dadurch, dass die erfindungsgemässe mehrstufige Schubzentrifuge ein an der Schubbodenvorrichtung angeordnetes Vorbeschleunigungssieb aufweist, muss nicht die gesamte Menge an Flüssigphase, die im zugeführten Gemisch enthalten ist, auf die volle Umfangsgeschwindigkeit der Siebtrommel beschleunigt werden, da ein Teil der Flüssigphase bereits über das Vorbeschleunigungssieb abgeschieden und aus der Siebtrommel entfernbar ist. Somit sind auch Gemische mit sehr hohem Flüssigkeitsgehalt problemlos verarbeitbar. Insbesondere ist so auch bei hohem Flüssigkeitsgehalt stets eine gleichmässige Verteilung des zu trocknenden Gemischs über die Umfangsfläche der Siebstufe bzw. der Siebtrommel gewährleistet.

**[0016]** Darüber hinaus wird durch den als Vorbeschleunigungssieb ausgeführten Vorbeschleunigungstrichter verhindert, dass ein durch die Einspeiseeinrichtung in den Gemischverteiler eingebrachtes Gemisch unmittelbar, im wesentlichen nur unter dem Einfluss der Schwerkraft und ohne Vorbeschleunigung auf die innere Umfangsfläche der Siebstufe gelangt. Vielmehr wird das einlaufende Gemisch verlangsamt auf die Umfangsgeschwindigkeit der Siebtrommel beschleunigt, wodurch insbesondere Kornbruch und andere schädli-

gende Einflüsse, wie sie beim abrupten Beschleunigen in den aus dem Stand der Technik bekannten mehrstufigen Schubzentrifugen auftreten, verhinderbar sind. Somit ist durch die erfindungsgemässe mehrstufige Schubzentrifuge ein Zerbersten von im Gemisch enthaltenen Feststoffkörner vermeidbar, weil der Beschleunigungsvorgang über den vorgebbaren Vorbeschleunigungswinkel des Vorbeschleunigungstrichters kontrollierbar ist, d.h. dass die Beschleunigung selbst ist durch eine geeignete Wahl des Vorbeschleunigungswinkel des Vorbeschleunigungstrichters einstellbar. Dadurch kann die Qualität des produzierten Feststoffkuchens, insbesondere bei Produkten bei welchen beispielsweise die Partikelgrösse oder die Form der Körner im Endprodukt eine Rolle spielen, deutlich gesteigert werden.

**[0017]** Die wesentlichen Komponenten sowie die grundlegende Funktionsweise einer mehrstufigen Schubzentrifuge sind aus dem Stand der Technik bekannt, so dass im folgenden vorrangig auf die erfindungswesentlichen Merkmale Bezug genommen werden kann.

**[0018]** Die erfindungsgemässe mehrstufige Schubzentrifuge dient zur Trennung eines Gemischs in einen Feststoffkuchen und in eine Flüssigphase und umfasst als wesentliche Komponenten eine um eine Drehachse über eine Trommelachse rotierbare äussere Siebtrommel, die in einem Gehäuse untergebracht ist. Die Trommelachse steht mit einem Trommelantrieb in Wirkverbindung, so dass die Siebtrommel durch den Trommelantrieb in schnelle Rotation um die Drehachse versetzbar ist. Innerhalb der äusseren Siebtrommel ist mindestens eine Siebstufe angeordnet. Desweiteren ist in der Siebtrommel ein Gemischverteiler mit einer Schubbodenvorrichtung vorgesehen, wobei entweder die Siebstufe oder die Schubbodenvorrichtung entlang der Drehachse hin- und herbewegbar angeordnet ist, so dass der Feststoffkuchen mittels der Schubbodenvorrichtung verschiebbar ist. Sowohl die äussere Siebtrommel als auch die Siebstufe weisen dabei Sieböffnungen auf, durch die in bekannter Weise bei schneller Rotation Flüssigphase aus dem Feststoffkuchen bzw. aus einem Gemisch, das auf eine innere Umfangsfläche der Siebstufe aufbringbar ist, durch die auftretenden Fliehkräfte nach aussen abführbar ist. Insbesondere kann in einem für die Praxis besonders wichtigen Beispiel die Siebtrommel und / oder die Siebstufe in an sich bekannter Weise als skelettartige Stütztrommel ausgestaltet sein, die zur Bildung der entsprechenden Siebflächen mit speziellen Filterfolien an ihrem Umfang ausgekleidet ist, d.h. die skelettartige Stütztrommel kann beispielsweise mit einem oder mehreren Filtersieben mit unterschiedlich oder gleich grossen Filteröffnungen zur Abscheidung der Flüssigphase ausgestaltet sein.

**[0019]** Innerhalb der Siebtrommel ist der Gemischverteiler mit der Schubbodenvorrichtung angeordnet, der es gestattet, kontinuierlich durch die Einspeiseeinrichtung zugeführtes Gemisch auf die innere Umfangsfläche der Siebstufe durch Einbringen in den Leerraum,

der beim Verschieben des Feststoffkuchens entstanden ist, zu verteilen. Dabei umfasst die Schubbodenvorrichtung einen Vorbeschleunigungstrichter, der erfindungsgemäss als Vorbeschleunigungssieb ausgestaltet ist, wobei sich das Vorbeschleunigungssieb im wesentlichen erweiternd in Richtung zur Einspeiseeinrichtung hin erstreckt. An einem peripheren Bereich ist dabei der Vorbeschleunigungstrichters so als Ringbereich ausgebildet, dass mit dem Ringbereich der in der Siebstufe abgelagerte Feststoffkuchen durch eine Oszillation der Schubbodenvorrichtung oder der Siebstufe in die Siebtrommel oder in eine weitere Siebstufe verschiebbar ist.

**[0020]** Der Gemischverteiler ist dabei bevorzugt in an sich bekannter Weise durch Befestigungsmittel mit der Siebtrommel gekoppelt und rotiert daher in einer speziellen Ausführungsform synchron mit der Siebtrommel und der Siebstufe um die gemeinsame Drehachse. Die oszillatorische Bewegung führt dabei, je nach Anzahl der vorhandenen Siebstufen, entweder die Siebstufe selbst oder die Schubbodenvorrichtung aus. Somit besteht im Betriebszustand eine oszillatorische Relativbewegung zwischen der Siebstufe und der Schubbodenvorrichtung mit Vorbeschleunigungstrichter. Der Antrieb der oszillatorischen Bewegung erfolgt dabei bevorzugt über eine Schubstange, wobei in einer ersten Halbperiode der oszillatorischen Bewegung mit dem äusseren Ringbereich der auf der Siebstufe abgelagerte Feststoffkuchen in Ringabschnitten, deren Breite durch die Hublänge der Oszillationsbewegung bestimmt ist, von der Siebstufe zur Siebtrommel oder zu einer weiteren Siebstufe geschoben wird, und in einer zweiten Halbperiode der oszillatorischen Bewegung ein am äusseren Rand der Siebtrommel abgelagerter Ringabschnitt von Feststoffkuchen aus der Siebtrommel herausgeschoben wird. Während der zweiten Halbperiode der oszillatorischen Bewegung entsteht gleichzeitig ein Leerraum am äusseren Ringbereich in der Siebstufe, so dass in den Leerraum neues Gemisch einbringbar ist.

**[0021]** Wesentlich für die erfindungsgemässe mehrstufige Schubzentrifuge ist es dabei, dass ein Teil der Flüssigphase bereits im Vorbeschleunigungssieb vom Gemisch abtrennbar ist und das Gemisch im Vorbeschleunigungssieb auf eine vorgebbare Rotationsgeschwindigkeit vorbeschleunigbar ist, so dass das von der Einspeiseeinrichtung eingebrachte Gemisch vor Erreichen der Umfangsfläche der Siebstufe auf eine vorgebbare Umfangsgeschwindigkeit beschleunigbar ist. Dadurch muss einerseits nicht die gesamte Menge an Flüssigphase, die im Gemisch enthalten ist, auf die volle Umfangsgeschwindigkeit der Siebtrommel beschleunigt werden, so dass auch Gemische mit sehr hohem Flüssigkeitsgehalt problemlos verarbeitbar sind. Insbesondere sind selbst bei sehr hohen Konzentrationen an Flüssigphase im Gemisch zusätzliche Einrichtungen zur Vorentwässerung, wie zum Beispiel statische Eindicker, Bogensiebe oder Hydrozyklone überflüssig.

**[0022]** Andererseits wird dadurch, dass der Vorbeschleunigungstrichter in Bezug auf die Drehachse einen

Öffnungswinkel aufweist, der kleiner als  $90^\circ$  ist, im Vorbeschleunigungstrichter die Fließgeschwindigkeit des Gemischs im Vergleich zur Geschwindigkeit im freien Fall in Richtung zur Umfangsfläche der Siebstufe gezielt einstellbar, so dass das Gemisch im Bereich des Vorbeschleunigungstrichters mit zunehmender Annäherung an den äusseren Ringbereich sowohl in radialer Richtung, als auch in Umfangsrichtung der Siebtrommel allmählich beschleunigbar ist. Das heisst, das Gemisch wird im Bereich des Vorbeschleunigungstrichters auf besonders schonende Weise nach und nach auf eine vorgebbare Umfangsgeschwindigkeit beschleunigt um dann bei Erreichen der Umfangsfläche schliesslich die volle Rotationsgeschwindigkeit der Siebstufe zu erreichen.

**[0023]** Dabei erstrecken sich sowohl ein Einlauftrichter, dessen Funktion weiter unten noch im Detail erläutert werden wird, als auch der Vorbeschleunigungstrichter in einem vorgebbaren Bereich bevorzugt unter einem im wesentlichen konstanten Öffnungswinkel bzw. unter einem konstanten Vorbeschleunigungswinkel konisch erweiternd in Richtung zur Schubbodenvorrichtung bzw. zur Einspeiseeinrichtung hin.

**[0024]** Für spezielle Anwendungen, beispielsweise in Abhängigkeit von den Eigenschaften des zu entwässernden Gemischs, kann der Einlauftrichter und / oder der Vorbeschleunigungstrichter in einem vorgebbaren Bereich jedoch auch einen gekrümmten Verlauf haben, wobei sich der Öffnungswinkel des Einlauftrichters und / oder der Vorbeschleunigungswinkel des Vorbeschleunigungstrichters in Richtung zur Schubbodenvorrichtung hin vergrössert oder verkleinert. Das kann insbesondere dann von Vorteil sein, wenn der Einlauftrichter bzw. der Vorbeschleunigungstrichter, wie später noch genauer beschrieben wird, als Vorfiltersieb bzw. als Vorbeschleunigungssieb zur Vorabscheidung von Flüssigphase ausgebildet ist.

**[0025]** In einem speziellen Ausführungsbeispiel ist das Vorbeschleunigungssieb als Zweistufenfilter mit einem Grobfilter und einem Feinfilter ausgestaltet. Das Gemisch kann dadurch im Bereich des Vorbeschleunigungssiebs in zwei Stufen gefiltert werden. Die Ausgestaltung des Vorbeschleunigungssiebs als Zweistufenfilter hat dabei insbesondere den Vorteil, dass der Feinfilter durch grosse und / oder schwere Partikel, die im einlaufenden Gemisch enthalten sind, mechanisch nicht so stark belastet wird, so dass der Feinfilter beispielsweise sehr kleine Poren zur Filterung von sehr kleinen Partikeln aufweisen kann und insbesondere auch aus mechanisch wenig widerstandsfähigen Materialien gefertigt sein kann.

**[0026]** Für die Praxis ist es von besonderem Vorteil, wenn am Gemischverteiler eine Auffangvorrichtung zum Abführen von Flüssigphase vorgesehen ist, so dass ein Teil der Flüssigphase bereits vor Erreichen der enorm schnell rotierenden Umfangsfläche der Siebstufe entfernbar ist. Dieser Teil der Flüssigphase wird dann nämlich nicht mehr auf die volle Umfangsgeschwindigkeit

keit der Siebstufe beschleunigt, was zu einer massiven Einsparung von Energie und zur Entlastung der Komponenten, insbesondere der rotierenden und / oder oszillierenden Komponenten der mehrstufigen Schubzentrifuge führt. Dadurch sind selbst Gemische mit enorm hohem Flüssigkeitsgehalt problemlos verarbeitbar.

**[0027]** In einer weiteren Ausführungsvariante der erfindungsgemässen mehrstufigen Schubzentrifuge ist das Vorbeschleunigungssieb so ausgestaltet und angeordnet, dass das Vorbeschleunigungssieb mittels eines Drehantriebs um eine Rotationsachse mit einer vorgebbaren Drehzahl, unabhängig von der Drehzahl der Siebtrommel, rotierbar ist. Vorzugsweise sind zur Steuerung und / oder Regelung der Drehgeschwindigkeit des Drehantriebs geeignete Mittel, beispielsweise in Form von rechnergestützten elektronischen Systemen vorgesehen sein, um den Drehantrieb, beispielsweise in Abhängigkeit von geeigneten Betriebsparametern der mehrstufigen Schubzentrifuge, zu steuern und / oder zu regeln.

**[0028]** In einer anderen bevorzugten Ausführungsvariante einer erfindungsgemässen mehrstufigen Schubzentrifuge ist bei der Einspeiseeinrichtung zusätzlich ein Einlauftrichter zur Vorbeschleunigung des einlaufenden Gemischs vorgesehen. Das Gemisch gelangt durch die Einspeiseeinrichtung zunächst in einen Einlauftrichter, der in einem Ausführungsbeispiel bevorzugt, jedoch nicht notwendig, drehfest mit dem Gemischverteiler verbunden ist, so dass der Einlauftrichter synchron mit dem Gemischverteiler rotiert. Dabei erstreckt sich der Einlauftrichter in im wesentlichen axialer Richtung erweiternd zum Vorbeschleunigungssieb hin, so dass das durch die Einspeiseeinrichtung zugeführte Gemisch direkt in den Einlauftrichter gelangt. Dabei ist der Einlauftrichter so ausgebildet und angeordnet, dass das Gemisch beim Verlassen des Einlauftrichters in den Vorbeschleunigungssieb einspeisbar ist.

