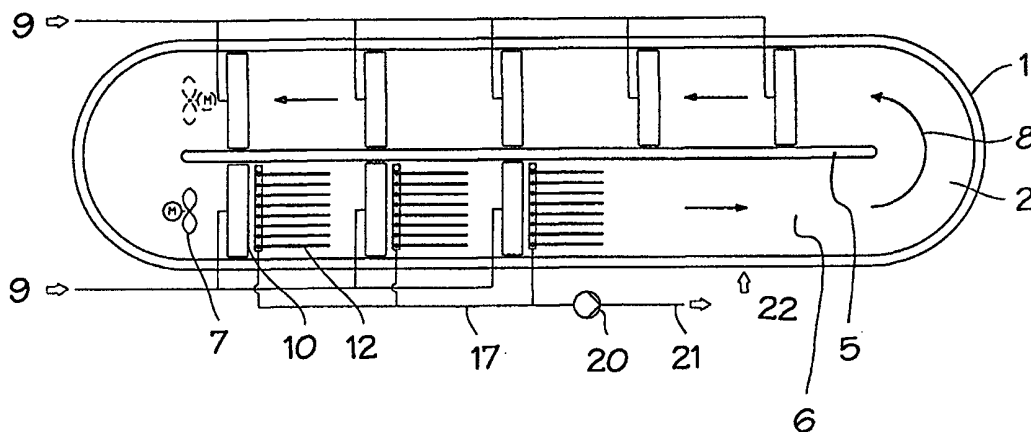


(51) Internationale Patentklassifikation ⁷ : C02F	A2	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/07940 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 17. Februar 2000 (17.02.00)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP99/05656 (22) Internationales Anmeldedatum: 4. August 1999 (04.08.99) (30) Prioritätsdaten: 198 35 256.5 4. August 1998 (04.08.98) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): WEHRLE-WERK AG [DE/DE]; Bismarckstrasse 1-11, D-79312 Emmendingen (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): WAGNER, Friedrich [DE/DE]; Weidweg 12, D-79194 Heuweiler (DE). LAUBACH, Johannes [DE/DE]; Reischstrasse 3, D-79102 Freiburg (DE). (74) Anwalt: LEINWEBER & ZIMMERMANN; Rosental 7, Auf- gang II, D-80331 München (DE).		(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht <i>Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.</i>

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR SEPARATING BIOMASS FROM WATER

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR TRENNUNG VON BIOMASSE UND WASSER



(57) Abstract

The invention relates to a method and a device for separating biomass from water in a biomass-water mixture (2) resulting from the biological purification of waste water by means of membrane filtration, wherein the filter membranes are embodied as movable membrane lugs (12) supported on one side and subjected to membrane wall shear stress required for their operation by the horizontal flow (8) of the biomass-water mixture (2).

(57) Zusammenfassung

Bei einem Verfahren und einer Vorrichtung zur Trennung von Biomasse und Wasser aus einem bei der biologischen Abwasserreinigung anfallenden Biomasse-Wassergemisch (2) mittels Membranfiltration sind die Filtermembranen als nur einseitig abgestützte bewegliche Membranfahnen (12) ausgebildet und erfahren durch eine Horizontalströmung (8) des Biomasse-Wassergemisches (2) die für ihren Betrieb erforderliche Membranwand-Schubspannung.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland			TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	ML	Mali	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MN	Mongolei	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MR	Mauretanien	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MW	Malawi	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	MX	Mexiko		
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CG	Kongo	KE	Kenia	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CM	Kamerun			PL	Polen		
CN	China	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CU	Kuba	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CZ	Tschechische Republik	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
DE	Deutschland	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DK	Dänemark	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
EE	Estland	LR	Liberia	SG	Singapur		

Verfahren und Vorrichtung zur Trennung von Biomasse und Wasser

5

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Trennung von Biomasse und Wasser aus einem bei der biologischen Abwasserreinigung anfallenden Biomasse-Wassergemisch mittels mindestens einer Filtermembran, deren eine Membranoberfläche von einer Strömung des Biomasse-Wassergemisches und von einer Luftblasenauftriebsströmung aus in das Biomasse-Wassergemisch eingeleiteter Luft angeströmt wird und an deren der angeströmten Membranoberfläche gegenüberliegenden Membranoberfläche das abgetrennte Wasser als Permeat abgezogen wird, sowie auf eine zur Durchführung dieses Verfahrens geeignete Vorrichtung.

