



①9



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

①1 CH 686 931 A5

⑤1 Int. Cl.⁶: B 01 D 001/22

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

①2 PATENTSCHRIFT A5

②1 Gesuchsnummer: 00762/92

②2 Anmeldungsdatum: 10.03.1992

③0 Priorität: 11.04.1991 DE A4111753

②4 Patent erteilt: 15.08.1996

④5 Patentschrift
veröffentlicht: 15.08.1996

⑦3 Inhaber:

Dipl.-Ing. Vaclav Feres, 3002 Buena Vida Circle,
Las Cruces/NM (US)

⑦2 Erfinder:

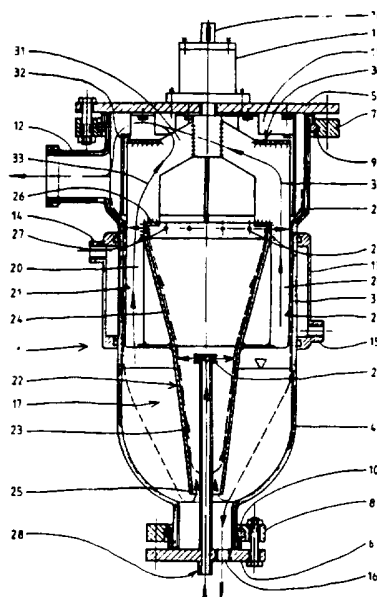
Feres, Vaclav, Dipl.-Ing., Las Cruces/NM (US)

⑦4 Vertreter:

Troesch Scheidegger Werner AG,
Siewerdstrasse 95, Postfach, 8050 Zürich (CH)

⑤4 Dünnschichtverdampfer.

⑤7 Ein Dünnschichtverdampfer weist einen aufrecht stehenden Behälter (1), eine an dessen Mantel aussen-
seitig angeordnete Heizung, einen im Behälter umlaufen-
den Rotor (17) und ein Oberteil mit einem Brüdenraum
und Tropfenabscheidung auf. Das Produkt wird im oberen
Bereich des Rotors auf die Innenwand des Behälters auf-
gegeben und läuft in einer dünnen Schicht, in der die Ver-
dampfung stattfindet, nach unten ab. Eine Umlaufver-
dampfung mit hoher Eindickungsleistung ist dadurch mög-
lich, dass der Behälter ein als Vorlage ausgebildetes, nicht
beheiztes Unterteil (4), in welchem sich das Produkt sam-
melt, und ein Mittelteil (3) mit der Heizung, an dessen In-
nenwand die Dünnschichtverdampfung stattfindet, auf-
weist, und dass der rohrförmig ausgebildete Rotor sich in
das Unterteil erstreckt und als Umlaufpumpe ausgebildet
ist, die das Produkt aus dem Unterteil an der Innenseite
des rohrförmigen Rotors bis in dessen oberen Bereich för-
dert und dort zentrifugal an die Innenwand des Mittelteils
(3) abgibt.



Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Dünnschichtverdampfer mit einem aufrecht stehenden Behälter, einer an dessen Mantel aussenseitig angeordneten Heizung, einem im Behälter umlaufenden Rotor und einem oberhalb des Rotors in einem Oberteil des Behälters angeordneten Brüdenraum mit Tropfenabscheidung, wobei das Produkt im oberen Bereich des Rotors auf die Innenwand des Behälters aufgegeben und in einer dünnen Schicht, in der die Verdampfung stattfindet, nach unten abläuft und das Konzentrat am Boden des Behälters abgezogen wird.

Dünnschichtverdampfer sind in vielen Ausführungsformen bekannt. Sie zeichnen sich dadurch aus, dass das einzudickende oder zu verdampfende Produkt in einer filmartigen Schicht über die Verdampfungsfläche läuft. Hierbei lassen sich hohe k -Werte (Wärmedurchgangswerte) erzielen. Eine gleichmässige Filmdicke über die gesamte Verdampfungslänge lässt sich dadurch erreichen, dass der Rotor Leisten mit Wischerkanten aufweist, die in geringem Abstand an der Innenwand vorbeistreichen. Dünnschichtverdampfer sind insbesondere zum Aufkonzentrieren, Eindicken oder Destillieren von temperaturempfindlichen Produkten, z.B. organischen Flüssigkeits- oder Feststoffgemischen geeignet.

Solche Dünnschichtverdampfer arbeiten im Durchlaufverfahren, d.h. das Ausgangsprodukt wird nur einmal über die Verdampfungsfläche geführt und das entstehende Konzentrat abgezogen. Höhere Leistungen beim Eindicken und/oder bessere Trenneffekte lassen sich nur durch eine mehrstufige Ausführung erreichen, indem entweder mehrere Verdampfer hintereinander geschaltet oder aber in einem Behälter mehrere Verdampfungsflächen stufenförmig angeordnet werden und das Konzentrat von einer auf die andere Verdampfungsfläche übergeben wird.

Die mehrstufige Anordnung bei solchen Dünnschichtverdampfern führt entweder zu einem grossen Platzbedarf oder aber zu erheblichen Baugrössen, weshalb solche Verdampfungsanlagen nur für den grosstechnischen Einsatz geeignet sind.

Für Labor- oder Technikumszwecke werden bis auf den heutigen Tag Destillierblasen eingesetzt, die in einem Heizbad rotieren. Die Destillierblase besteht in der Regel aus einem Kugelkolben, der an seinem Hals über Drehverbindungen mit der Abdampfleitung und dem Kondensator verbunden ist. Hiermit lassen sich relativ hohe Eindickungsleistungen bis zum Trockenzustand erzielen. Von Nachteil ist jedoch die Tatsache, dass das Produkt ständig der Wärmezufuhr aus dem Heizbad – in der Regel Wasser oder Thermoöl – ausgesetzt ist, was zu Produktzersetzungen, Anbackungen und dergleichen führen kann. Dampfförmige Wärmeträger, die eine konstante Heiztemperatur und hohe Übergangswerte garantieren, lassen sich hier nicht einsetzen. Im übrigen ergeben sich aufgrund der Drehverbindung zwischen Destillierblase und Abdampfleitung Dichtungsprobleme, insbesondere wenn bei temperaturempfindlichen Produkten unter Vakuum gearbeitet wird.

Bei einem Dünnschichtverdampfer des eingangs geschilderten Aufbaus, wie er beispielsweise aus der US 2 927 634 bekannt ist, befindet sich in einem Unterteil des Behälters ein umlaufender Rotor mit sich radial erstreckenden blattförmigen Leisten, die die Wischerkanten bilden. Der Behälter ist im Unterteil konisch ausgebildet und die Wischerkanten verlaufen entsprechend geneigt und mit geringem Abstand von der Innenwand des Behälters. Hierdurch wird das am oberen Ende des Rotors in den Behälter eingeführte Ausgangsprodukt, das an der Innenwand des Behälters nach unten läuft, gleichmässig in einem dünnen Film verteilt. Am Boden des Unterteils wird das Konzentrat abgezogen. Im Oberteil des Behälters ist als Tropfenabscheider eine Platte eingesetzt. Auch bei diesem Verdampfer ist die Eindickungsleistung aufgrund des einmaligen Durchlaufs begrenzt. Eine Erhöhung der Eindickungsleistung ist nur durch Vergrösserung der Bauhöhe möglich.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Verdampfer kleiner Baugrösse mit gleichwohl hoher Eindickungsleistung und schonender Behandlung des Produktes zu schaffen.

Ausgehend von einem Dünnschichtverdampfer des eingangs genannten Aufbaus wird diese Aufgabe dadurch gelöst, dass der Behälter ein als Vorlage ausgebildetes, nicht beheiztes Unterteil, in welchem sich das Produkt sammelt, und ein die Heizung aufweisendes Mittelteil, an dessen Innenwand die Dünnschicht-Verdampfung stattfindet, aufweist, und dass der rohrförmig ausgebildete Rotor sich in das Unterteil bis nahe dem Boden des Behälters erstreckt und als Umlaufpumpe ausgebildet ist, die das Produkt aus dem Unterteil an der Innenseite des rohrförmigen Rotors bis in dessen oberen Bereich fördert und dort zentrifugal an die Innenwand des Mittelteils abgibt.