**[0029]** Durch die Anordnung und Ausgestaltung des Einlauftrichters wird das Gemisch bereits im Einlauftrichter auf eine vorgebbare Rotationsgeschwindigkeit vorbeschleunigt, so dass das Gemisch beim Eintreffen im Vorbeschleunigungssieb bereits eine gewisse Geschwindigkeit in Umfangsrichtung der Siebstufe aufweist und so insgesamt noch schonender auf die maximale Umfangsgeschwindigkeit der Umfangsfläche der Siebstufe beschleunigbar ist.

**[0030]** Bevorzugt kann dabei der Einlauftrichter auch als Vorfiltersieb zur Vorabscheidung von Flüssigphase aus dem Gemisch ausgebildet sein. Dabei sind bevorzugt Auffangmittel zur Sammlung und Ableitung von vom Vorfiltersieb abgeschiedener Flüssigphase vorgesehen.

**[0031]** Dabei kann ein Wert eines Öffnungswinkels des Einlauftrichters und / oder der Wert eines Vorbeschleunigungswinkels des Vorbeschleunigungstrichters in Bezug auf die Drehachse beispielsweise zwischen  $0^\circ$  und  $45^\circ$  liegen, im einzelnen zwischen  $0^\circ$  und  $10^\circ$  oder zwischen  $10^\circ$  und  $45^\circ$ , insbesondere zwischen

25° und 45°, bevorzugt zwischen 15° und 35°. Selbstverständlich ist es im speziellen auch möglich, dass der Wert des Öffnungswinkels und / oder des Vorbeschleunigungswinkels grösser als 45° ist. Ganz generell kann festgestellt werden, dass in der Regel in Bezug auf die Drehachse ein eher spitzer Winkel von Vorteil ist, wobei ein optimaler Wert des entsprechenden Öffnungswinkels und / oder des Vorbeschleunigungswinkels unter anderem vom Wert eines Haftreibungswinkels des zu entwässernden Produkts bestimmt ist.

**[0032]** Insbesondere dann, aber nicht nur dann, wenn der Einlauftrichter als Vorfiltersieb zur Vorabscheidung von Flüssigphase ausgebildet ist, kann es von besonderem Vorteil sein, wenn der Einlauftrichter einen gekrümmten Verlauf hat und sich der Öffnungswinkel des Einlauftrichters in Richtung zur Schubbodenvorrichtung hin vergrössert oder verkleinert. Es ist nämlich bekannt, dass unterschiedliche Produkte unter sonst gleichen Betriebsbedingungen der Schubzentrifuge, beispielsweise in Abhängigkeit von der Korngrösse und / oder der Viskosität und / oder anderer Eigenschaften oder Parameter, wie zum Beispiel der Temperatur des Gemischs unterschiedlich gut entwässerbar sind.

**[0033]** Liegt beispielsweise ein Gemisch vor, das bei gegebenen Betriebsparametern relativ leicht zu entwässern ist, kann es von Vorteil sein, dass der Einlauftrichter bzw. das Vorfiltersieb einen gekrümmten Verlauf hat, wobei sich der Öffnungswinkel des Vorfiltersiebs in Richtung zur Schubbodenvorrichtung hin vergrössert. Das heisst, der Einlauftrichter bzw. das Vorfiltersieb erweitert sich in Richtung zur Schubbodenvorrichtung ähnlich wie das Horn einer Trompete. Damit wird die Abtriebskraft, mit der das Gemisch aus dem Einlauftrichter beschleunigt wird, mit abnehmendem Abstand zur Schubbodenvorrichtung überproportional grösser, so dass das Gemisch, das bereits im Vorfiltersieb relativ stark entwässerbar ist und damit schlechte Gleiteigenschaften im Vorfiltersieb zeigt, schneller das Vorfiltersieb verlassen kann, als beispielsweise bei einem im wesentlichen sich konusförmig, mit konstantem Öffnungswinkel sich erweiternden Vorfiltersieb.

**[0034]** Andererseits können auch Gemische vorliegen, die bei gegebenen Betriebsparametern relativ schlecht zu entwässern sind. In diesem Fall empfiehlt es sich, einen Einlauftrichter bzw. ein Vorfiltersieb mit einem gekrümmten Verlauf einzusetzen, wobei sich der Öffnungswinkel des Vorfiltersiebs in Richtung zur Schubbodenvorrichtung hin verkleinert. Das hat zur Folge, dass die Abtriebskraft, mit der das Gemisch aus dem Einlauftrichter beschleunigt wird, mit abnehmendem Abstand zur Schubbodenvorrichtung langsamer zunimmt, als beispielsweise bei einem sich unter einem im wesentlichen konstanten Öffnungswinkel konisch erweiternden Einlauftrichter. Dadurch entsteht im Vorbeschleunigungssieb eine gewisse Stauwirkung, so dass das Gemisch länger im Vorfiltersieb verbleibt und daher bereits im Vorfiltersieb zu einem höheren Grad entwässerbar ist.

**[0035]** Ganz analog zu dem vorher gesagten kann selbstverständlich auch der Vorbeschleunigungstrichter einen gekrümmten Verlauf haben, wobei sich der Vorbeschleunigungswinkel des Vorbeschleunigungstrichters in Richtung zur Einspeiseeinrichtung hin vergrössert oder verkleinert.

**[0036]** Die vorher im Zusammenhang mit dem gekrümmten Einlauftrichter erläuterten Vorteile und dessen Funktionsweise sind für den Fachmann problemlos analog auf einen gekrümmten Vorbeschleunigungstrichter übertragbar, und müssen daher hier nicht wiederholt werden.

**[0037]** Darüber hinaus kann in einer speziellen Ausführungsvariante das Vorfiltersieb selbstverständlich auch als Zweistufensieb mit einem Grobsieb und einem Feinsieb ausgestaltet sein. Die Vorteile liegen auf der Hand. Die erste Filterstufe bildet das Grobsieb, welches im Gemisch enthaltene Partikel, die grösser sind als die Filteröffnungen des Grobsiebs zurückhält. Das Feinsieb hält entsprechend feinere Partikel zurück, während zumindest ein Teil der Flüssigphase, sowie sehr kleine Partikel, die ebenfalls entfernt werden müssen, aus der Siebstufe direkt abführbar sind. Die Ausgestaltung des Vorfiltersiebs als Zweistufensieb hat insbesondere den Vorteil, dass das Feinsieb durch grosse und / oder schwere Partikel, die im einlaufenden Gemisch enthalten sind, mechanisch nicht so stark belastet wird, so dass der Feinfilter beispielsweise sehr kleine Poren zur Filterung von sehr kleinen Partikeln aufweisen kann und insbesondere auch aus mechanisch wenig widerstandsfähigen Materialien gefertigt sein kann.

**[0038]** Insbesondere kann in einem für die Praxis besonders wichtigen Ausführungsbeispiel der Einlauftrichter und / oder der Vorbeschleunigungstrichter als skelettartiger Stützkörper ausgestaltet sein, der zur Bildung des Vorfiltersiebs und / oder des Vorbeschleunigungssiebs mit speziellen Filterfolien ausgestattet sein kann, d.h. der skelettartige Stützkörper kann beispielsweise mit einem oder mehreren Filtersieben, die eventuell zur Abscheidung in verschiedenen Stufen unterschiedlich grosse Filteröffnungen aufweisen können, ausgestattet sein.

**[0039]** Dabei kommen ganz allgemein als Filtersiebe unter anderem Spaltsiebe oder beispielsweise Siebbleche in Frage. Die Filtersiebe können dabei vorteilhaft auf unterschiedliche Weise mit Filteröffnungen unterschiedlicher Grösse versehen werden. Insbesondere die zuvor erwähnten Siebbleche können unter anderem gestanzt, gebohrt, gelasert, Elektronenstrahl gelocht oder Wasserstrahl geschnitten sein, wobei grundsätzlich auch andere Techniken in Frage kommen. Die Siebe selbst können dabei je nach Anforderung aus verschiedenen, insbesondere korrosionsbeständigen Werkstoffen, wie beispielsweise aus Kunststoff, Verbundwerkstoffen oder unterschiedlichen Stählen wie 1.4462, 1.4539 oder 2.4602 oder aus anderen geeigneten Materialien gefertigt sein. Zum Schutz gegen Verschleiss können die Filtersiebe darüber hinaus mit ge-

eigneten Schichten versehen sein, zum Beispiel mit Hartchrom Schichten, Wolfram-Carbid (WC), Keramik oder anders gehärtet sein. Die Stärke der Filterbleche beträgt dabei typischerweise 0,2 mm bis 5 mm wobei auch deutlich andere Blechstärken möglich sind.

**[0040]** In der Praxis kann es von grosser Wichtigkeit sein, den Beschleunigungsvorgang selbst bzw. die Rotationsgeschwindigkeit, auf die das Gemisch im Einlauftrichter beschleunigbar ist, gezielt zu kontrollieren. Daher kann der Einlauftrichter um eine Antriebsachse drehbar angeordnet und mittels eines Antriebs mit einer vorgebbaren Drehzahl um die Antriebsachse rotierbar sein. Zur Steuerung und / oder Regelung der Rotationsgeschwindigkeit des Einlauftrichters ist dieser beispielsweise mit einer separaten Antriebsachse drehfest verbunden und über die Antriebsachse mittels eines Antriebs unabhängig von der Siebtrommel und / oder unabhängig vom Vorbeschleunigungssieb mit einer vorgebbaren Rotationsfrequenz antreibbar. Dabei können, wie bereits oben beim Antrieb des Vorbeschleunigungssiebs beschrieben, geeignete Mittel vorgesehen sein, um den Antrieb beispielsweise in Abhängigkeit vom zu verarbeitenden Gemisch, bestimmten Betriebsparametern der mehrstufigen Schubzentrifuge usw. zu steuern und / oder zu regeln. Dazu kann die erfindungsgemässe mehrstufige Schubzentrifuge auch entsprechende Sensoren zur Messung von relevanten Betriebsparametern umfassen.

**[0041]** Es versteht sich von selbst, dass die Merkmale der zuvor exemplarisch beschriebenen besonders bevorzugten Ausführungsvarianten der erfindungsgemässen mehrstufigen Schubzentrifuge, je nach Anforderung, auch beliebig in vorteilhafter Weise kombinierbar sind.

**[0042]** Die Erfindung wird im folgenden an Hand der schematischen Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 im Schnitt eine mehrstufige Schubzentrifuge mit Vorbeschleunigungssieb;
- Fig. 2 ein weiteres Ausführungsbeispiel gemäss Fig. 1 mit Zweistufenfilter;
- Fig. 3 ein anderes Ausführungsbeispiel gemäss Fig. 1 mit Auffangeinrichtung zum Abführen von Flüssigphase;
- Fig. 4 eine mehrstufige Schubzentrifuge mit separat antreibbarem Vorbeschleunigungstrichter;
- Fig. 5 eine mehrstufige Schubzentrifuge mit Einlauftrichter;
- Fig. 5a ein Ausführungsbeispiel eines Vorbeschleunigungstrichters;
- Fig. 5b ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Vor-

beschleunigungstrichters;

- Fig. 5c einen Einlauftrichter mit gekrümmtem Verlauf;
- Fig. 5d einen anderen Einlauftrichter gemäss Fig. 5c;
- Fig. 6 ein Ausführungsbeispiel gemäss Fig. 5 mit Vorfiltersieb;
- Fig. 6a ein zweites Ausführungsbeispiel gemäss Fig. 6 mit rotierbarem Vorbeschleunigungssieb;
- Fig. 6b ein zweites Ausführungsbeispiel gemäss Fig. 6a mit Blindboden;
- Fig. 7 ein zweites Ausführungsbeispiel gemäss Fig. 6 mit Grobsieb und Feinsieb;
- Fig. 8 einen Einlauftrichter mit Drehantrieb.

**[0043]** Fig. 1 zeigt im Schnitt in einer schematischen Darstellung wesentliche Komponenten eines ersten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemässen mehrstufigen Schubzentrifuge mit Vorbeschleunigungssieb. Dabei sind in den Zeichnungen der vorliegenden Anmeldungen beispielhaft aus Gründen der Übersichtlichkeit jeweils nur zweistufige Schubzentrifugen schematisch dargestellt. Es versteht sich, dass die Darstellung zweistufiger Schubzentrifugen exemplarisch zu verstehen ist und die Beschreibung selbstverständlich auch für mehr als zweistufige Schubzentrifugen in analoger Weise gilt und entsprechend übertragbar ist.

**[0044]** Die erfindungsgemässe mehrstufige Schubzentrifuge, die im folgenden gesamthaft mit dem Bezugszeichen 1 bezeichnet wird, dient zur Trennung eines Gemischs 2 in einen Feststoffkuchen 3 und in eine Flüssigphase 4 und umfasst als wesentliche Komponenten eine um eine Drehachse 5 über eine Trommelachse 51 rotierbare äussere Siebtrommel 6, die in einem Gehäuse G untergebracht ist. Die Trommelachse 51 steht mit einem Trommelantrieb 52 in Wirkverbindung, so dass die Siebtrommel 6 durch den Trommelantrieb 52 in schnelle Rotation um die Drehachse 5 versetzbar ist. Innerhalb der äusseren Siebtrommel 6 ist mindestens eine Siebstufe 7 angeordnet. Desweiteren ist in der Siebtrommel 6 ein Gemischverteiler 8 mit einer Schubbodenvorrichtung 9 vorgesehen, wobei entweder die Siebstufe 7 oder die Schubbodenvorrichtung 9 entlang der Drehachse 5 hin- und herbewegbar angeordnet ist, so dass der Feststoffkuchen 3 mittels der Schubbodenvorrichtung 9 verschiebbar ist. Sowohl die äussere Siebtrommel 6 als auch die Siebstufe 7 weisen dabei Sieböffnungen 61, 71 auf, durch die in bekannter Weise bei schneller Rotation Flüssigphase 4 aus dem Feststoffkuchen 3 bzw. aus einem Gemisch 2, das, wie weiter unten noch detaillierter beschrieben wird, auf eine inne-

re Umfangsfläche 72 der Siebstufe 7 aufbringbar ist, durch die auftretenden Fliehkräfte nach aussen abführbar ist.