Bei einem derartigen bekannten Verfahren (EP 0 510 328 B1) werden an starren, plattenförmigen Membraneinheiten angeordnete Filtermembranen verwendet. Eine Anzahl dieser starren Membraneinheiten ist jeweils zu einem Filtermodul zusammengefaßt, das in ein das Biomasse-Wassergemisch enthaltende Belebungsbecken eingetaucht ist und vertikal von der Strömung des Biomasse-Wassergemisches sowie der Luftblasenauftriebsströmung durchströmt wird. Dies bedingt einen verhältnismäßig hohen Luftverbrauch. Ferner können sich zopfbildende Abwasserinhaltsstoffe wie Fasern und Haare um die Modulkonstruktion und die Membraneinheiten legen. Diese Verunreinigungen lassen sich nicht ohne Betriebsunterbrechung beseitigen. Schließlich ist die nachträgliche Ausrüstung bereits bestehender Belebungsbecken mit diesen Filtermodulen schwierig.

Bei einem anderen bekannten Verfahren (US 5 248 424 A und US 5 403 479 A) werden luftbeaufschlagte Hohlfasermembranen, aus denen beidseitig am Membranende Permeat abgezogen wird, verwendet. Die dort vorgesehene Art der Anströmung erschwert jedoch ein Freispülen der Membranen von zopfbildenden

faserigen Stoffen, wie Haare, Fasern und dgl. Sie ermöglicht auch keine Entkopplung von Permeatabzug und Luftblasenauftriebsströmung.

5 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art dahingehend weiterzubilden, daß die zugeführte Luft wirkungsvoller ausgenutzt und gleichzeitig der zur Durchführung des Verfahrens erforderliche vor-

10 richtungsmäßige Aufwand herabgesetzt ist.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe hinsichtlich des Ver-
fahrens dadurch gelöst, daß die Strömung des Biomasse-Wasser-
gemisches horizontal ausgerichtet und die Filtermembran als
bewegliche Membranfahne ausgebildet wird, deren zum Betrieb
15 erforderliche Membranoberflächen-Schubspannung durch die an-
strömende Horizontalströmung erzeugt wird.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren richtet sich die in
die Horizontalströmung des Biomasse-Wassergemisches einge-
20 tauchte bewegliche Membranfahne dieser Horizontalströmung
folgend aus und erfährt dabei durch die Horizontalströmung
den zur Erzeugung der für den Membranantrieb erforderlichen
Schubspannung an der Membranoberfläche, also der Wandschub-
spannung der Membran, benötigten Kraftangriff. Gleichzeitig
25 bewirkt die Horizontalströmung eine Umwälzung des Biomasse-
Wassergemisches in dem für die biologische Abwasserreinigung
verwendeten Bioreaktorsystem, beispielsweise einem Belebt-
schlammbecken, und trägt somit besonders günstig zur Sauer-
stoffversorgung der beteiligten Mikroorganismen bei. Im prak-
30 tischen Einsatz wird stets eine Vielzahl in regelmäßigem Ab-
stand zueinander angeordneter Membranfahnen angewendet. Diese
können großflächig kostengünstig hergestellt und auch nach-
träglich in bereits bestehende Bioreaktorsysteme eingebaut
werden. Durch die Überlagerung der Horizontalströmung und der
35 Luftblasenauftriebsströmung entsteht ein verlängerter Blasen-
weg der eingetragenen Luftblasen und wird die Ausnutzung des
in der Luft enthaltenen Sauerstoffs gesteigert. Die an den

Membranfahnen angreifenden Strömungen des Biomasse-Wassergemischs und der Luftblasen sorgen wirkungsvoll dafür, daß die Membranoberflächen fortwährend freigespült werden und somit eine Beeinträchtigung der Filterwirkung durch sich ansetzende Feststoffe vermieden wird. Insbesondere werden faserige Stoffe, wie Haare, Fasern und dgl., die zur Zopfbildung neigen, zum Membranende transportiert, wo sie sich ablösen. Die Horizontalströmung des Biomasse-Wassergemisches und die Luftblasenauftriebsströmung bewirken einerseits eine Spülung der Membranoberflächen sowohl mit Luft als auch mit Wasser und halten gleichzeitig die Membranfasern in Bewegung, wodurch ein wirksamer Filtrationsbetrieb gewährleistet ist.