Der erfindungsgemäss ausgebildete Dünnschichtverdampfer weist einen Behälter auf, der sich in drei Abschnitte unterteilt, nämlich einem an sich bekannten Oberteil mit Tropfenabscheider für die Brüden, einem beheizten Mittelteil, wo die Dünnschichtverdampfung erfolgt, und einem Unterteil, das als Vorlage für das Produkt dient und aus dem das Produkt mittels des umlaufenden Rotors, der zugleich als Umlaufpumpe arbeitet, kontinuierlich dem Mittelteil zugeführt wird, um durch Dünnschichtverdampfung weiter aufkonzentriert zu werden. Bei der Erfindung handelt es sich also um einen Dünnschichtverdampfer mit innerem Produktumlauf. Aufgrund der Dünnschichtverdampfung wird eine schonende und gleichwohl effektive Verdampfung möglich. Aufgrund der kurzen Kontaktzeit des Produktes mit der Heizfläche ergibt sich eine schonende Behandlung. Durch das erfindungsgemäss verwirklichte Umlaufprinzip lassen sich trotz der schonenden Behandlung hohe Eindickungsleistungen erzielen.

Wie bei den bekannten Dünnschichtverdampfern ist es auch bei der erfindungsgemässen Ausbildung von Vorteil, wenn der rohrförmige Rotor aussenseitig mit Leisten versehen ist, die etwa parallel zur Innenwand des Behälters und in geringem Abstand zu dieser angeordnete Wischerkanten aufweist. Damit ist stets gewährleistet, dass das Produkt in ei-

nem gleichmässig dünnen, turbulenten Film im Bereich des beheizten Mittelteils abläuft.

In bevorzugter Ausführung ist der Rotor zumindest auf dem oberen Teil seiner axialen Länge als sich von unten nach oben konisch erweiterendes Rohr ausgebildet. Dieser Abschnitt des Rotors wirkt unmittelbar als Umlaufpumpe, da das auf seine Innenseite gelangende Produkt eine Zentrifugalkraft und aufgrund der Konizität zugleich einer vertikalen Förderkomponente unterworfen wird, so dass das Produkt am oberen Ende des Rotors zentrifugal auf die Innenwand des Behälters abgegeben werden kann.

Zu diesem Zweck ist vorgesehen, dass der rohrförmige Rotor an seinem oberen Ende nach innen eingezogen ist und darunter Austrittsöffnungen für das an seiner Innenseite aufsteigende Produkt aufweist.

Der Einzug des rohrförmigen Rotors am oberen Ende stellt ein Strömungshindernis für das aufsteigende Produkt dar, so dass dieses über die unmittelbar darunter angeordneten Austrittsöffnungen zentrifugal nach aussen tritt und auf die Innenwand des Behälters aufgespritzt wird. Evtl. an der Innenwand reflektierendes Produkt wird von den Leisten des Rotors erfasst und wieder nach aussen beschleunigt, so dass gewährleistet ist, dass das Produkt an der Innenwand des Behälters abläuft.

Der rohrförmige Rotor kann in seinem unteren, inneren Bereich als Pumpe, z.B. Schraubenpumpe, wirkende Förderorgane aufweisen, die in das im Unterteil befindliche Produkt eingetaucht ist und das Produkt auf den konischen Abschnitt des Rotors fördert.

Statt der Förderorgane oder zusätzlich zu diesen kann aber auch der Rotor über seine gesamte axiale Länge von unten nach oben konisch ausgebildet sein, so dass die Förderung allein aufgrund dieser Konizität und des Umlaufs des Rotors erfolgt.

Der Rotor kann über seine gesamte axiale Länge eine gleichbleibende oder sich ändernde Konizität aufweisen.

Eine weiterhin vorteilhafte Ausführung zeichnet sich dadurch aus, dass der rohrförmige Rotor in seinem Mantel oberhalb des sich im Unterteil einstellenden Flüssigkeitsspiegels Durchbrechungen für den Durchgang der Brüden durch den Rotor aufweist, und dass die Durchbrechungen von einem in den Rotor hineinragenden Kragen umgeben sind, der dafür sorgt, dass die an der Innenseite nach oben steigende Flüssigkeit nicht durch die Durchbrechungen nach aussen treten kann. Bei der vorgenannten Ausführung streichen die aufsteigenden Brüden nicht nur an der Aussenseite des Rotors nach oben, sondern können auch durch den Innenraum des oben offenen Rotors nach oben abziehen.

Gemäss einer bevorzugten Ausbildung ist vorgesehen, dass der Rotor an seinem unteren, offenen Ende einen Ventilsitz für einen Ventilkörper bildet, der auf einer ausserhalb des Rotors geführten Ventiltange drehbar gelagert ist. Mit dieser Ausbildung kann die vom Rotor und/oder dessen Förderorganen aus dem Unterteil angesaugte Flüssigkeitsmenge gesteuert oder der Flüssigkeitszulauf vollständig

abgesperrt werden, um beispielsweise bei laufendem Rotor den Flüssigkeitsumlauf temporär zu unterbrechen.

Gemäss einem weiteren vorteilhaften Ausführungsbeispiel ist vorgesehen, dass der Rotor in seinem unteren Bereich von einem konzentrischen und drehfest mit ihm verbundenen konischen Rohr umgeben ist, das mit seinem unteren Ende in das Produkt eintaucht und das an seiner Innenseite nach oben geförderte Produkt an die Innenwand des Behälters abgibt.

Das äussere konzentrische und konische Rohr, das mit dem Rotor umläuft, wirkt gleichfalls als Umlaufpumpe. Aufgrund seiner kürzeren Ausbildung ergibt sich eine Umlaufpumpe mit zwei verschiedenen Förderhöhen. Diese lässt sich, wie nachfolgend beschrieben, nutzen.

Gemäss einer Alternative ist vorgesehen, dass das obere Ende des den Rotor umgebenden Rohrs unterhalb des beheizten Mittelteils liegt und das Produkt auf die nicht-beheizte Innenwand des Behälters abgibt.

Bei dieser Ausführungsform wirkt das äussere Rohr als reine Umlaufpumpe für das Produkt, sorgt also für eine homogene Mischung im Unterteil des Behälters.

Eine andere Alternative zeichnet sich dadurch aus, dass das obere Ende des den Rotor umgebenden Rohrs im Bereich des beheizten Mittelteils liegt und das Produkt auf die beheizte Innenwand des Behälters abgibt.

Bei dem vorgenannten Ausführungsbeispiel werden die zwei verschiedenen Förderhöhen der Pumpe dazu genutzt, das Produkt in unterschiedlicher Höhe auf die beheizte Fläche aufzugeben. Hierdurch wiederum lässt sich die Verdampfungsleistung weiter erhöhen.

Bei dem zuletzt genannten Ausführungsbeispiel weist nicht nur der rohrförmige Rotor, sondern auch das ihn umgebende Rohr aussenseitig die Wischerkanten bildende Leisten auf, so dass auch im unteren Abschnitt des Mittelteils eine gleichmässig dünne Filmbildung gewährleistet ist. Im übrigen sorgen auch hier die Leisten dafür, dass reflektierendes Produkt wieder auf die beheizte Innenwand geschleudert wird.

Während das beheizte Mittelteil üblicherweise zylindrisch ausgebildet ist und die Wischerkanten entsprechend achsparallel verlaufen, kann bei der letztgenannten Ausführungsform die Innenwand des Behälters im Bereich des den Rotor umgebenden konischen Rohrs gleichfalls konisch ausgebildet sein.

Die Ausbildung des Verdampfungsteils als Dünnschicht-Verdampfer mit äusserer Beheizung gibt die Möglichkeit beliebige Wärmeträger, insbesondere auch dampfförmige Wärmeträger einzusetzen, so dass sich auch definierte Temperaturverhältnisse problemlos einhalten lassen.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass der Rotor in das Oberteil des Behälters hineinreicht und im Oberteil eine mitrotierende Strömungsschikane für die Brüdenämpfe aufweist, die als Tropfenabscheider wirkt.

Die Strömungsschikane kann als Scheibe oder

Ringscheibe ausgebildet sein, um die die Brüden umgelenkt werden. Auch können mehrere Ringscheiben übereinander angeordnet sein, wobei der Dampf gezwungen wird, die Ringscheibe von innen nach aussen oder von aussen nach innen zu umströmen.

Stattdessen oder zusätzlich kann die Strömungsschikane auch im wesentlichen parallel zur Rotorachse verlaufende Leisten aufweisen. Die Tropfenabscheidung erfolgt dabei im wesentlichen durch Niederschlag auf den umlaufenden Leisten.