**[0045]** Innerhalb der Siebtrommel 6 ist der Gemischverteiler 8 mit Schubbodenvorrichtung 9 angeordnet, der es gestattet, kontinuierlich durch die Einspeiseeinrichtung 10 zugeführtes Gemisch 2 auf die innere Umfangsfläche 72 der Siebstufe 7 durch Einbringen in einen Leerraum 11, der beim Verschieben des Feststoffkuchens 3 entstanden ist, zu verteilen. Dabei umfasst die Schubbodenvorrichtung 9 einen Vorbeschleunigungstrichter 12, der als Vorbeschleunigungssieb 12 ausgestaltet ist, wobei sich das Vorbeschleunigungssieb 12 im wesentlichen konisch erweiternd in Richtung zur Einspeiseeinrichtung 10 hin erstreckt. An einem peripheren Bereich ist dabei der Vorbeschleunigungstrichters 12 so als Ringbereich 92 ausgebildet, dass mit dem Ringbereich 92 der in der Siebstufe 7 abgelagerte Feststoffkuchen 3 durch eine weiter unten genauer beschriebene Oszillation der Schubbodenvorrichtung 9 und / oder der Siebstufe 7 in die Siebtrommel 6 oder in eine weitere hier nicht dargestellte Siebstufe 7 verschiebbar ist.

**[0046]** Wesentlich für die erfindungsgemässe mehrstufige Schubzentrifuge 1 ist es dabei, dass bereits ein Teil der Flüssigphase 4 im Vorbeschleunigungssieb 12 vom Gemisch 2 abtrennbar ist und das Gemisch 2 im Vorbeschleunigungssieb 12 auf eine vorgebbare Rotationsgeschwindigkeit vorbeschleunigbar ist.

**[0047]** Der Gemischverteiler 8 ist dabei in dem in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel mit der Siebtrommel 6 durch Befestigungsmittel 91 starr gekoppelt und rotiert daher synchron mit der Siebtrommel 6 und der Siebstufe 7 um die Drehachse 5. Die oszillatorische Bewegung, die durch den Doppelpfeil in Fig. 1 angedeutet wird, vollführt in dem hier gezeigten Beispiel jedoch nur die Siebstufe 7. Somit besteht im Betriebszustand eine oszillatorische Relativbewegung zwischen der oszillierenden Siebstufe 7 und der in axialer Richtung unbeweglichen Schubbodenvorrichtung 9 mit Vorbeschleunigungstrichter 12. Die oszillatorische Bewegung der Siebstufe 7 erfolgt bevorzugt über eine Schubstange 21, wobei in einer ersten Halbperiode der oszillatorischen Bewegung mit einem äusseren Ringbereich 92 der auf der Siebstufe 7 abgelagerte Feststoffkuchen 3 in Ringabschnitten, deren Breite durch die Hublänge der Oszillationsbewegung der Siebstufe 7 bestimmt ist, von der Siebstufe 7 zur Siebtrommel 6 geschoben wird, und in einer zweiten Halbperiode der oszillatorischen Bewegung durch die Siebstufe 7 ein am äusseren Rand der Siebtrommel 6 abgelagerter Ringabschnitt von Feststoffkuchen 3 aus der Siebtrommel 6 herausgeschoben wird. Während der zweiten Halbperiode der oszillatorischen Bewegung entsteht gleichzeitig der Leerraum 11 in der Siebstufe 7, so dass in den Leerraum 11 neues Gemisch einbringbar ist.

**[0048]** Wesentlich für die erfindungsgemässe mehrstufige Schubzentrifuge 1 ist es dabei, dass bereits ein

Teil der Flüssigphase 4 im Vorbeschleunigungstrichter 12 vom Gemisch 2 abtrennbar ist und das Gemisch 2 im Vorbeschleunigungstrichter 12 auf eine vorgebbare Rotationsgeschwindigkeit vorbeschleunigbar ist, so, dass das von der Einspeiseeinrichtung 10 eingebrachte Gemisch 2 vor Erreichen der Siebstufe 7 auf eine vorgebbare Umfangsgeschwindigkeit beschleunigbar ist. Dadurch muss einerseits nicht die gesamte Menge an Flüssigphase 4, die im Gemisch 2 enthalten ist, auf die volle Umfangsgeschwindigkeit der Siebtrommel 6 beschleunigt werden, da ein Teil der Flüssigphase 4 bereits über das Vorbeschleunigungssieb 12 abgeschieden und direkt durch die Sieböffnungen 61, 71 aus Siebtrommel 6 abscheidbar ist. Somit sind auch Gemische 2 mit einem sehr hohen Gehalt an Flüssigphase 4 problemlos verarbeitbar. Insbesondere ist so auch bei hohem Gehalt an Flüssigphase 4 stets eine gleichmässige Verteilung des zu trocknenden Gemischs 2 über die Umfangsfläche 72 der Siebstufe 7 bzw. der Siebtrommel 6 gewährleistet. Insbesondere sind selbst bei sehr hohen Konzentrationen an Flüssigphase 4 im Gemisch 2 zusätzliche Einrichtungen zur Vorentwässerung, wie zum Beispiel statische Eindicker, Bogensiebe oder Hydrozyklone überflüssig. Dabei können auch kleinste im Gemisch 2 enthaltene Partikel durch den Effekt der Vorfiltrierung viel effektiver vom Feststoffkuchen 3 abgeschieden werden.

**[0049]** Ausserdem wird dadurch, dass das Vorbeschleunigungssieb 12 einen Vorbeschleunigungswinkel  $\beta$  aufweist, der kleiner als  $90^\circ$  ist, im Vorbeschleunigungssieb 12 die Fliessgeschwindigkeit des Gemischs 2 im Vergleich zur Geschwindigkeit im freien Fall in Richtung zur Umfangsfläche 72 der Siebstufe 7 gezielt einstellbar, so dass das Gemisch 2 im Bereich des Vorbeschleunigungstrichters 12 mit zunehmender Annäherung an den äusseren Ringbereich 92 sowohl in radialer Richtung als auch in Umfangsrichtung der Siebtrommel 6 allmählich beschleunigbar ist. Das heisst, das Gemisch 2 wird im Bereich des Vorbeschleunigungssiebs 12 auf besonders schonende Weise nach und nach auf eine vorgebbare Umfangsgeschwindigkeit beschleunigt, um dann bei Erreichen der Umfangsfläche 72 schliesslich die volle Rotationsgeschwindigkeit der Siebstufe 7 zu erreichen.

**[0050]** Der Wert des Vorbeschleunigungswinkels  $\beta$  des Vorbeschleunigungstrichters 12, sowie der Wert eines Öffnungswinkels  $\alpha$  eines später noch zu beschreibenden Einlauftrichters 16 kann dabei in Bezug auf die Drehachse 5 beispielsweise zwischen  $0^\circ$  und  $45^\circ$  liegen, im einzelnen zwischen  $0^\circ$  und  $10^\circ$  oder zwischen  $10^\circ$  und  $45^\circ$ , insbesondere zwischen  $25^\circ$  und  $45^\circ$ , bevorzugt zwischen  $15^\circ$  und  $35^\circ$ . Selbstverständlich ist es im speziellen auch möglich, dass der Wert des Öffnungswinkels  $\alpha$  und / oder des Vorbeschleunigungswinkels  $\beta$  grösser als  $45^\circ$  ist.

**[0051]** Ganz generell kann festgestellt werden, dass in der Regel in Bezug auf die Drehachse 5 ein eher spitzer Winkel von Vorteil ist, wobei ein optimaler Wert des



entsprechenden Öffnungswinkels  $\alpha$  und / oder des Vorbeschleunigungswinkels  $\beta$  unter anderem vom Wert des Haftreibungswinkels des zu entwässernden Gemischs 2 bestimmt ist.

**[0052]** Dadurch, dass das Gemisch 2, anders als bei den aus dem Stand der Technik bekannten mehrstufigen Schubzentrifugen, im Bereich des Vorbeschleunigungssiebs 12 nicht abrupt, d.h. in kürzester Zeit auf die volle Rotationsgeschwindigkeit der Siebstufe 7 beschleunigt wird, sind zum Beispiel Kornbruch und andere schädigende Einwirkungen auf das Gemisch 2 verhinderbar. Damit sind in der erfindungsgemässen mehrstufigen Schubzentrifuge 1, insbesondere auch mechanisch sehr empfindliche Stoffe, auch bei hohen Rotationsgeschwindigkeiten der Siebtrommel 6 verarbeitbar.

**[0053]** In Fig. 2 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel gemäss Fig. 1 dargestellt, wobei das Vorbeschleunigungssieb 12 als Zweistufenfilter mit einem Grobfilter 121 und einem Feinfilter 122 ausgestaltet ist. Das Gemisch 2 kann dadurch im Bereich des Vorbeschleunigungssiebs 12 in zwei Stufen gefiltert werden. Die erste Filterstufe bildet der Grobfilter 121, welches im Gemisch enthaltene Partikel, die grösser sind als die Filteröffnungen des Grobfilters 121 zurückhält, die so in den Leerraum 11 einbringbar sind. Der Feinfilter 122 hält entsprechend feinere Partikel zurück, die ebenfalls dem Leerraum 11 und damit dem Feststoffkuchen 3 zuführbar sind, während zumindest ein Teil der Flüssigphase 4, sowie sehr kleine Partikel, die ebenfalls entfernt werden müssen, direkt durch eine Sieböffnung 61, 71 aus der Siebtrommel 6 abführbar sind. Die Ausgestaltung des Vorbeschleunigungssiebs 12 als Zweistufenfilter hat insbesondere den Vorteil, dass der Feinfilter 122 durch grosse und / oder schwere Partikel, die im einlaufenden Gemisch 2 enthalten sein können, mechanisch nicht so stark belastet wird, so dass der Feinfilter 122 beispielsweise sehr kleine Poren zur Filterung von sehr kleinen Partikeln aufweisen kann und insbesondere auch aus mechanisch wenig widerstandsfähigen Materialien gefertigt sein kann.

**[0054]** Für die Praxis ist es von besonderem Vorteil, wenn, wie in Fig. 3 schematisch dargestellt, am Gemischverteiler 8 eine Auffangvorrichtung 13 zum Abführen von Flüssigphase 4 vorgesehen ist, so dass ein Teil der Flüssigphase 4 bereits vor Erreichen der sehr schnell rotierenden Umfangsfläche 72 der Siebstufe 7 aus der Siebstufe 7 entfernbare ist. Dieser Teil der Flüssigphase 4 wird nämlich nicht mehr auf die volle Umfangsgeschwindigkeit der Siebstufe 7 beschleunigt, was zu einer massiven Einsparung von Energie und zur Entlastung der Komponenten, insbesondere der rotierenden und / oder oszillierenden Komponenten der mehrstufigen Schubzentrifuge 1 führt. Dadurch sind selbst Gemische 2 mit enorm hohem Anteil an Flüssigphase 4 verarbeitbar. Es versteht sich, dass auch bei dem in Fig. 3 dargestellten Ausführungsbeispiel das Vorbeschleunigungssieb 12 als Zweistufenfilter ausgebildet sein kann und die am Vorbeschleunigungssieb 12 abgeschiedene

Flüssigphase 4 auch darstellungsgemäss nach rechts durch die offene Seite der Siebtrommel 6 abführbar sein kann, indem sich zum Beispiel die Auffangeinrichtung 13 über den äusseren Ringbereich darstellungsgemäss nach rechts in die Siebstufe 7 erstreckt, von wo die am Vorbeschleunigungssieb 12 in die Auffangeinrichtung 13 abgeschiedene Flüssigphase 4 zum Beispiel durch geeignete, in Fig. 3 nicht gezeigte Vorrichtungen absaugbar ist.

**[0055]** In Fig. 4 ist eine Ausführungsvariante einer erfindungsgemässen mehrstufigen Schubzentrifuge 1 mit separat antreibbarem Vorbeschleunigungssieb 12 dargestellt. Das Vorbeschleunigungssieb 12 ist hier so ausgestaltet und angeordnet, dass das Vorbeschleunigungssieb 12 mittels eines Drehantriebs 14 um eine Rotationsachse 15 mit einer vorgebbaren Drehzahl rotierbar ist. Dabei kann die Rotationsachse 15, wie in Fig. 4 beispielhaft dargestellt, innerhalb der Schubstange 21 angeordnet und unabhängig von dieser durch den Drehantrieb 14 angetrieben werden. Zur Steuerung und / oder Regelung der Drehgeschwindigkeit des Drehantriebs 14 können geeignete, hier nicht dargestellte Mittel vorgesehen sein, um den Drehantrieb 14 beispielsweise in Abhängigkeit von geeigneten Betriebsparametern der mehrstufigen Schubzentrifuge 1 oder in Abhängigkeit des zu verarbeitenden Gemischs oder anderer Faktoren zu steuern und / oder zu regeln.

**[0056]** Bevorzugt, aber nicht notwendig, kann dabei der Vorbeschleunigungstrichter 12, also das Vorbeschleunigungssieb 12 beispielsweise in einer Richtung der Oszillationsbewegung mit einer anderen Drehgeschwindigkeit rotieren, als bei der entgegengesetzten Oszillationsbewegung. So kann beispielsweise beim Verschieben des Feststoffkuchens 3 die Rotationsfrequenz des Vorbeschleunigungstrichters 12 so gewählt werden, dass der Vorbeschleunigungstrichter 12 synchron mit der äusseren Siebtrommel 6 rotiert, so dass zwischen dem äusseren Ringbereich 92 und dem Feststoffkuchen 3, der auf der Umfangsfläche 72 der Siebstufe 7 abgelagert ist, beim Verschieben keine Relativbewegung bezüglich der Rotation um die Dreiechse 5 vorliegt, während beim Rücklauf, also in der Phase der Oszillationsbewegung in der der Leerraum 11 mit neuem Gemisch 2 beschickt wird, der Vorbeschleunigungstrichter 12 zum Beispiel langsamer rotiert als die äussere Siebtrommel 6 bzw. langsamer die Siebstufe 7.

**[0057]** In Fig. 5 ist schematisch ein weiteres Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemässen mehrstufigen Schubzentrifuge 1 dargestellt. In diesem Ausführungsbeispiel ist bei Einspeiseeinrichtung 10 ein Einlauftrichter 16 zur Vorbeschleunigung des Gemischs 2 vorgesehen. Das Gemisch 2 gelangt durch die Einspeiseeinrichtung 10 zunächst in den Einlauftrichter 16, der drehfest mit dem Gemischverteiler 8 verbunden ist, so dass der Einlauftrichter 16 synchron mit dem Gemischverteiler 8 rotiert. Dabei erstreckt sich der Einlauftrichter 16 in im wesentlichen axialer Richtung und konisch erweiternd zum Vorbeschleunigungssieb 12 hin, so dass das durch

die Einspeiseeinrichtung 10 zugeführte Gemisch 2 direkt in den Einlaufrichter 16 gelangt. Dabei ist der Einlaufrichter 16 so ausgebildet und angeordnet, dass das Gemisch 2 beim Verlassen des Einlaufrichters 16 in das Vorbeschleunigungssieb 12 einspeisbar ist.