Eine bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, daß die Horizontalströmung des Biomasse-Wassergemischs und die Luftblasenauftriebsströmung voneinander entkoppelt werden. Die Horizontalströmung des Biomasse-Wassergemisches und die Luftblasenauftriebsströmung sind dadurch in ihrer Stärke getrennt einstellbar. Durch diese Entkopplung der das Biomasse-Wassergemisch umwälzenden Horizontalströmung und der Luftblasenauftriebsströmung kann das Verfahren flexibel auf unterschiedliche Anforderungen, beispielsweise Steigerung oder Verringerung der Permeatleistung, eingestellt werden.

Eine zweckmäßige Art der Verfahrensdurchführung besteht darin, daß das Permeat intervallmäßig abgezogen und dabei die Intensität der Luftblasenauftriebsströmung variiert wird. Dadurch wird im Ergebnis eine Luftspülung der Membranen erreicht, durch welche die Membranen von einer sich im Lauf der Betriebszeit ansetzenden Deckschicht aus Abwasserinhaltsstoffen befreit werden. Dieser Reinigungsvorgang wird insbesondere durch eine intervallmäßige Erhöhung der Intensität der Luftblasenauftriebsströmung begünstigt.

Zweckmäßig wird das Verfahren derart ausgeführt, daß durch die Luftblasenauftriebsströmung an der angeströmten

Membranoberfläche ein turbulenter Strömungsverlauf erzeugt wird. Durch die herrschende Turbulenz wird die Membranoberfläche besonders filterwirksam und sauber gehalten.

5 Weitere vorteilhafte Verfahrensmaßnahmen und -einstellungen ergeben sich aus den Patentansprüchen 5 bis 11.

10 In vorrichtungsmäßiger Hinsicht wird die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe bei einer Vorrichtung zur Trennung von Biomasse und Wasser in einem bei der biologischen Abwasserreinigung anfallenden Biomasse-Wassergemisch, mit einem Antrieb zur Erzeugung einer Strömung des Biomasse-Wassergemisches, einer der Einleitung von Luft in das Biomasse-Wassergemisch dienenden Belüftungseinrichtung zur Erzeugung
15 einer Luftblasenauftriebsströmung, einer Filtermembrananordnung, die mindestens eine Filtermembran aufweist, deren eine Membranoberfläche von der Strömung des Biomasse-Wassergemisches angeströmt ist und deren der angeströmten Membranoberfläche gegenüberliegende Membranoberfläche einen mit einem
20 Anschlußbereich einer Permeatableitung verbundenen Permeatsammelraum für das als Permeat abgetrennte Wasser begrenzt, dadurch gelöst, daß die von dem Antrieb erzeugte Strömung des Biomasse-Wassergemisches horizontal gerichtet und die Filtermembran als bewegliche Membranfahne ausgebildet ist, die sich
25 von dem Anschlußbereich der Permeatableitung aus frei in das Biomasse-Wassergemisch hinein erstreckt.

30 Die erfindungsgemäße Vorrichtung ermöglicht die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens mit einfachen Mitteln. Die in der Praxis vorgesehene Vielzahl von beweglichen Membranfahnen läßt sich auf einfache Weise in dem Strömungsweg des Biomasse-Wassergemisches anordnen. Der zur Erzeugung der Horizontalströmung des Biomasse-Wassergemisches dienende Antrieb kann beispielsweise ein Propellerantrieb, eine Pumpe
35 oder ein Rührwerk sein. Vorteilhaft wird der das Biomasse-Wassergemisch enthaltende Bioreaktor, beispielsweise ein Belebungsbecken, derart ausgebildet, daß die Horizontalströmung

darin einen Kreislauf durchläuft. Dies kann durch die äußere Form des Bioreaktors, beispielsweise eine kreisrunde Formung des Belebungsbeckens, oder durch darin angeordnete Strömungsleitwände herbeigeführt werden.

5

Hinsichtlich der Ausgestaltung der Filtermembranen ist im Rahmen der Erfindung vorgesehen, daß die Membranfahne eine Anzahl von Hohlfasermembranen aufweist, die ein in den Anschlußbereich der Permeatableitung mündendes und dort festgelegtes offenes Ende und ein dem offenen Ende entgegengesetztes, freies, geschlossenes Ende aufweisen. Bei diesen Hohlfaser- oder Kapillarmembranen bildet der Kapillarahohlraum den Permeatsammelraum, welcher nur an dem an dem Anschlußbereich der Permeatableitung festgelegten Ende der Hohlfaser oder Kapillare offen ist und dort das Permeat in die Permeatableitung überführt.