Die das Ausgangsprodukt in den Behälter zuführende Speiseleitung kann von unten in den rohrförmigen Rotor hineingeführt sein und das Ausgangsprodukt auf die konische Innenseite des Rotors abgeben. Das Ausgangsprodukt wird dann auf der Innenseite nach oben gefördert und an die Innenwand des Behälters abgespritzt.

Stattdessen kann die Speiseleitung auch von oben in den Behälter hineingeführt sein und das Ausgangsprodukt auf eine mit dem Rotor umlaufende Fläche abgeben, von der es wiederum zentrifugal nach aussen auf die Innenwand des beheizten Mittelteils abgeschleudert wird. Diese Fläche kann gegebenenfalls auch von einer Scheibe gebildet sein, die zugleich als Strömungsschikane für die Brüden arbeitet.

Vorzugsweise ist der Rotor mit seiner Antriebswelle in einem lösbaren Deckel des Behälters gelagert und kann nach Lösen des Deckels aus dem Behälter entnommen werden, so dass alle funktionellen bzw. umlaufenden Teile problemlos gereinigt und/oder ausgetauscht werden können. Auch ist es möglich, einen beliebigen Behälter nachträglich durch Einbau eines Rotors und einer Heizung zu einem Dünnschichtverdampfer mit Produktumlauf umzurüsten.

Schliesslich kann vorgesehen sein, dass die Antriebswelle des Rotors über ein loses Stützlager am Boden des Behälters abgestützt ist. Damit ergibt sich eine auch bei hohen Drehzahlen schwingungssteife Ausbildung für den Rotor.

Nachstehend ist die Erfindung anhand einiger in der Zeichnung wiedergegebener Ausführungsbeispiele beschrieben. In der Zeichnung zeigen jeweils im Längsschnitt:

Fig. 1 eine erste Ausführungsform mit einstufiger Umlaufpumpe;

Fig. 2 eine gegenüber Fig. 1 abgewandelte Ausführungsform mit doppelt wirkender Umlaufpumpe;

Fig. 3 eine gegenüber Fig. 1 abgewandelte Ausführungsform mit einer Schraubenpumpe;

Fig. 4 eine Ausführungsform mit axial abgestützter Antriebswelle des Rotors;

Fig. 5 eine Ausführungsform mit zweistufiger Umlaufpumpe im Verdampfungsteil und

Fig. 6 eine Teilansicht des unteren Endes des Rotors in einer abgewandelten Ausführung.

Der Dünnschichtverdampfer gemäss Fig. 1 weist einen aufrecht stehenden, im wesentlichen zylindrischen Behälter mit vertikaler Achse auf. Der Behälter 1 besteht aus einem Oberteil 2, einem Mittelteil 3 und einem Unterteil 4. Beim gezeigten Ausführungs-

beispiel sind Oberteil 2, Mittelteil 3 und Unterteil 4 des Behälters einstückig, z.B. aus Glas ausgebildet. Der Behälter 1 ist an seiner Oberseite mit einem lösbaren Deckel 5 und an seiner Unterseite mit einem lösbaren Boden 6 verschlossen, die jeweils über aufgesetzte Ringflansche 7 bzw. 8 und zwischengelagerte Dichtungen 9 bzw. 10 dicht mit dem Oberteil 2 bzw. dem Unterteil 4 verspannt sind.

Das Oberteil 2 bildet einen Brüdenraum 11 für die über einen Stutzen 12 abziehenden Dämpfe. Das Mittelteil 3 ist aussenseitig von einem Heizmantel 13 umgeben, der beispielsweise von einem flüssigen oder dampfförmigen Wärmeträger durchströmt ist und zu diesem Zweck einen Zulaufstutzen 14 und einen Ablaufstutzen 15 aufweist.

Das Unterteil 4 dient im wesentlichen als Vorlage, in der sich das Produkt bzw. das Konzentrat sammelt, das kontinuierlich oder diskontinuierlich über einen Ablauf 16 abgezogen werden kann.

Innerhalb des Behälters 1 ist ein insgesamt mit 17 bezeichneter Rotor angeordnet, der von einer durch den Deckel 5 hindurchgeführten und in einem Lagergehäuse 19 dampfdicht gelagerten Antriebswelle 18 angetrieben wird. Der Antriebsmotor selbst ist nicht gezeigt.

Der Rotor 17 weist in allen gezeigten Ausführungen an seiner Aussenseite mehrere Leisten 20 auf, die im wesentlichen achsparallel und zugleich radial ausgerichtet sind und aussen Wischerkanten 21 bilden. Die Leisten 20 mit den Wischerkanten sind jedoch nicht zwingend notwendig. Sie bewirken eine gleichmässig dicke Filmbildung und sorgen für eine turbulente Filmströmung. Der Rotor erstreckt sich bei sämtlichen Ausführungsbeispielen in axialer Richtung über das Mittelteil 3 des Behälters und ragt bis nahe zum Boden des Unterteils 4, taucht also in das sich dort sammelnde Produkt ein.

Der Rotor 17 wirkt zugleich als Umlaufpumpe. Zu diesem Zweck ist er als konisches Rohr 22 ausgebildet, wobei er im Ausführungsbeispiel gemäss Fig. 1 aus einem unteren konischen Abschnitt 23 und einem oberen konischen Abschnitt 24 mit einem gegenüber dem unteren Abschnitt 23 grösseren Öffnungswinkel besteht. Das Rohr 22 ist an seinem unteren Ende 25 offen, so dass es an diesem Ende aufgrund des Umlaufs und – seiner Konizität das im Unterteil 4 sich ansammelnde Produkt ansaugt, das an der Innenwand des Rohrs 22 nach oben steigt, wie dies mit den Richtungspfeilen angedeutet ist. Am oberen Ende ist das Rohr 22 bei 26 nach innen eingezogen und unmittelbar darunter mit Austrittsöffnungen 27 versehen, so dass das aufsteigende Produkt über diese Austrittsöffnungen 27 zentrifugal abgespritzt wird.

Das Ausgangsprodukt wird über eine Speiseleitung 28, die beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 von unten in den Rotor 17 hineingeführt ist, zugeführt. Die Speiseleitung 28 endet im mittleren Bereich des Rotors 17, so dass das Produkt über einen Verteilerteller 29 zentrifugal auf die Innenwand des Rohrs 22 abgespritzt und gleichfalls aufgrund der Konizität des Rohrs nach oben gefördert wird.

Der Rotor weist in seinem oberen Bereich einen Tropfenabscheider 30 auf, der bei diesem Ausführungs-

rungsbeispiel als Ringscheibe ausgebildet ist. Die Ringscheibe ist an Tragarmen 31 befestigt, die den gesamten Rotor 17 tragen. Schliesslich ist der Rotor im Oberteil 2 von einer Art Haube 32 umgeben, die in Verbindung mit dem Tropfenabscheider 30 zu einer starken Umlenkung der Brüden und damit zu einer wirksamen Tropfenabscheidung führt.

Die Funktionsweise ist folgende: Über die Speiseleitung 28 wird das Ausgangsprodukt zugeführt und an der Innenseite des rohrförmigen Rotors 17 aufgegeben. Von dort steigt es an der konischen Innenwandung nach oben und wird über die Austrittsöffnung 27 an die Innenwand des Behälters im Bereich des Mittelteils 3 abgegeben. An der Innenwandung läuft das Produkt nach unten filmartig ab, wobei die Leisten 20 mit den Wischerkanten 21 aufgrund ihres Umlaufs für einen gleichmässig dünnen Film sorgen. Im Bereich des Mittelteils mit dem Heizmantel 13 findet die Verdampfung in einer Dünnschicht statt. Das aufkonzentrierte Produkt läuft in das unbeheizte Unterteil 4, wird dort an dem offenen Ende 25 des Rohrs 22 angesaugt und wieder nach oben transportiert.

Die entstehenden Brüden entweichen, wie dies mit Richtungspfeilen 33 angedeutet ist, nach oben, umströmen den in Form einer Strömungsschikane ausgebildeten ringförmigen Tropfenabscheider 30 und gelangen nach erneuter Umlenkung in den Abdamfstutzen 12.