**[0058]** Dadurch, dass sich der Einlaufrichter 16 in Richtung zum Vorbeschleunigungssieb 12 hin im wesentlichen konisch erweiternd erstreckt und der Einlaufrichter 16 synchron mitrotiert, wird das Gemisch 2 bereits im Einlaufrichter 16 auf eine vorgebbare Rotationsgeschwindigkeit vorbeschleunigt, so dass das Gemisch 2 beim Eintreffen im Vorbeschleunigungssieb 12 bereits eine gewisse Geschwindigkeit in Umfangsrichtung der Siebstufe 7 aufweist und so insgesamt noch schonender auf die maximale Umfangsgeschwindigkeit der Umfangsfläche 72 der Siebstufe 7 beschleunigbar ist.

**[0059]** In den Fig. 5a und 5b ist beispielhaft und schematisch je ein Ausführungsbeispiel eines Vorbeschleunigungstrichters 12 dargestellt. Dabei ist in beiden Abbildungen zur Illustration je ein Vorbeschleunigungstrichter 12 dargestellt. Wie jedoch die Bezugszeichen 12, 16 und 17 in Fig. 2b andeuten, bezieht sich das in Fig. 2b gezeigte Beispiel für die Geometrie eines Trichters sowohl auf den Einlaufrichter 16 als auch auf den Vorbeschleunigungstrichter 12.

**[0060]** Fig. 5a zeigt einen Vorbeschleunigungstrichter 12 mit äusserem Ringbereich 92 zur Verschiebung eines Feststoffkuchens 3. Der äussere Ringbereich 92 hat dabei eine vorgebbare Höhe a, die je nach zu verarbeitendem Gemisch 2 und / oder den Betriebsbedingungen, unter denen die erfindungsgemässe Schubzentrifuge 1 betrieben wird, ca. 1% bis 40% des Trommelradius r, bevorzugt ca. 5% bis 10%, insbesondere 5% bis 20% des Trommelradius r beträgt.

**[0061]** Dabei kann wie in Fig. 5b schematisch dargestellt, der Trichter 12, 16, 17 auch als mehrstufiger Trichter 12, 16, 17 ausgebildet sein, wobei der Trichter 12, 16, 17 zur Vorbeschleunigung des Gemischs 2 mehrere, unter verschiedenen Winkeln  $\varphi_1$ ,  $\varphi_2$  zueinander geneigte Teilflächen aufweisen kann, wobei die relative Grösse der Teilfläche sowie ihre Neigungswinkel  $\varphi_1$ ,  $\varphi_2$  beispielsweise vom zu verarbeitenden Gemisch 2 oder von den Betriebsparametern der Schubzentrifuge 1 abhängen können. Dabei kann sowohl der Einlaufrichter 16, als auch der Vorbeschleunigungstrichter 12 gemäss Fig. 5b als mehrstufiger Trichter ausgebildet sein.

**[0062]** Insbesondere dann, aber nicht nur dann, wenn der Einlaufrichter 16 als Vorfiltersieb 17 zur Vorabscheidung von Flüssigphase 4 ausgebildet ist, kann es von besonderem Vorteil sein, wenn der Einlaufrichter 16 einen gekrümmten Verlauf hat und sich der Öffnungswinkel  $\alpha$  des Einlaufrichters 16 wie in den Fig. 5c und 5d schematisch dargestellt, in Richtung zur Schubbodenvorrichtung 9 hin vergrössert oder verkleinert. Es ist nämlich bekannt, dass unterschiedliche Gemische 2 unter sonst gleichen Betriebsbedingungen der Schubzentrifuge 1, beispielsweise in Abhängigkeit von der Korn-

grösse und / oder der Viskosität und / oder anderer Eigenschaften oder Parameter, wie zum Beispiel der Temperatur des Gemischs 2, unterschiedlich gut entwässerbar sind.

**[0063]** Liegt beispielsweise ein Gemisch 2 vor, das bei gegebenen Betriebsparametern relativ leicht zu entwässern ist, kann es von Vorteil sein, dass der Einlaufrichter 16 bzw. das Vorfiltersieb 17 einen gekrümmten Verlauf hat, wobei sich der Öffnungswinkel  $\alpha$  des Vorfiltersiebs 17 in Richtung zur Schubbodenvorrichtung 9 hin vergrössert. Ein solches spezielles Ausführungsbeispiel eines Einlaufrichters 16 ist in Fig. 5c schematisch dargestellt. Das heisst, der Einlaufrichter 16 bzw. das Vorfiltersieb 17 erweitert sich in Richtung zur Schubbodenvorrichtung 9 ähnlich wie das Horn einer Trompete. Damit wird die Abtriebskraft, mit der das Gemisch 2 aus dem Einlaufrichter 16 beschleunigt wird, mit abnehmendem Abstand zur Schubbodenvorrichtung 9 überproportional grösser, so dass das Gemisch 2, das bereits im Vorfiltersieb 17 relativ stark entwässerbar ist und damit schlechte Gleiteigenschaften im Vorfiltersieb 17 zeigt, schneller das Vorfiltersieb 17 verlassen kann, als beispielsweise bei einem im wesentlichen sich konusförmig, mit konstantem Öffnungswinkel  $\alpha$  sich erweiterndem Vorfiltersieb 17.

**[0064]** Andererseits können auch Gemische 2 vorliegen, die bei gegebenen Betriebsparametern relativ schlecht zu entwässern sind. In diesem Fall empfiehlt es sich, einen Einlaufrichter 16 bzw. ein Vorfiltersieb 17 mit einem gekrümmten Verlauf einzusetzen, wobei sich der Öffnungswinkel  $\alpha$  des Vorfiltersiebs 17 in Richtung zur Schubbodenvorrichtung 9 hin verkleinert. Das hat zur Folge, dass die Abtriebskraft, mit der das Gemisch 2 aus dem Einlaufrichter 16 beschleunigt wird, mit abnehmendem Abstand zur Schubbodenvorrichtung 9 langsamer zunimmt, als beispielsweise bei einem sich unter einem im wesentlichen konstanten Öffnungswinkel  $\alpha$  konisch erweiternden Einlaufrichter 16. Dadurch entsteht im Vorfiltersieb 17 eine gewisse Stauwirkung, so dass das Gemisch 2 länger im Vorfiltersieb 17 verbleibt und daher bereits im Vorfiltersieb 17 zu einem höheren Grad entwässerbar ist.

**[0065]** Ganz analog zu dem vorher gesagten kann selbstverständlich auch der Vorbeschleunigungstrichter 12 bzw. das Vorbeschleunigungssieb 12 einen gekrümmten Verlauf haben, wobei sich der Vorbeschleunigungswinkel  $\beta$  des Vorbeschleunigungstrichters 12 in Richtung zur Einspeiseeinrichtung 10 hin vergrössert oder verkleinert.

**[0066]** Bevorzugt kann dabei der Einlaufrichter 16, wie in Fig. 6 dargestellt, als Vorfiltersieb 17 zur Vorabscheidung von Flüssigphase 4 aus dem Gemisch 2 ausgebildet sein. Dabei sind bevorzugt Auffangmittel 18 zur Sammlung und Ableitung von vom Vorfiltersieb 17 abgeschiedener Flüssigphase 4 vorgesehen. Dabei kann die Flüssigphase 4 beispielsweise durch Öffnungen in der Schubbodenvorrichtung 9 in einen vom Feststoffkuchen 3 getrennten Bereich der Siebstufe 7 abgeleitet

und dann durch die Sieböffnungen 61, 71 aus der Siebtrommel 6 abgeführt werden, oder die Flüssigphase 4 kann analog zu dem in Fig. 3 dargestellten Ausführungsbeispiel direkt aus der Siebtrommel abgeführt werden, so dass dieser Teil der Flüssigphase nicht mehr auf die Umfangsgeschwindigkeit der Siebstufe 7 bzw. der Siebtrommel 6 beschleunigt wird.

**[0067]** Bei dem in Fig. 6a dargestellten Ausführungsbeispiel einer mehrstufigen Schubzentrifuge 1 ist der Einlauftrichter 16 als Vorfiltersieb 17 ausgestaltet und mittels einer oder mehrerer Befestigungsstützen 22 an der Siebtrommel 6 angeordnet. Die Befestigungsstützen 22 sind dabei bevorzugt in Form von geeignet geformten Speichen 22, dünnen Stangen 22 oder Rohren 22 ausgebildet, so dass im Betriebszustand der Feststoffkuchen 3 problemlos aus der Siebstufe 7 bzw. aus der Siebtrommel 6 entfernbar ist. Dabei ist mindestens eine der Befestigungsstützen 22 so ausgebildet und an einem äusseren Rand der Siebtrommel 6 angeordnet, dass die im Auffangmittel 18 gesammelte Flüssigphase 4 durch die Befestigungsstütze 22 in eine Sieböffnung 61 der Siebtrommel 6 beförderbar ist und durch die Sieböffnung 61 aus der Siebtrommel 6 abscheidbar ist. Dabei können selbstverständlich auch an der Befestigungsstütze 22 selbst an geeigneter Stelle Öffnungen zur Abführen von Flüssigphase 4 vorgesehen sein.

**[0068]** Selbstverständlich kann je nach Ausführungsform der erfindungsgemässen Schubzentrifuge 1 bzw. je nach Anforderung das Vorfiltersieb 17 mittels einer oder mehrerer Befestigungsstützen 22 auch an einer Siebstufe 7 angeordnet sein oder sogar an mehreren Siebstufen 7 oder an einer Siebstufe 7 und an der Siebtrommel 6 angeordnet sein, wobei die entsprechenden Trommeln bevorzugt keine oszillatorische Relativbewegung gegeneinander ausführen.

**[0069]** Bevorzugt, aber nicht notwendig, kann dabei der Vorbeschleunigungstrichter 12, also das Vorbeschleunigungssieb 12 beispielsweise in einer Richtung der Oszillationsbewegung der Siebstufe 7 mit einer anderen Drehgeschwindigkeit rotieren, als bei der entgegengesetzten Oszillationsbewegung der Siebstufe 7. So kann beispielsweise beim Verschieben des Feststoffkuchens 3 die Rotationsfrequenz des Vorbeschleunigungstrichters 12 so gewählt werden, dass der Vorbeschleunigungstrichter 12 synchron mit der Siebstufe 7 rotiert, so dass zwischen dem äusseren Ringbereich 92 und dem Feststoffkuchen 3, der auf der Umfangsfläche der Siebstufe 7 abgelagert ist, beim Verschieben keine Relativbewegung bezüglich der Rotation um die Drehachse 5 vorliegt, während beim Rücklauf, also in der Phase der Oszillationsbewegung in der der Leerraum 11 mit neuem Gemisch 2 beschickt wird, der Vorbeschleunigungstrichter 12 zum Beispiel langsamer rotiert als die Siebstufe 7.

**[0070]** In Fig. 6b ist schliesslich ein Ausführungsbeispiel gemäss Fig. 6a mit einem Blindboden 911 schematisch dargestellt, wobei das Vorbeschleunigungssieb 12 der Übersichtlichkeit halber nicht als Zweistufensieb

dargestellt ist. Selbstverständlich kann auch hier sowohl das Vorbeschleunigungssieb 12, als auch das Vorfiltersieb 17 als Ein-, Zwei- oder Mehrstufensieb ausgestaltet sein.

**[0071]** Das Ausführungsbeispiel gemäss Fig. 6b weist einen als Blindboden 911 ausgestalteten äusseren Ringbereich 92 auf, der synchron mit der äusseren Siebtrommel 6 rotiert, jedoch vom Vorbeschleunigungstrichter 12 bezüglich der Rotationsbewegung entkoppelt ist, so dass der Vorbeschleunigungstrichter 12, also das Vorbeschleunigungssieb 12 mit einer anderen Drehzahl als der Blindboden 911 um die Drehachse 5 rotierbar ist. Dazu kann, wie in Fig. 6b schematisch dargestellt, der Blindboden 911 über mindestens eine Befestigungsstrebe 912 drehfest mit der äusseren Siebtrommel 6 verbunden sein, wobei die Befestigungsstrebe 912 durch eine geeignet platzierte Öffnung 70 in der Siebstufe 7 geführt ist, so dass die Befestigungsstrebe 912 von der Oszillationsbewegung der Siebstufe 7 entkoppelt ist. Selbstverständlich ist das Ausführungsbeispiel gemäss Fig. 6b auch auf höherstufige als zweistufige Schubzentrifugen 1 analog übertragbar.

**[0072]** Die Vorteile der Ausführungsvariante gemäss Fig. 6b liegen auf der Hand. Einerseits ist der Vorbeschleunigungstrichter 12 völlig unabhängig von der Drehzahl der äusseren Siebtrommel 6 mit einer auf das zu verarbeitende Gemisch 2 abstimmbaren Rotationsfrequenz antreibbar und andererseits rotiert der Blindboden 911, der den Feststoffkuchen 3 in axialer Richtung transportiert mit der gleichen Drehzahl wie die Siebtrommel 6 bzw. die Siebstufe 7, so dass zwischen Blindboden 911 und Siebstufe 7 bezüglich der Rotation um die Drehachse 5 keine Relativbewegung stattfindet. Selbstverständlich kann auch in diesem Fall die Rotationsgeschwindigkeit beispielsweise in Abhängigkeit von einem momentanen Betriebszustand der Schubzentrifuge 1, wie oben bereits beschrieben, variierbar sein.