Der in Fig. 1 gezeigte Verdampfer kann diskontinuierlich oder kontinuierlich betrieben werden. Beim diskontinuierlichen Betrieb ist der Ablauf 16 verschlossen und wird die für einen Zyklus benötigte Menge über die Speiseleitung 28 zugeführt. Der Ablauf 16 wird solange verschlossen gehalten, bis in der Vorlage 4 die gewünschte Konzentration erreicht ist. Beim kontinuierlichen Betrieb wird zunächst ein Gleichgewichtszustand hergestellt und eine bestimmte Teilmenge des Konzentrats über den Ablauf 16 ständig abgezogen, die durch eine um die Abdampftrate grössere Menge an Ausgangsprodukt über die Speiseleitung 28 ergänzt wird.

Zu erwähnen ist noch, dass die konische Ausbildung des Rotors 17, insbesondere im oberen Abschnitt 24 zu einer Entspannung führt, die ein Entlüften, Entgasen oder Entschäumen in diesem oberen Abschnitt ermöglicht.

Der gesamte Rotor 17 mit allen umlaufenden Teilen 20–27, 30 und 31 sowie der Haube 32 kann nach Lösen des Deckels 5 aus dem Behälter 1 nach oben entnommen werden, um in einfacher Weise Reinigungs- oder Reparaturarbeiten durchführen zu können.

Das Ausführungsbeispiel gemäss Fig. 2 unterscheidet sich von dem gemäss Fig. 1 nur dadurch, dass der Rotor 17 im Bereich des unteren konischen Abschnittes 23 des Rohrs 22 von einem weiteren konischen Rohr 34 umgeben ist, das an seinem unteren Ende 35 gleichfalls offen und in axialer Richtung kürzer ausgebildet ist. Das konische Rohr 34 weist an seinem oberen Ende einen Flansch 36 auf, mit dem es an einem Ring 37, der die Leisten 20 am unteren Ende verbindet, befestigt ist. Auf diese Weise wird eine zweistufige Umlaufpumpe gebildet, in dem ein Teil des sich im

Unterteil 4 ansammelnden Produktes vom Rohr 34 am offenen Ende 35 angesaugt und nach oben transportiert wird, während ein anderer Teil des Produktes vom unteren Abschnitt 23 des Rohrs 22 des Rotors 17 angesaugt wird. Während dieses, wie beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 nach oben transportiert und auf die Innenwand des Mittelteils 3 abgespritzt wird, gelangt das vom Rohr 34 angesaugte Produkt im Bereich des Flanschs 36 unter Zentrifugalwirkung nach aussen und wird dort auf die nicht-beheizte Innenwand des Unterteils 4 abgespritzt. Dieser Teil des Produktes wird also lediglich innerhalb des Unterteils 4 umgewälzt, so dass das Produkt dort stets homogenisiert und entgast wird.

Beim Ausführungsbeispiel gemäss Fig. 3 besteht der Rotor 17 wiederum aus einem Rohr 22 mit einem konischen Abschnitt 24. In diesem Fall ist der konische Abschnitt 24 unten offen. In das Rohr 22 ragt von unten ein zylindrisches Rohr 38 hinein, das am Boden 6 des Unterteils 4 befestigt ist. Das Rohr 38 weist nahe dem Boden Zulauföffnungen 39 für das sich im Unterteil 4 sammelnde Produkt auf. Am oberen Ende ist das Rohr 38 mit einem Flansch 40 versehen.

In weiterer Abwandlung gegenüber den zuvor beschriebenen Ausführungsformen ist die Antriebswelle durch den gesamten Behälter 1 nach unten geführt und in einem Loslager 41 am Boden des Unterteils abgestützt. Auf der Antriebswelle 18 sitzt im Bereich des unteren Endes und nahe der Zulauföffnungen 39 eine Schraubepumpe 42, die das Produkt über die Zulauföffnung 39 ansaugt und in dem Rohr 38 nach oben transportiert. Unmittelbar oberhalb des Flansches 40 des Rohrs 38 sitzt auf der Antriebswelle 18 ein Leitorgan 43, das in Verbindung mit dem Flansch 40 das aufsteigende Produkt nach aussen auf die Innenwand des konischen Abschnittes 24 des Rohrs 22 umlenkt, so dass das Produkt an der Innenwand nach oben steigt und wiederum über die Austrittsöffnungen an die Innenwand des Mittelteils 3 abgespritzt wird.

Das Ausgangsprodukt wird in diesem Fall von oben über die Speiseleitung 28 zugeführt, gelangt auf einen mit der Antriebswelle 18 bzw. dem Rotor 17 umlaufende Scheibe 44, die das Ausgangsprodukt nach aussen beschleunigt und auf die Innenwand des Oberteils 2 abgibt. Von dort läuft das Ausgangsprodukt in das beheizte Mittelteil 3, um dort einer ersten Verdampfung unterzogen zu werden.

Das Mittelteil 3 ist bei dem Ausführungsbeispiel gemäss Fig. 3 aus Stahl ausgebildet und von einem isolierten Heizmantel 13 umgeben, während Unterteil 4 und Oberteil 2 aus Glas bestehen.

Wenn, wie in Fig. 3 angedeutet, der konische Abschnitt 24 des Rohrs 22 an seinem offenen Ende einen Ringspalt aufweist, kann auch der konische Abschnitt 24 eine zusätzliche Förderwirkung entfalten und unmittelbar eine Teilmenge aus dem Produkt im Unterteil 4 ansaugen.

Bei dem Ausführungsbeispiel gemäss Fig. 3 wirkt die umlaufende Scheibe 44 zugleich als Strömungsschikane und damit als Tropfenabscheider für die gemäss Pfeil 33 aufsteigenden Brüden, die in die-

sem Fall zentrisch über den Deckel 5 und einen Rohrstutzen 45 abgezogen werden.

Während das Mittelteil 3 aus Stahl besteht, können das Oberteil 2 und das Unterteil 4 wiederum aus Glas bestehen, so dass eine ausreichende Inspektion während des Betriebs möglich ist.

Fig. 4 zeigt eine Ausführungsform, wie sie insbesondere für einen Betrieb mit Heizdampf vorgesehen ist. Das Oberteil 2 und das Unterteil 4 bestehen wiederum aus Glas, während das Mittelteil 3 aus einem doppelwandigen Stahlmantel gebildet ist. Der Raum 46 des Doppelmantels bildet den Heizraum. Er ist über einen Zulauf 14 an eine Heizdampfquelle angeschlossen, während das Kondensat über den Ablauf 15 abgezogen wird. Das Mittelteil 3 ist ferner von einer starken Isolierung 47 umgeben.

Beim Ausführungsbeispiel gemäss Fig. 4 ist das Mittelteil 3 des Behälters konisch ausgebildet, womit in günstiger Weise der Abdampfdruck Rechnung getragen wird. Entsprechend der Konizität sind auch die Leisten 20 mit den Wischerkanten 21 am Rotor 17 konisch ausgebildet. Der Rotor 17 besteht wiederum aus einem Rohr mit einem oberen konischen Abschnitt 23 und einem unteren konischen Abschnitt 24. In das untere Ende des Rotors 17 sind Schaufeln 48 zur Bildung einer Schraubepumpe eingesetzt.

Innerhalb des Behälters 1 befindet sich eine am Boden 6 befestigte Stütze 49, die sich axial im wesentlichen durch das Unterteil 4 und das Mittelteil 3 nach oben erstreckt und im oberen Bereich von einer Hohlwelle 50 übergriffen ist, für die sie ein loses, axiales Stützlager bildet. Die Hohlwelle 50 ist mit der Antriebswelle 18 über ein Profil 51 drehfest, jedoch axial lösbar gekuppelt. An die Hohlwelle 50 ist über Rippen 52 der Rotor 17 befestigt.

Die Stütze 49 weist eine axiale Bohrung 53 auf, die als Speiseleitung dient und im Bereich des oberen konischen Abschnittes 23 des Rotors 17 radiale Bohrungen 54 in axialem Abstand voneinander aufweist. Das über die Bohrung 53 zugeführte Ausgangsprodukt wird über die Bohrungen 54 nach aussen zentrifugal auf die Innenwand des konischen Abschnittes 23 aufgegeben und von diesem nach oben gefördert, um über die Austrittsöffnungen 27 wiederum nach aussen abgespritzt zu werden.

Der Tropfenabscheider 30 wird bei diesem Ausführungsbeispiel von einem Stapel paralleler Ringscheiben gebildet, die zu einem Paket zusammengefasst mit der Hohlwelle 50 und damit mit der Antriebswelle 18 verbunden sind, mit dieser also umlaufen. Die aufsteigenden Brüden gelangen durch die gestapelten Ringscheiben des Tropfenabscheiders 30 in den Abdampfstutzen 55. Dieser Tropfenabscheider kann auch aus Drahtgittern, Drahtgeweben oder Drahtgewirken bestehen. Ein solcher Tropfenabscheider eignet sich auch als zusätzliche Rektifizierstufe, wie er im Zusammenhang mit Fig. 5 beschrieben ist.

Der Dünnschichtverdampfer gemäss Fig. 5 besteht in seinem Oberteil 2 und seinem Mittelteil 3 aus Stahl, während das das Produkt sammelnde Unterteil 4 aus Glas bestehen kann. Das Mittelteil 3

besteht aus einem zylindrischen Abschnitt 56 und einem unteren konischen Abschnitt 57, die jeweils die Verdampfungsflächen bilden und von dem Heizmantel 13 umgeben sind. Auch hier erfolgt die Beheizung vorzugsweise mit Heizdampf, der über den Anschluss 14 zugeführt wird, während das Kondensat über den Ablauf 15 abgezogen wird. Der Rotor 17 besteht wiederum aus einem oberen konischen Rohrabschnitt 24 und einem unteren konischen Rohrabschnitt 23. Im Bereich des konischen Rohrabschnittes 24 verlaufen die Leisten 20 achsparallel und damit parallel zu dem zylindrischen Abschnitt des Mittelteils 3, während im unteren konischen Abschnitt 57 des Mittelteils 3 Leisten 58 unter entsprechender paralleler Winkellage mit dem Rotor 17 bzw. einem konischen Rohr 59 verbunden sind, das den konischen Rohrabschnitt 23 konzentrisch umgibt und ähnlich der Ausführungsform gemäss Fig. 2 als zweite Stufe der Umlaufpumpe wirkt. Das konische Rohr 59 weist an seinem oberen Ende einen als Abflussfläche wirkenden Flansch 60 auf und ist an einem am Rotor 17 befestigten Ringflansch 61, der die Leisten 20 an ihrem unteren Ende verbindet, mit Abstand befestigt. Sowohl der konische Rohrabschnitt 23 des Rotors 17, als auch das diesen umgebende konische Rohr 59 saugen das sich im Unterteil 4 sammelnde Produkt entsprechend den angedeuteten Richtungspfeilen an und transportieren es nach oben. Das obere Ende bzw. der Flansch 60 des Rohrs 59 endet jedoch in Abwandlung gegenüber dem Ausführungsbeispiel gemäss Fig. 2 im Bereich des Mittelteils 3, so dass das von dem konischen Rohr 59 nach oben geförderte Produkt auf den unteren beheizten Abschnitt 57 des Mittelteils 3 abgespritzt wird und wiederum in einem dünnen Film, unterstützt von den umlaufenden Leisten 58, nach unten abläuft. Dadurch wird in besonders vorteilhafter und einfacher Weise trotz der Abdampfdruck eine gleichmässige Filmbildung über die gesamte axiale Ausdehnung des Mittelteils 3 erreicht.

Bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 5 ist die Speiseleitung 38 wiederum von oben in den Behälter 1 hineingeführt. Sie weist ihr Abgabende oberhalb einer mit dem Rotor 17 umlaufenden Ringscheibe 62 auf, die das Ausgangsprodukt nach aussen beschleunigt und an die Innenwand des Oberteils 2 abspritzt. Auch hier weist der Rotor achsparallele Leisten 63 auf, die schon im Bereich des Oberteils für einen filmartigen Ablauf des Ausgangsproduktes an der Innenwand des Behälters sorgen. Die Scheibe 62 wirkt zugleich als Tropfenabscheider für die gemäss Pfeil 33 aufsteigenden Brüden.

Der Behälter 1 ist im Bereich seines Oberteils von einem Kühler 64 umgeben, dem über ein Zulauf 65 das Kühlmedium zugeführt wird, das über den Ablauf 66 abgezogen wird. In dem Kühler 64 werden die Brüden kondensiert und als Destillat über den Ablauf 67 abgezogen. An den Ablauf 67 kann eine Vakuumpumpe angeschlossen werden. Das Destillat kann auch ganz oder teilweise in das Oberteil 2 des Behälters 1 zurückgeführt werden, wie dies beim Ausführungsbeispiel gemäss Fig. 4 anhand des Zulaufstutzens 68 gezeigt ist. Das De-

stillat wird dann im Gegenstrom durch den Tropfenkondensator 30 über die gestapelten Scheiben geleitet, so dass zwischen den Brüden und dem Destillat ein Stoffaustausch stattfindet. In diesem Fall wirkt der Tropfenabscheider zugleich als Rektifizierstufe.

Um den Brüdenabzug zu verbessern, weist der Rotor 17 in seinem Mantel Durchbrechungen 69 auf, durch die die von unten aufsteigenden Brüden auch durch den Innenraum des Rotors nach oben abziehen können, wie dies mit Richtungs Pfeil 70 angedeutet ist. Die Durchbrechungen weisen einen nach innen ragenden Kragen 71 auf, so dass die im Rotor 17 nach oben steigende Flüssigkeit, wie mit den Pfeilen 72 angedeutet, an den Durchbrechungen 69 vorbeigelenkt wird.

Auch bei dieser Ausführungsform ist der Deckel 5 lösbar am Oberteil 2 bzw. an dem diesen umgebenden Kühler 64 befestigt. Ferner sitzt das Lagergehäuse 19 für die Antriebswelle 18 an dem Deckel 5, so dass der gesamte Rotor 17 mit allen bewegten Teilen nach Lösen des Deckels nach oben aus dem Behälter 1 entnommen werden kann.

Das Ausführungsbeispiel nach Fig. 5 weist noch folgende Besonderheit auf:

Das untere offene Ende 25 am unteren Abschnitt 23 des Rotors 17 ist als Ventilsitz ausgebildet. Mit diesem Ventilsitz wirkt ein Ventilkörper 73 zusammen, der als in die Öffnung eingreifender Kegel ausgebildet ist. Der Ventilkörper 73 ist auf einer Ventilstange 74 drehbar gelagert, die in dem Boden 6 des Unterteils 4 des Behälters 1 drehfest, aber axial verschiebbar, geführt ist, so dass durch Verschieben der Ventilstange der Spalt zwischen dem kegeligen Ventilkörper und dem Rand der Öffnung 25 einstellbar ist, um die angesaugte Flüssigkeitsmenge zu regulieren oder – in der Schliessstellung – zu unterbrechen. In der Schliessstellung kann der Ventilkörper 73 mit dem Rotor mitdrehen.

Fig. 6 zeigt eine abgewandelte Ausführung des Ventils. Der Ventilkörper 73 ist innerhalb des Rotors 17 angeordnet. Dieser ist an seinem unteren Ende 25 nach innen eingezogen und weist eine axiale Öffnung 75 auf, die unter Wirkung einer den Ventilkörper 73 belastenden Feder 76 verschliessbar ist. Der Ventilkörper 73 sitzt zu diesem Zweck verschiebbar und zugleich drehbar auf einem Bolzen 77 einer Ventilstange 74, die, wie bei der Ausführung gemäss Fig. 5, drehfest, aber axial verschieblich, ist, so dass der Ventilkörper gegen die Federkraft oder auch nur gegen sein Eigengewicht angehoben und die Öffnung 75 mehr oder weniger freigegeben werden kann. Im unteren Bereich des Rotors 17 sind wiederum Förderorgane in Form von Platten 78 angeordnet, die als Pumpe wirken. An gegenüberliegenden Platten 78 ist eine Leiste 79 angeschraubt, an der sich die Feder 76 abstützt.

Patentansprüche

1. Dünnschichtverdampfer mit einem aufrecht stehenden Behälter, einer an dessen Mantel aussen seitig angeordneten Heizung, einem im Behälter umlaufenden Rotor und einem oberhalb des Rotors in einem Oberteil des Behälters angeordneten Brü-

denraum mit Tropfenabscheidung, wobei das Produkt im oberen Bereich des Rotors auf die Innenwand des Behälters aufgegeben und in einer dünnen Schicht, in der die Verdampfung stattfindet, nach unten abläuft und das Konzentrat am Boden des Behälters abgezogen wird, dadurch gekennzeichnet, dass der Behälter (1) ein als Vorlage ausgebildetes, nichtbeheiztes Unterteil (4), in welchem sich das Produkt sammelt, und ein die Heizung (13) aufweisendes Mittelteil (3), an dessen Innenwand die Dünnschicht-Verdampfung stattfindet, aufweist, und dass der rohrförmig ausgebildete Rotor (17) sich in das Unterteil (4) bis nahe dem Boden (6) des Behälters (1) erstreckt und als Umlaufpumpe ausgebildet ist, die das Produkt aus dem Unterteil (4) an der Innenseite des rohrförmigen Rotors (17) bis in dessen oberen Bereich fördert und dort zentrifugal an die Innenwand des Mittelteils (3) abgibt.