**[0073]** Wie in Fig. 7 beispielhaft dargestellt kann das Vorfiltersieb 17 selbstverständlich auch als Zweistufensieb mit einem Grobsieb 171 und einem Feinsieb 172 ausgestaltet sein. Die erste Filterstufe bildet das Grobsieb 171, welches im Gemisch 2 enthaltene Partikel, die grösser sind als die Filteröffnungen des Grobsiebs 171 zurückhält. Das Feinsieb 172 hält entsprechend feinere Partikel zurück, während zumindest ein Teil der Flüssigphase 4, sowie sehr kleine Partikel, die ebenfalls entfernt werden müssen, aus der Siebstufe 7 direkt abführbar sind. Die Ausgestaltung des Vorfiltersiebs 17 als Zweistufensieb hat insbesondere den Vorteil, dass das Feinsieb 172 durch grosse und / oder schwere Partikel, die im einlaufenden Gemisch 2 enthalten sein können, mechanisch nicht so stark belastet wird, so dass das Feinsieb 172 beispielsweise sehr kleine Poren zur Filterung von sehr kleinen Partikeln aufweisen kann und insbesondere auch aus mechanisch wenig widerstandsfähigen Materialien gefertigt sein kann.

**[0074]** In der Praxis kann es von grosser Wichtigkeit sein, den Beschleunigungsvorgang selbst bzw. die Ro-

tationsgeschwindigkeit, auf die das Gemisch 2 im Einlauftrichter 16 beschleunigbar ist, gezielt zu kontrollieren. Das ist beispielsweise mit der in Fig. 8 dargestellten weiteren Ausführungsvariante einer erfindungsgemässen mehrstufigen Schubzentrifuge 1 erreichbar. Bei der Ausführungsvariante gemäss Fig. 8 ist der Einlauftrichter 16 vom Gemischverteiler 8 mechanisch entkoppelt. Zur Steuerung und / oder Regelung der Rotationsgeschwindigkeit des Einlauftrichters 16 ist dieser mit einer separaten Antriebsachse 19 drehfest verbunden und über die Antriebsachse 19 mittels eines Antriebs 20 unabhängig von der Siebtrommel 6 mit einer vorgebbaren Rotationsfrequenz antreibbar. Dabei können geeignete, hier nicht dargestellte, Mittel vorgesehen sein, um den Antrieb 20 beispielsweise in Abhängigkeit von geeigneten Betriebsparametern der mehrstufigen Schubzentrifuge 1 zu steuern und / oder zu regeln.

**[0075]** Es versteht sich darüber hinaus von selbst, dass die zuvor erläuterten und in den Abbildungen schematisch dargestellten Ausführungsvarianten auch beliebig miteinander zu weiteren Ausführungsbeispielen kombinierbar sind, um speziellen Anforderungen in der Praxis gerecht zu werden.

**[0076]** Durch Einsatz der erfindungsgemässen mehrstufigen Schubzentrifuge kann das eingebrachte Gemisch durch das an der Schubbodenvorrichtung angeordnete Vorbeschleunigungssieb auf eine vorgebbare Umfangsgeschwindigkeit vorbeschleunigt werden, so dass das Gemisch beim Auftreffen auf die Siebtrommel nicht in kürzester Zeit von einer Umfangsgeschwindigkeit Nahe bei null auf die volle Umfangsgeschwindigkeit der inneren Siebstufe beschleunigt wird. Dadurch ist unter anderem Kornbruch vermeidbar, so dass insbesondere auch Substanzen, die besonders empfindlich auf abrupte Änderungen einer Zentrifugalbeschleunigung reagieren, unter Einhaltung höchster Qualitätsansprüche verarbeitet werden.

**[0077]** In den verschiedenen bevorzugten Ausführungsvarianten können darüber hinaus insbesondere auch besonders niedrigere Einlaufkonzentrationen verarbeitet werden, die beispielsweise 50% oder 70% oder 80% oder gar mehr als 90% Anteil an Flüssigphase entsprechen, da ein erheblicher Teil der im Gemisch enthaltenen Flüssigphase bereits im Vorbeschleunigungssieb abgetrennt wird. Insbesondere durch zusätzlichen Einsatz des Vorfiltersiebs ist es möglich, Gemische mit fast beliebig grossem Flüssigkeitsgehalt zu verarbeiten, ohne dass das Gemisch in aufwendigen Verfahren vor-eingedickt werden muss. So ist auch bei hohem Flüssigkeitsgehalt stets gewährleistet, dass eine gleichmässige Verteilung des zu trocknenden Gemischs über die innere Umfangsfläche der inneren Siebstufe bzw. der Siebtrommel erfolgt. Damit werden einerseits sehr schädliche Vibrationen der Siebtrommel und damit der vorzeitige Verschleiss von Lagern und Antrieb verhindert und Sicherheitsproblemen im Betrieb wird wirksam vorgebeugt. Darüber hinaus werden Probleme beim Waschen des Feststoffkuchens durch dessen ungleich-

mässige Verteilung über die Umfangsfläche der Siebtrommel weitestgehend vermieden. Der Einsatz von sowohl verfahrenstechnisch als auch apparativ sehr aufwendiger Vorentwässerungssysteme wird ebenfalls vermieden, was selbstverständlich zu erheblichen Kostenersparnissen im Betrieb führt.

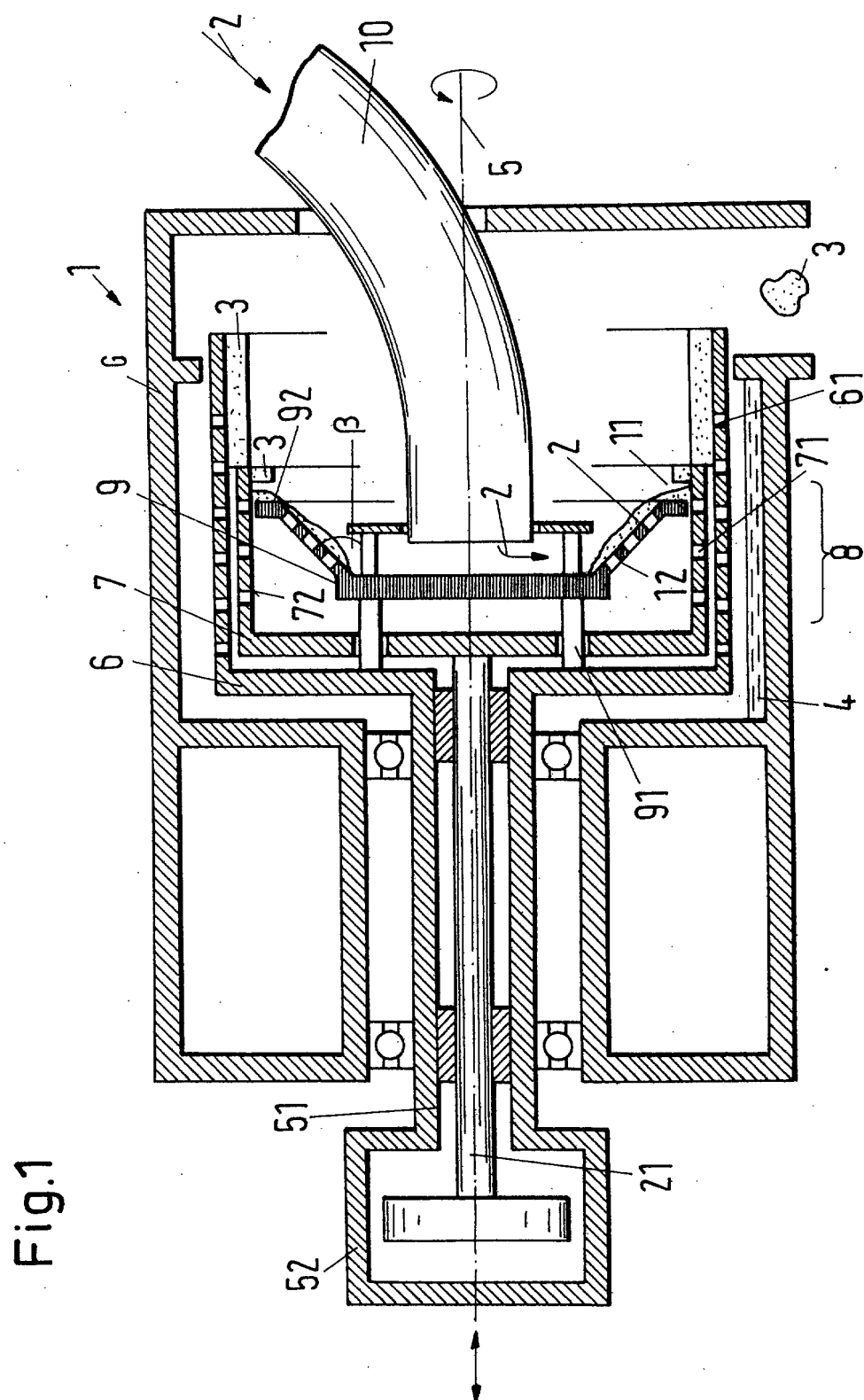
**[0078]** Bei Einsatz der zuvor erwähnten Filtersysteme muss auch nicht mehr die gesamte Menge an Flüssigphase, die mit dem Gemisch zugeführt wird, auf die volle Umfangsgeschwindigkeit der Siebtrommel beschleunigt werden. Das ist insbesondere mit Blick auf den Energieverbrauch der erfindungsgemässen mehrstufigen Schubzentrifuge äusserst günstig und beeinflusst darüber hinaus das Betriebsverhalten der Zentrifuge insgesamt deutlich positiv.

**[0079]** Durch entsprechende unterschiedliche Ausgestaltung der verschiedenen Filterflächen bzw. durch den Einsatz des Vorbeschleunigungstrichters und / oder des Einlauftrichters mit eigenem Antrieb ist es möglich, auch mechanisch sehr empfindliche Gemische, selbst bei hohen Drehzahlen der Siebtrommel unter Einhaltung höchster Qualitätsstandarts zu verarbeiten.

## 25 Patentansprüche

1. Mehrstufige Schubzentrifuge zur Trennung eines Gemischs (2) in einen Feststoffkuchen (3) und in eine Flüssigphase (4), umfassend, eine um eine Drehachse (5) rotierbare äussere Siebtrommel (6) und mindestens eine in der äusseren Siebtrommel (6) angeordnete Siebstufe (7), einen in der Siebtrommel (6) angeordneten Gemischverteiler (8) mit einer Schubbodenvorrichtung (9), wobei entweder die Siebstufe (7) oder die Schubbodenvorrichtung (9) entlang der Drehachse (5) hin- und herbewegbar angeordnet ist, so dass der Feststoffkuchen (3) mittels der Schubbodenvorrichtung (9) verschiebbar ist, und mit einer Einspeiseeinrichtung (10) mit welcher das Gemisch (2) über den Gemischverteiler (8) in einen Leerraum (11) einbringbar ist, der beim Verschieben des Feststoffkuchens (3) durch die Schubbodenvorrichtung (9) entsteht, wobei die Schubbodenvorrichtung (9) einen Vorbeschleunigungstrichter (12) umfasst, der sich im wesentlichen erweiternd in Richtung zur Einspeiseeinrichtung (10) hin erstreckt **dadurch gekennzeichnet, dass** der Vorbeschleunigungstrichter (12) als Vorbeschleunigungssieb (12) ausgestaltet ist.
2. Mehrstufige Schubzentrifuge nach Anspruch 1, wobei der Vorbeschleunigungstrichter (12) sich unter einem im wesentlichen konstanten Vorbeschleunigungswinkel ( $\beta$ ) konisch erweiternd in Richtung zur Einspeiseeinrichtung (10) hin erstreckt.
3. Mehrstufige Schubzentrifuge nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Vorbeschleunigungstrichter (12) einen

- gekrümmten Verlauf hat und sich der Vorbeschleunigungswinkel ( $\beta$ ) des Vorbeschleunigungstrichters (12) in Richtung zur Einspeiseeinrichtung (10) hin vergrößert.
4. Mehrstufige Schubzentrifuge nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Vorbeschleunigungstrichter (12) einen gekrümmten Verlauf hat und sich der Vorbeschleunigungswinkel ( $\beta$ ) des Vorbeschleunigungstrichters (12) in Richtung zur Einspeiseeinrichtung (10) hin verkleinert.
5. Mehrstufige Schubzentrifuge nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Vorbeschleunigungssieb (12) als Zweistufenfilter mit einem Grobfilter (121) und einem Feinfilter (122) ausgestaltet ist.
6. Mehrstufige Schubzentrifuge nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei am Gemischverteiler (8) eine Auffangeinrichtung (13) zum Abführen von Flüssigphase (4) vorgesehen ist.
7. Mehrstufige Schubzentrifuge nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei, ein Wert des Vorbeschleunigungswinkels ( $\beta$ ) des Vorbeschleunigungssiebs (12) in Bezug auf die Drehachse (5) zwischen  $0^\circ$  und  $45^\circ$ , im speziellen zwischen  $0^\circ$  und  $10^\circ$  oder zwischen  $10^\circ$  und  $45^\circ$ , insbesondere zwischen  $25^\circ$  und  $45^\circ$ , bevorzugt zwischen  $15^\circ$  und  $35^\circ$  liegt.
8. Mehrstufige Schubzentrifuge nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Vorbeschleunigungstrichter (12) so ausgestaltet und angeordnet ist, dass das Vorbeschleunigungssieb (12) mittels eines Drehantriebs (14) um eine Rotationsachse (15) mit einer vorgebbaren Drehzahl rotierbar ist.
9. Mehrstufige Schubzentrifuge nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei bei der Einspeiseeinrichtung (10) ein Einlauftrichter (16) angeordnet ist, der sich unter einem im wesentlichen konstanten Öffnungswinkel ( $\alpha$ ) konisch erweiternd in Richtung zur Schubbodenvorrichtung (9) hin erstreckt.
10. Mehrstufige Schubzentrifuge nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Einlauftrichter (16) einen gekrümmten Verlauf hat und sich der Öffnungswinkel ( $\alpha$ ) des Einlauftrichters (16) in Richtung zur Schubbodenvorrichtung (9) hin vergrößert.
11. Mehrstufige Schubzentrifuge nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Einlauftrichter (16) einen gekrümmten Verlauf hat und sich der Öffnungswinkel ( $\alpha$ ) des Einlauftrichters (16) in Richtung zur Schubbodenvorrichtung (9) hin verkleinert.
12. Mehrstufige Schubzentrifuge nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Einlauftrichter (16) als Vorfiltersieb (17) zur Vorabscheidung von Flüssigphase (4) aus dem Gemisch (2) ausgebildet ist.
13. Mehrstufige Schubzentrifuge nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Vorfiltersieb (17) als Zweistufensieb mit einem Grobsieb (171) und einem Feinsieb (172) ausgestaltet ist.
14. Mehrstufige Schubzentrifuge nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei welcher Auffangmittel (18) zur Sammlung und Ableitung der Flüssigphase (4) aus dem Vorfiltersieb (17) vorgesehen sind.
15. Mehrstufige Schubzentrifuge nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Einlauftrichter (16) um eine Antriebsachse (19) drehbar angeordnet und mittels eines Antriebs (20) mit einer vorgebbaren Drehzahl um die Antriebsachse (19) rotierbar ist.