2. Dünnschichtverdampfer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der rohrförmige Rotor (17) aussen seitig mit Leisten (20) versehen ist, die etwa parallel zur Innenwand des Behälters (1) und in geringem Abstand zu dieser angeordnete Wischerkanten (21) aufweisen.

3. Dünnschichtverdampfer nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Rotor (17) zumindest auf dem oberen Teil seiner axialen Länge als sich von unten nach oben konisch erweiterndes Rohr (22) ausgebildet ist.

4. Dünnschichtverdampfer nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass sich der Rotor (17) über seine gesamte axiale Länge von unten nach oben konisch erweitert.

5. Dünnschichtverdampfer nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Rotor (17) eine von unten nach oben gleichbleibende oder sich ändernde Konizität aufweist.

6. Dünnschichtverdampfer nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der rohrförmige Rotor (17) an seinem oberen Ende nach innen eingezogen (26) ist und darunter Austrittsöffnungen (27) für das an seiner Innenseite aufsteigende Produkt aufweist.

7. Dünnschichtverdampfer nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der rohrförmige Rotor (17) in seinem unteren, inneren Bereich als Pumpe (42, 48) wirkende Förderorgane aufweist.

8. Dünnschichtverdampfer nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Rotor (17) an seinem unteren, offenen Ende (25) einen Ventilsitz für einen Ventilkörper (73) bildet, der auf einer ausserhalb des Rotors geführten Ventilstange (74) drehbar gelagert ist.

9. Dünnschichtverdampfer nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der rohrförmige Rotor (17) in seinem Mantel oberhalb des sich im Unterteil (4) einstellenden Flüssigkeitsspiegels Durchbrechungen (69) für den Durchgang der Brüden durch den Rotor aufweist, und dass die Durchbrechungen (69) von einem in den Rotor (17) hineinragenden Kragen (71) umgeben sind.

10. Dünnschichtverdampfer nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der

Rotor (17) in seinem unteren Bereich von einem konzentrischen und drehfest mit ihm verbundenen konischen Rohr (34, 59) umgeben ist, das mit seinem unteren Ende (35) in das Produkt eintaucht und das an seiner Innenseite nach oben geförderte Produkt an die Innenwand des Behälters (1) abgibt.

11. Dünnschichtverdampfer nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass das obere Ende des den Rotor umgebenden Rohrs (34) unterhalb des beheizten Mittelteils (3) liegt und das Produkt auf die nichtbeheizte Innenwand des Behälters (1) abgibt.

12. Dünnschichtverdampfer nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass das obere Ende des den Rotor (17) umgebenden Rohrs (59) im Bereich des beheizten Mittelteils (3) liegt und das Produkt auf die beheizte Innenwand des Behälters (1) abgibt.

13. Dünnschichtverdampfer nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass das den Rotor (17) umgebende Rohr (59) aussenseitig die Wischerkante bildende Leisten (58) aufweist.

14. Dünnschichtverdampfer nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Innenwand des Behälters (1) im Bereich des den Rotor (17) umgebenden konischen Rohrs (59) entsprechend konisch ausgebildet ist.

15. Dünnschichtverdampfer nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Rotor (17) in das Oberteil (2) des Behälters (1) hineinreicht und im Oberteil eine mitrotierende Strömungsschikane für die Bründendämpfe aufweist, die als Tropfenabscheider (30) wirkt.

16. Dünnschichtverdampfer nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Strömungsschikane als Scheibe oder Ringscheibe ausgebildet ist.

17. Dünnschichtverdampfer nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Strömungsschikane mehrere übereinander angeordnete Ringscheiben aufweist.

18. Dünnschichtverdampfer nach einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Strömungsschikane im wesentlichen parallel zur Rotorachse verlaufende Leisten (63) aufweist.

19. Dünnschichtverdampfer nach einem der Ansprüche 1 bis 18 mit einer das Ausgangsprodukt zuführenden Speiseleitung, dadurch gekennzeichnet, dass die Speiseleitung (38) von unten in den rohrförmigen Rotor (17) hineingeführt ist und das Ausgangsprodukt auf die konische Innenseite des Rotors abgibt.

20. Dünnschichtverdampfer nach einem der Ansprüche 1 bis 18, mit einer das Ausgangsprodukt zuführenden Speiseleitung, dadurch gekennzeichnet, dass die Speiseleitung (38) von oben in den Behälter (1) hineingeführt ist und das Ausgangsprodukt auf eine mit dem Rotor (17) umlaufende Fläche (44, 62) abgibt.

21. Dünnschichtverdampfer nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Fläche (44, 62), auf die das Ausgangsprodukt von der Speiseleitung (38) abgegeben wird, an einer die Strömungsschikane bildenden Scheibe ausgebildet ist.

22. Dünnschichtverdampfer nach einem der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass

der Rotor (17) mit seiner Antriebswelle (18) in einem lösbaren Deckel (5) des Behälters (1) gelagert und nach Lösen des Deckels aus dem Behälter entnehmbar ist.

23. Dünnschichtverdampfer nach einem der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Antriebswelle (18) des Rotors (17) über ein loses Stützlager (41, 49) am Boden (6) des Behälters (1) abgestützt ist.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

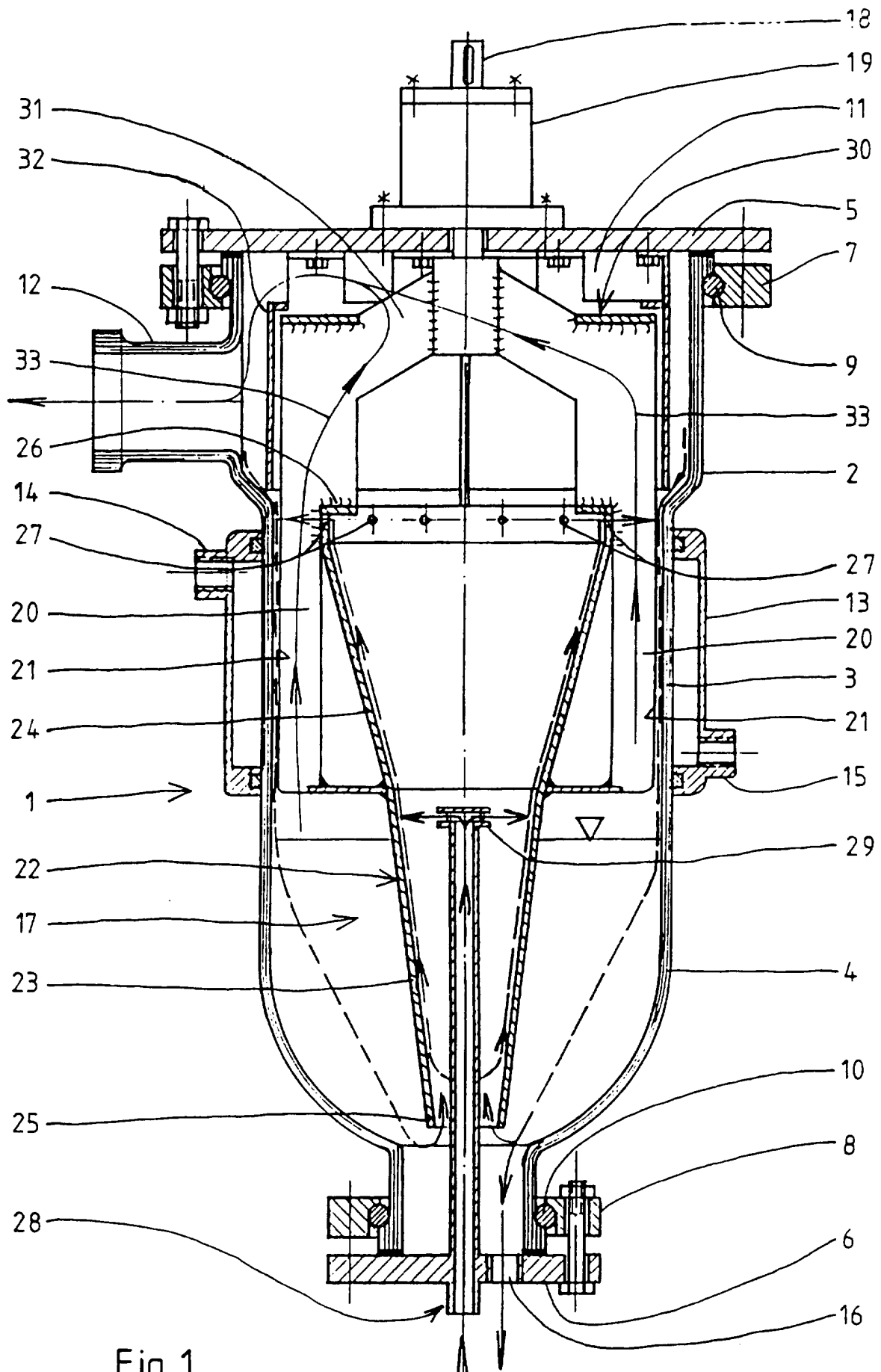
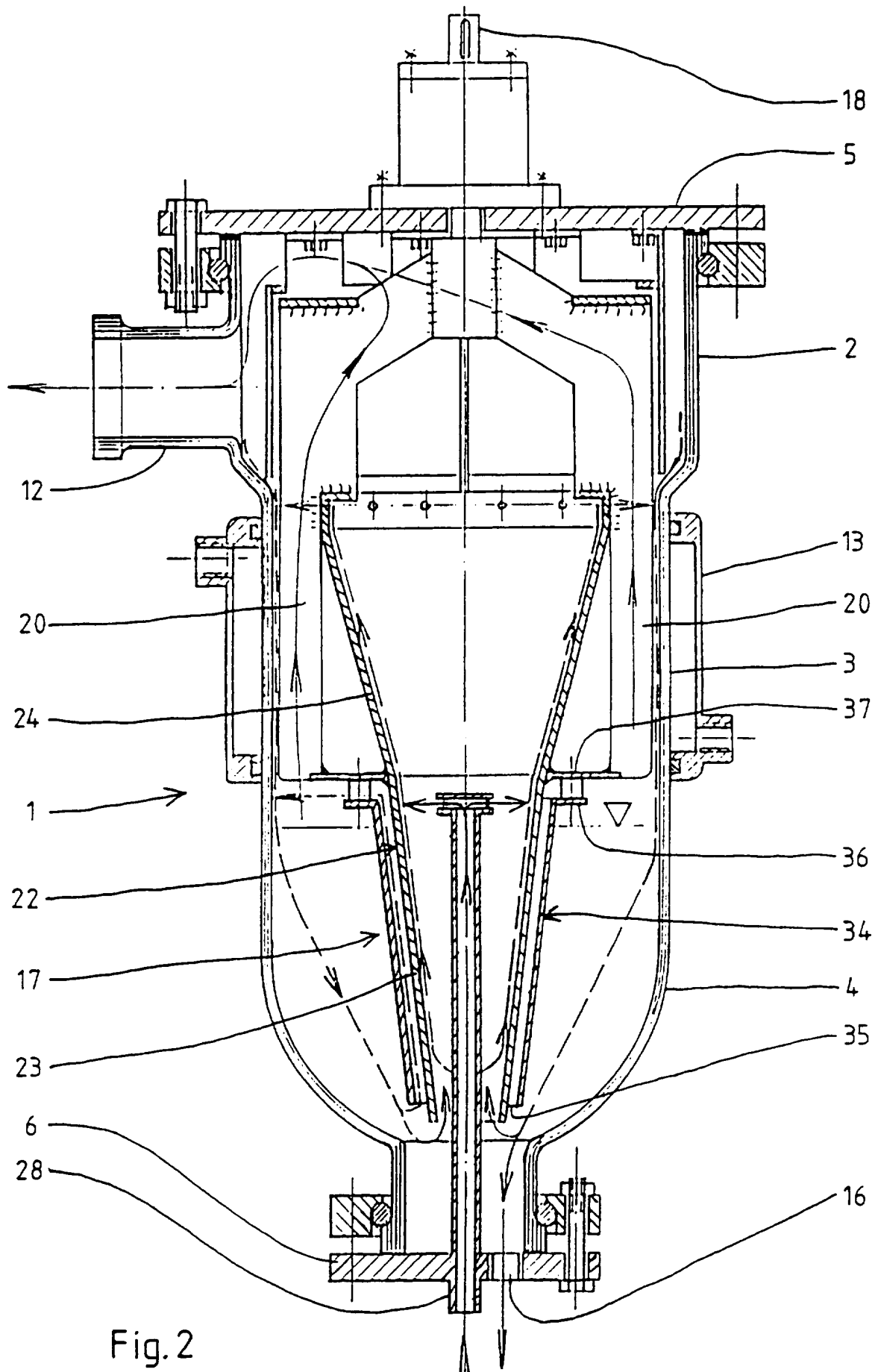