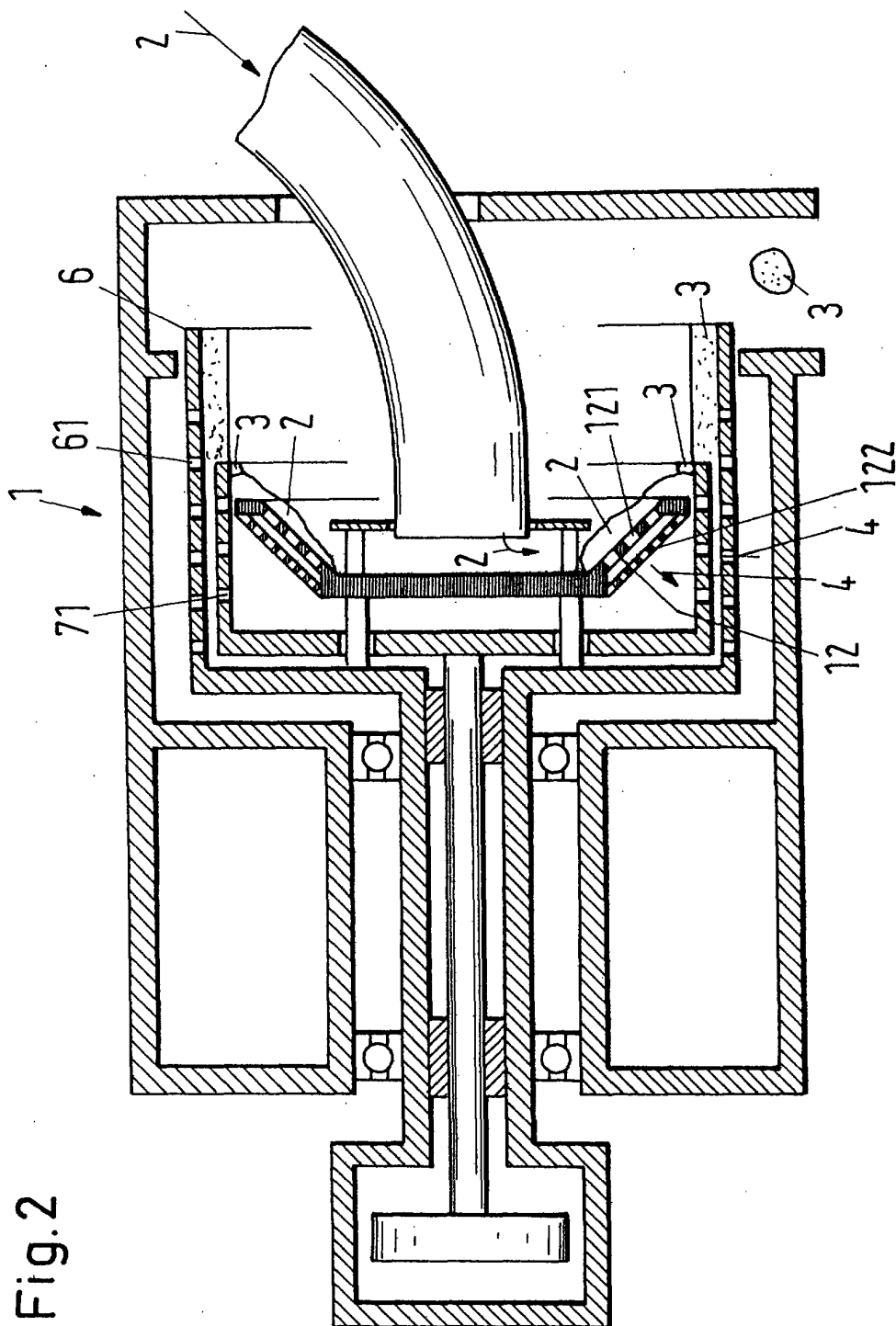


Fig. 2

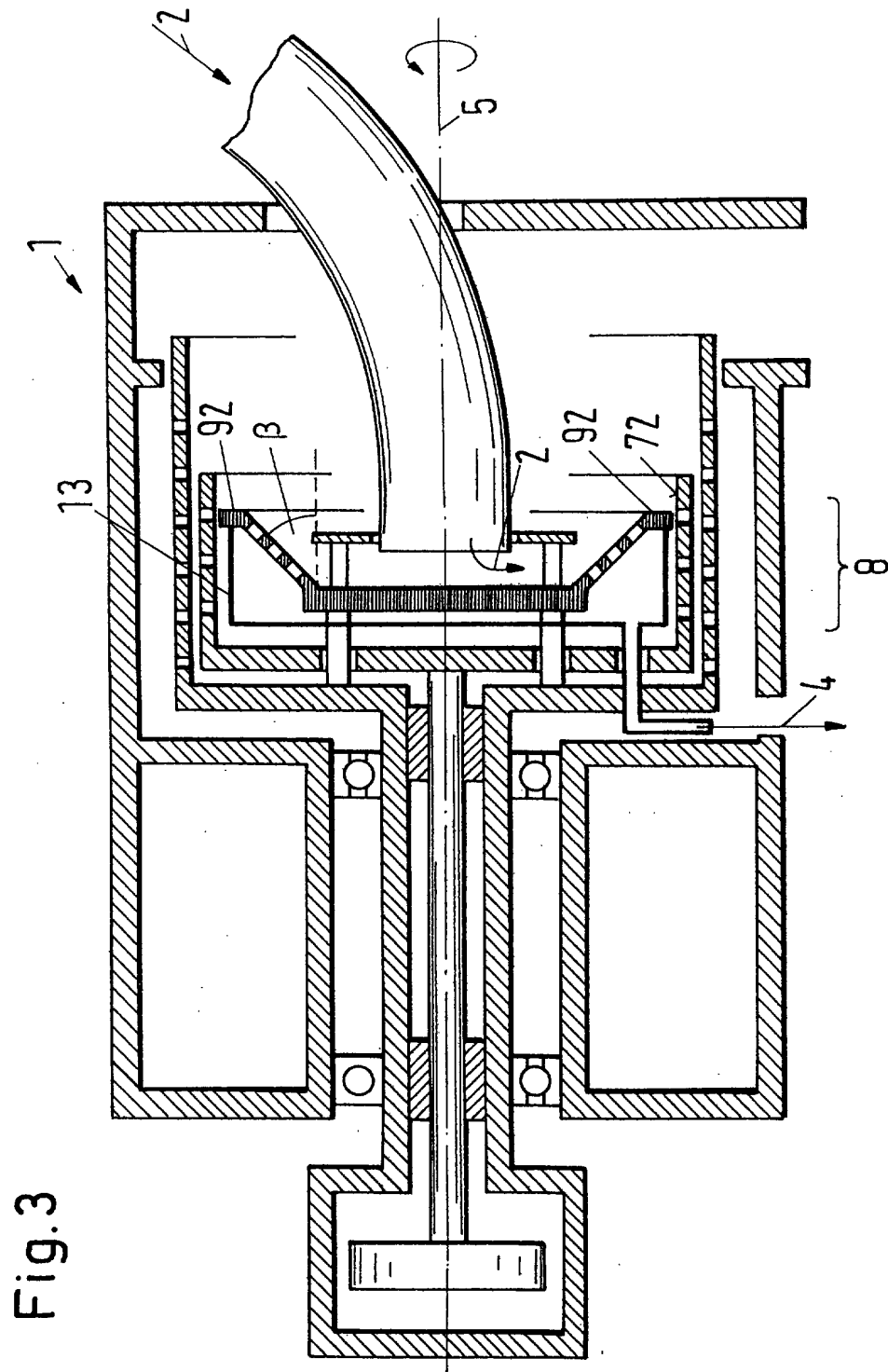


Fig. 3



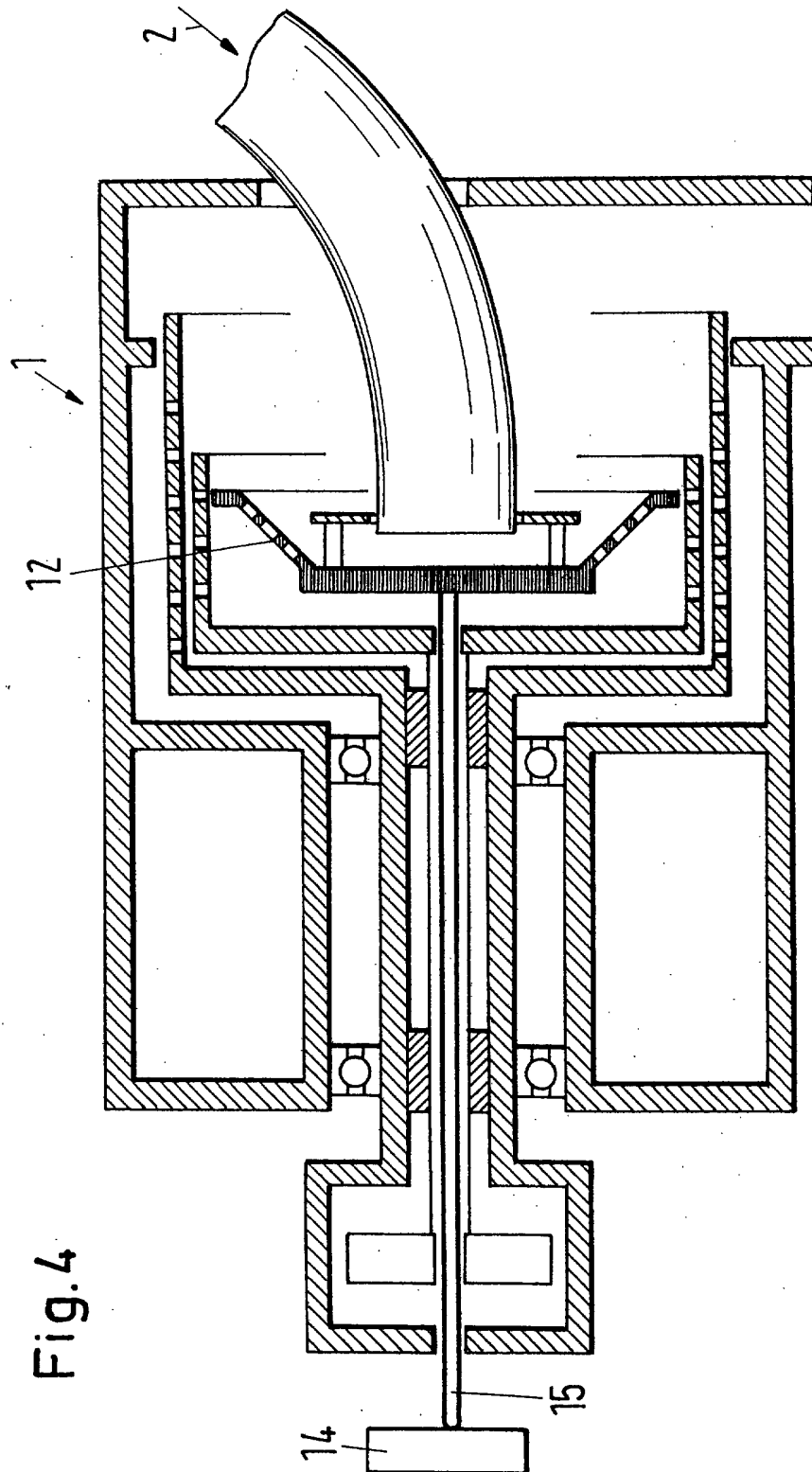


Fig.4

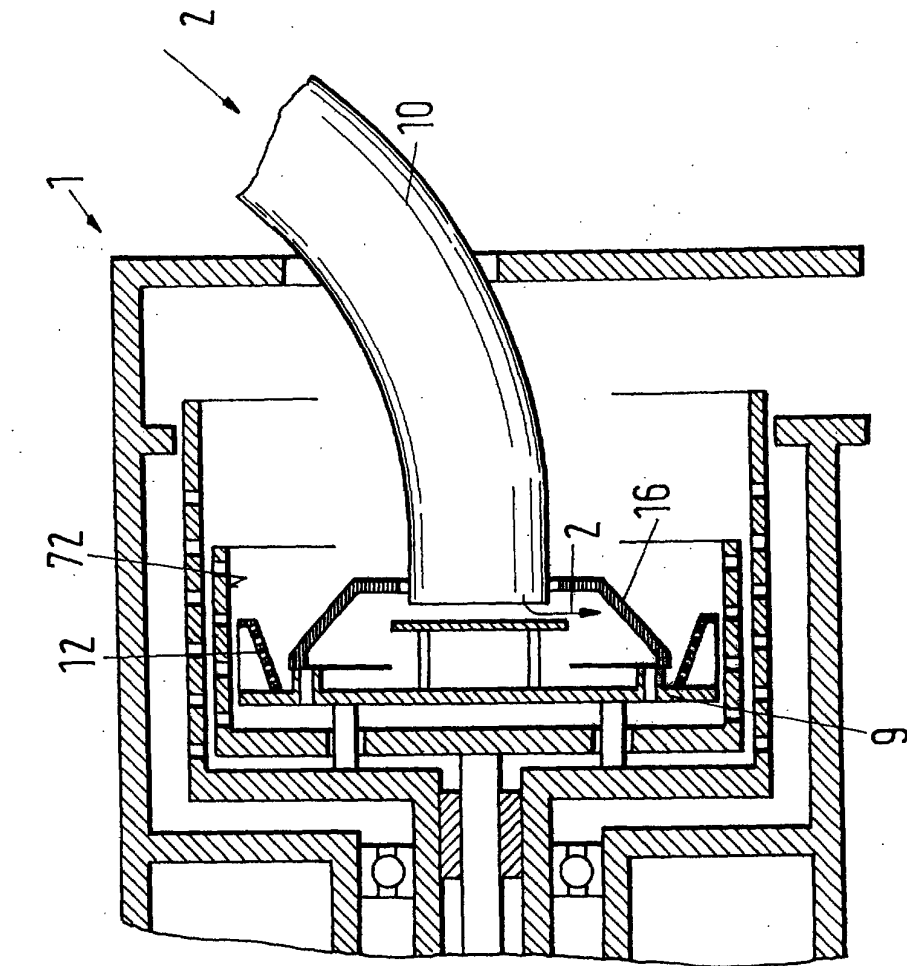


Fig. 5

Fig. 5a

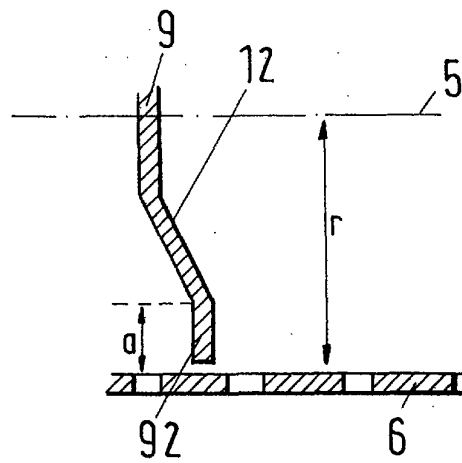


Fig. 5b