Fig. 1



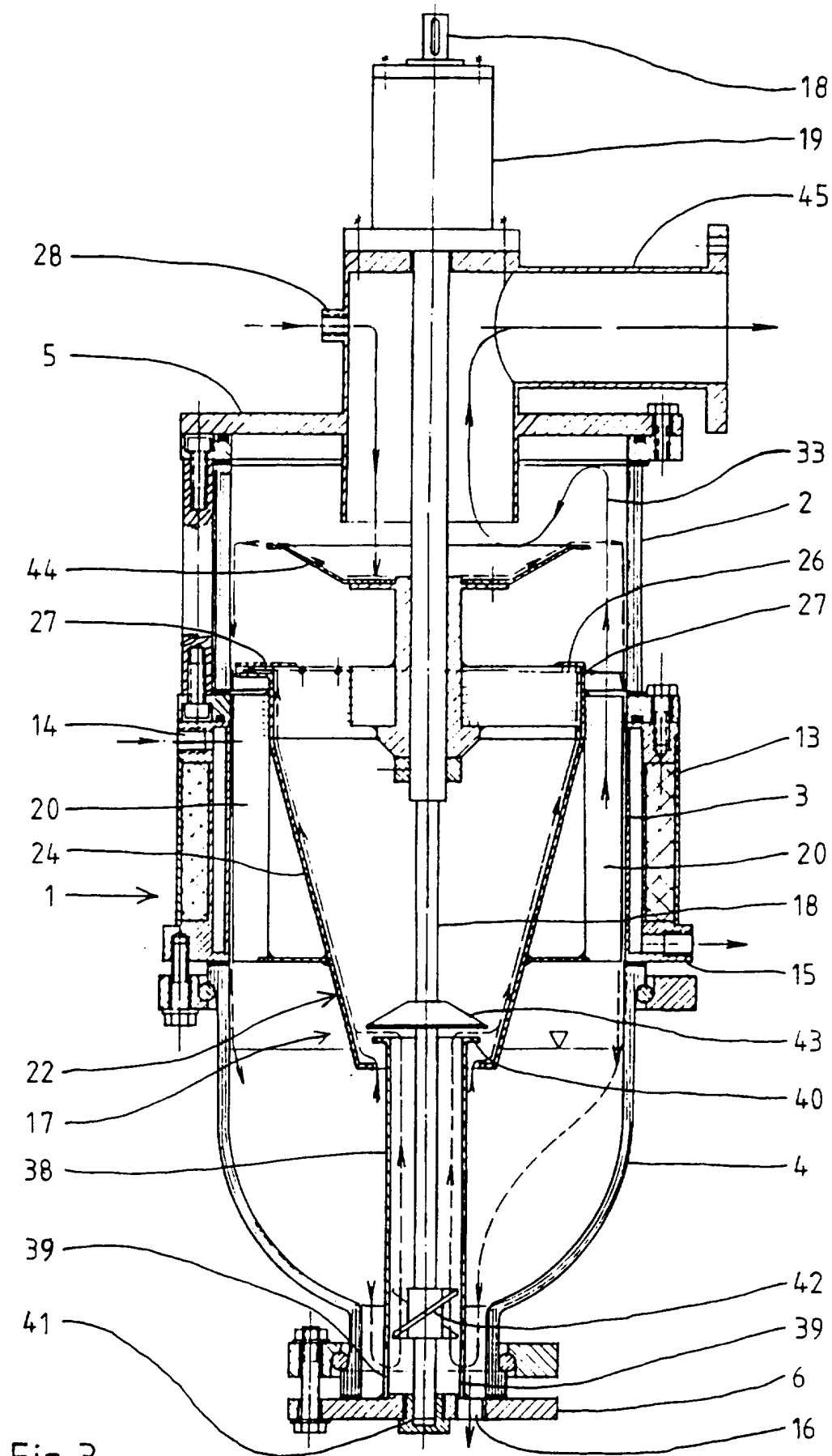


Fig. 3

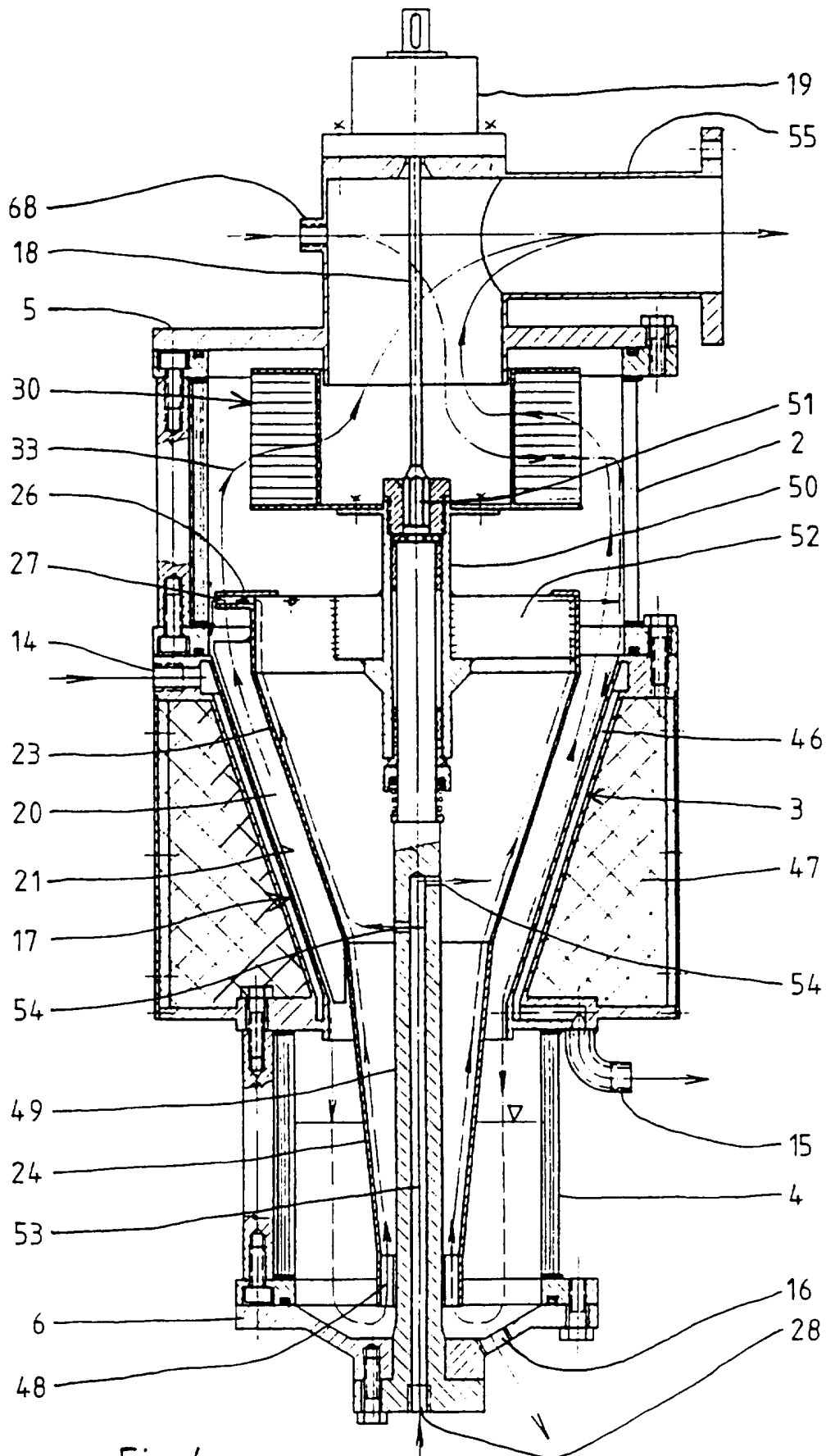


Fig. 4

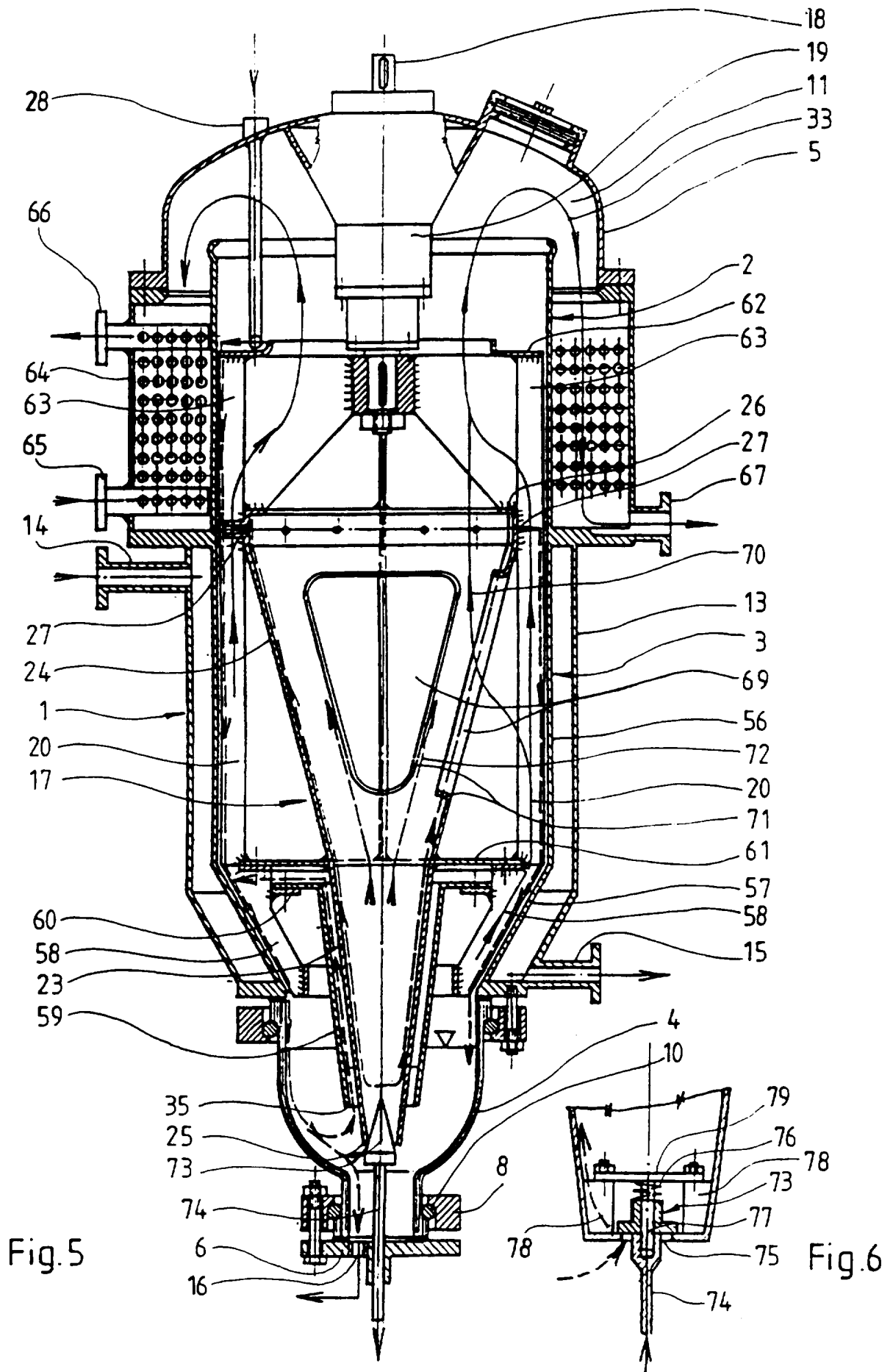


Fig. 5

Fig. 6