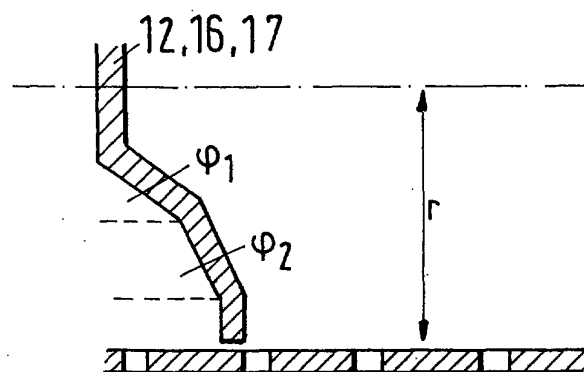


Fig.5c

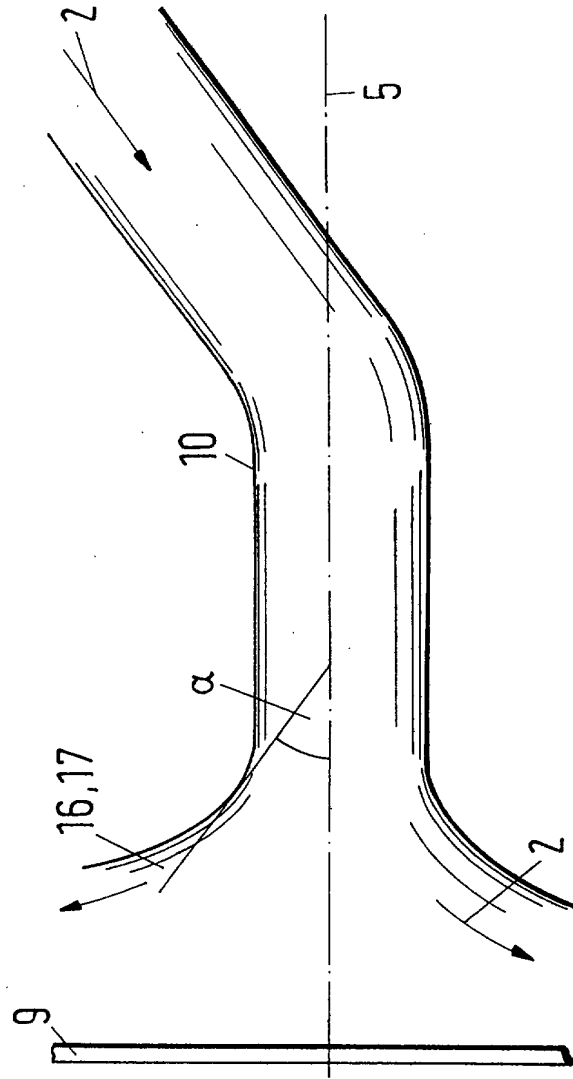


Fig.5d

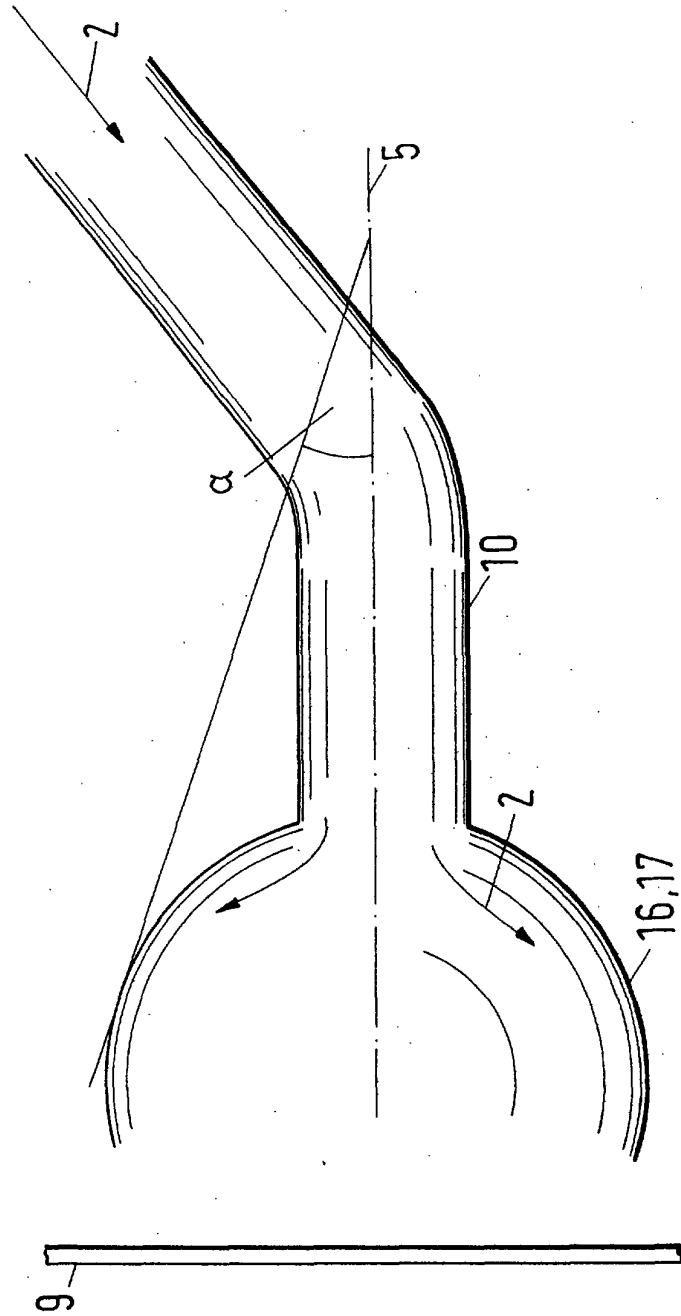


Fig. 6

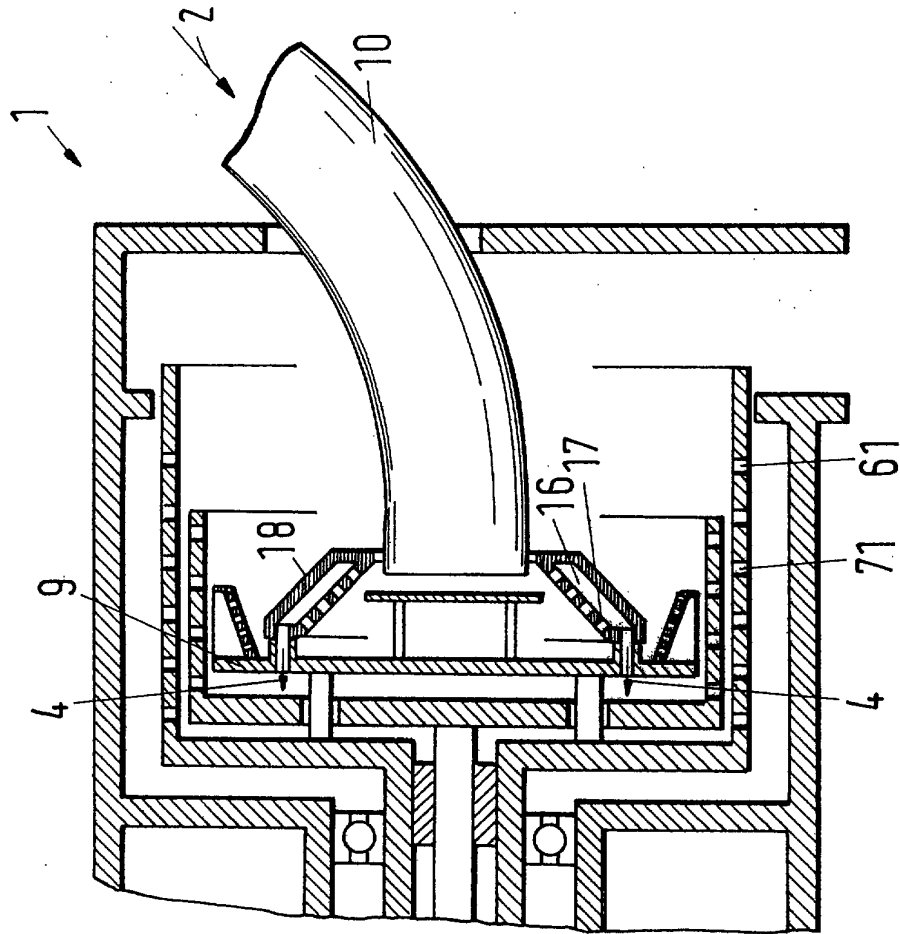


Fig. 6a

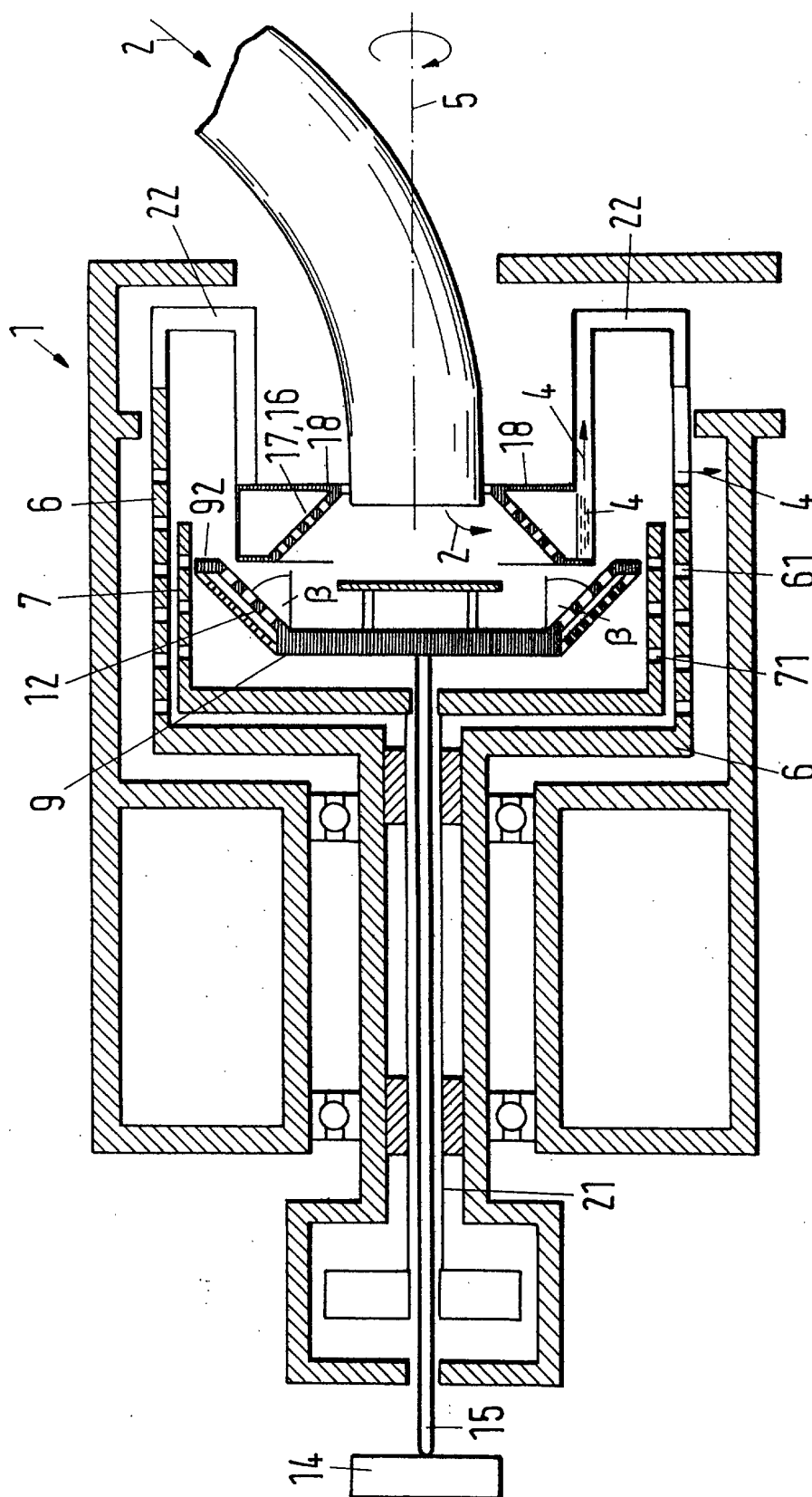
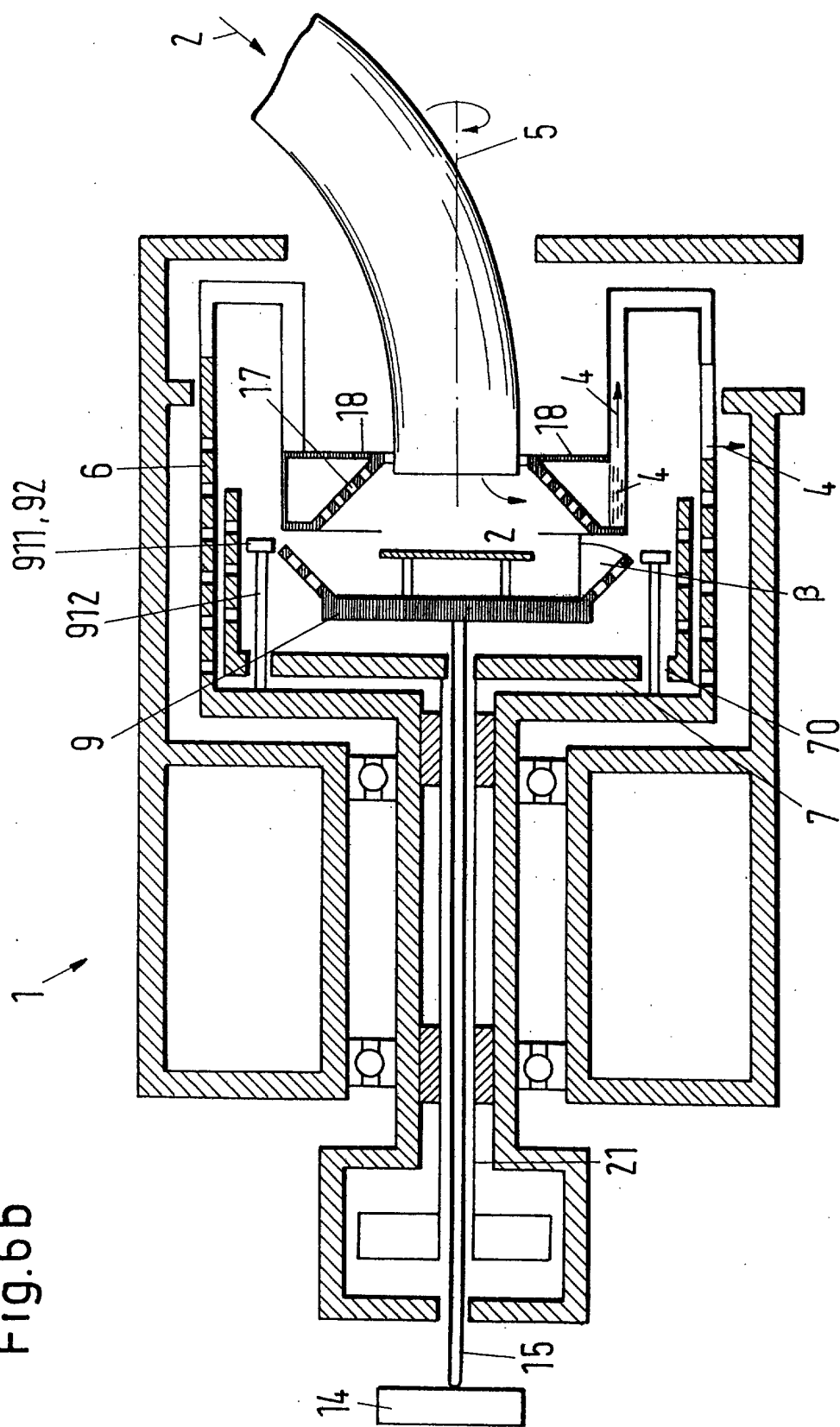


Fig. 6b





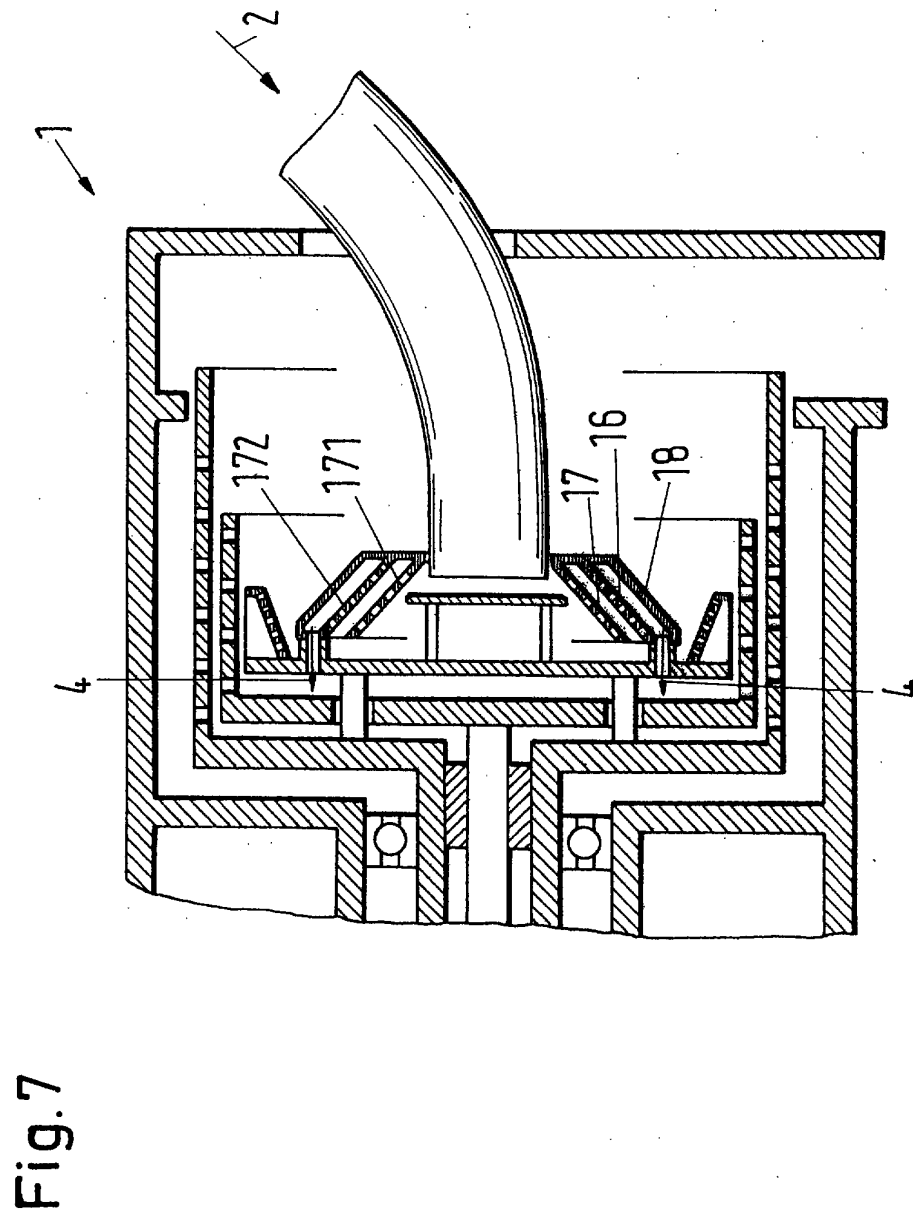
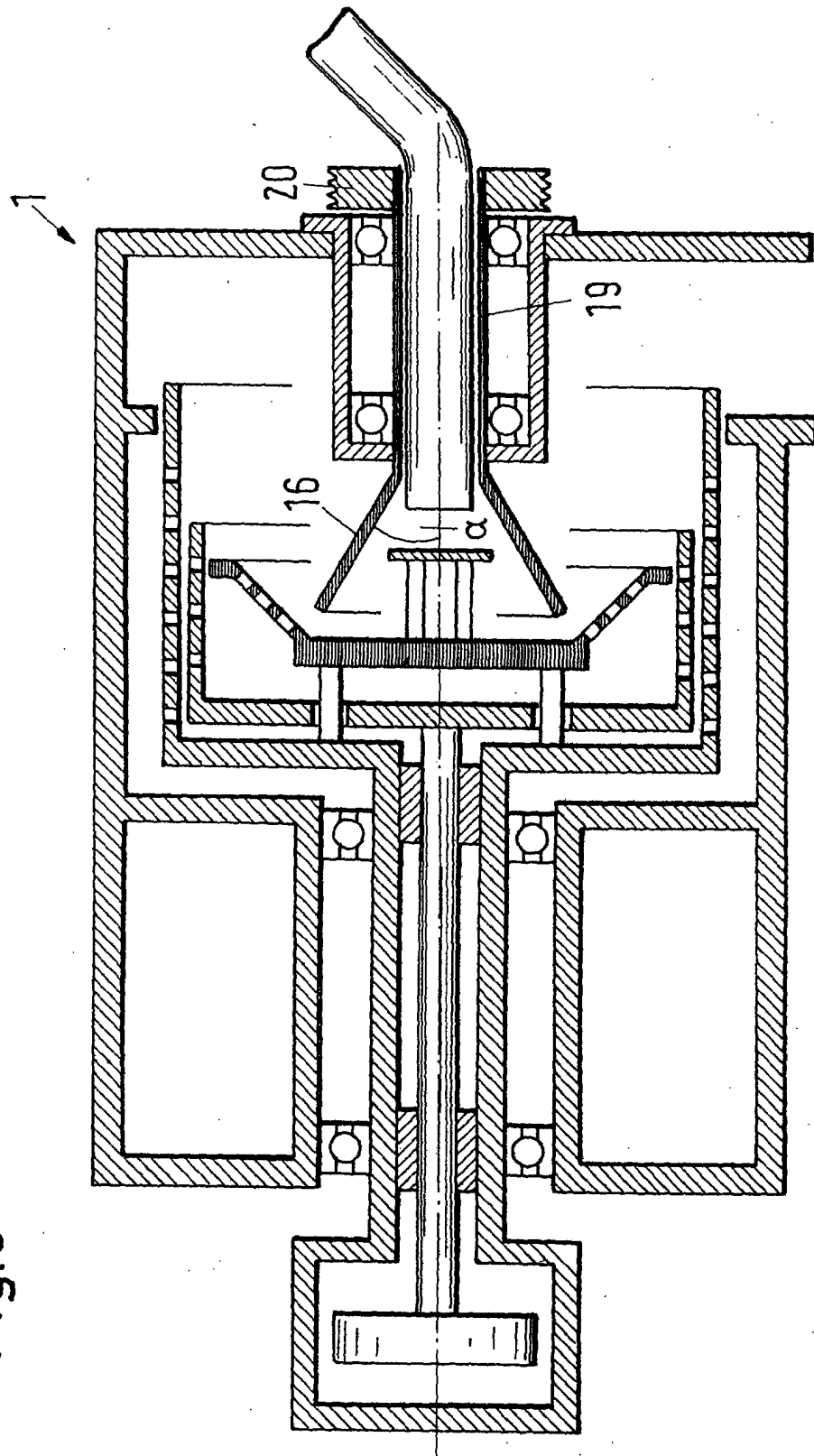


Fig.8





Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 04 40 5165

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	GB 1 518 239 A (DIEDRICH & CIE DE) 19. Juli 1978 (1978-07-19) * das ganze Dokument *	1,27	B04B3/02
X	US 3 831 764 A (HUMPHREY D) 27. August 1974 (1974-08-27) * Spalte 2, Zeile 3 - Spalte 4, Zeile 35; Abbildungen 1,2 *	1,2,7	
X	US 3 136 721 A (GOOCH FRED P) 9. Juni 1964 (1964-06-09) * Spalte 2, Zeile 3 - Spalte 4, Zeile 70; Abbildung 2 *	1,2,7	
A	US 3 368 684 A (ERNST RUEGG) 13. Februar 1968 (1968-02-13) * das ganze Dokument *	2	
A	US 2 720 981 A (GREENWELL RICHARD H) 18. Oktober 1955 (1955-10-18) * Spalte 3, Zeilen 44-48 * * Spalte 3, Zeile 73 - Spalte 4, Zeile 3 * * Spalte 6, Zeile 56 - Spalte 7, Zeile 3; Abbildungen 1-3 *	3,10	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7) B04B
A	GB 918 386 A (BRAUNSCHWEIGISCHE MASCHB ANSTA) 13. Februar 1963 (1963-02-13) * Seite 2, Zeilen 30-65 * * Seite 2, Zeile 124 - Seite 3, Zeile 2; Anspruch 7; Abbildung 2 *	3,4,6, 11,12	
A	US 3 268 083 A (ERNST RUEGG) 23. August 1966 (1966-08-23) * das ganze Dokument *	5,13	
-/-			
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 8. Juli 2004	Prüfer Strodel, K-H
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03-82 (P04033)



Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 04 40 5165

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
A	EP 0 710 504 A (SPYRA THOMAS) 8. Mai 1996 (1996-05-08) * Spalte 2, Zeilen 3-9 * * Spalte 3, Zeilen 24-37, 53-59 * * Spalte 4, Zeilen 27-33; Ansprüche 1-8; Abbildungen 1, 3 *	8, 9, 15	
A	DE 21 65 719 A (KRAUSS MAFFEI AG) 5. Juli 1973 (1973-07-05) * das ganze Dokument *	8, 14, 15	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
Recherchenort <b>München</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>8. Juli 2004</b>	Prüfer <b>Strodel, K-H</b>
<b>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</b> X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 04 40 5165

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

08-07-2004

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
GB 1518239	A	19-07-1978	FR	2334420 A1	08-07-1977
			CH	598869 A5	12-05-1978
			DE	2656271 A1	07-07-1977
			IT	1069397 B	25-03-1985
-----					
US 3831764	A	27-08-1974	JP	1119043 C	28-10-1982
			JP	50021369 A	06-03-1975
			JP	57013344 B	16-03-1982
-----					
US 3136721	A	09-06-1964	KEINE		
-----					
US 3368684	A	13-02-1968	CH	452441 A	31-05-1968
			AT	276258 B	25-11-1969
			DE	1632286 A1	29-10-1970
			ES	344372 A1	01-10-1968
			FR	1532782 A	12-07-1968
			GB	1194563 A	10-06-1970
NL	6711253 A	26-02-1968			
-----					
US 2720981	A	18-10-1955	GB	711320 A	30-06-1954
			US	2720982 A	18-10-1955
-----					
GB 918386	A	13-02-1963	KEINE		
-----					
US 3268083	A	23-08-1966	CH	400910 A	15-10-1965
			DE	1209507 B	20-01-1966
			FR	1356012 A	20-03-1964
			GB	1047434 A	
-----					
EP 0710504	A	08-05-1996	DE	9417273 U1	22-12-1994
			AT	189777 T	15-03-2000
			DE	4444117 C1	21-12-1995
			DE	59507812 D1	23-03-2000
			EP	0710504 A1	08-05-1996
			US	5635065 A	03-06-1997
-----					
DE 2165719	A	05-07-1973	DE	2165719 A1	05-07-1973
			JP	48077452 A	18-10-1973
-----					

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82