In weiterer Ausgestaltung dieser Ausführungsform wird die Anordnung vorzugsweise derart getroffen, daß die Hohlfasermembranen zu mindestens einem Büschel zusammengefaßt und die offenen Enden der Hohlfasermembranen des Büschels in einer gemeinsamen Anschlußöffnung des Anschlußbereichs angeordnet sind.

Eine andere Ausführungsform besteht darin, daß die Membranfahne eine Anzahl von an beiden Enden offenen Hohlfasermembranen aufweist, deren beide Enden in den Anschlußbereich der Permeatableitung münden und dort festgelegt sind. In diesem Fall verlaufen die Hohlfasermembranen zwischen ihren beiden an dem Anschlußbereich der Permeatableitung festgelegten Enden in U-Form frei in dem Biomasse-Wassergemisch. Auch in diesem Fall ist in zweckmäßiger weiterer Ausgestaltung vorgesehen, daß die Hohlfasermembranen zu mindestens einem Büschel zusammengefaßt sind, dessen beide Enden in zwei voneinander beabstandeten Anschlußöffnungen des Anschlußbereichs angeordnet sind. Dabei weist das gesamte Büschel ausgehend von den beiden Anschlußöffnungen einen U-förmigen Verlauf auf.

Eine andere Alternative besteht darin, daß die Membranfahne als Flachmembrantasche ausgebildet ist, die eine in den Anschlußbereich der Permeatableitung mündende und dort festgelegte offene Taschenseite aufweist. Die Flachmembrantaschen, die großflächig aus Membrantüchern hergestellt werden können, umschließen den Permeatsammelraum, der nur an der in den Anschlußbereich der Permeatableitung mündenden Taschenseite offen ist. Ihre Form ist vorzugsweise rechteckig, quadratisch oder parallelogrammförmig.

Ein weiterer Gedanke der Erfindung besteht darin, daß der Anschlußbereich der Permeatableitung Anschlußrohre aufweist, die sich mit ihrer Längsachse in einer quer zur Richtung der Horizontalströmung gerichteten Ebene erstrecken und in die die Membranfahnen radial einmünden. Diese Anschlußrohre können in ihrer Ebene sowohl horizontal als auch aufrechtstehend angeordnet sein. Die von den Anschlußrohren auf diese Weise gebildete Sprossenordnung stellt einerseits einen nur geringen Widerstand für die Horizontalströmung dar. Andererseits lassen sich daran die Membranfahnen auf einfache Weise über den gesamten Querschnitt der Horizontalströmung befestigen.

Vorteilhaft ist es in diesem Zusammenhang, daß die Ebene der Anschlußrohre eine in die Richtung der Horizontalströmung weisende Neigung gegen die Vertikale aufweist. Insbesondere kann die Neigung entsprechend der Richtung der Luftblasenauftriebsströmung eingestellt werden, was zu einer besonders großflächigen Beaufschlagung der Membranfahnen mit den Luftblasen führt.

Mit besonderem Vorteil ist in weiterer Ausgestaltung vorgesehen, daß die Anschlußrohre um ihre Längsachse drehbar ausgebildet sind. Durch diese Ausgestaltung können die Anschlußrohre durch ihre Drehung der strömungsabhängigen Ausrichtung der von den Anschlußrohren ausgehenden Membranfahnen folgen. Ein mögliches Abknicken der Membranfahnen im Bereich

ihrer Befestigungsstellen an den Anschlußrohren wird dadurch vermieden.

5 Weiter ist im Rahmen der Erfindung vorgesehen, daß an der von dem Biomasse-Wassergemisch angeströmten Seite der in der Ebene angeordneten Anschlußrohre ein Austragsrechen ausgebildet ist. Etwaige zopfartige Beläge, die von der Horizontalströmung an den die Membranfahnen tragenden Anschlußrohren aufgebaut werden, können bei dieser Anordnung durch Greifer
10 des Austragsrechens ohne Betriebsunterbrechung entfernt werden.

Eine besonders wichtige Anwendungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung besteht darin, daß die die Membranfahnen
15 anströmende Horizontalströmung in einem Belebtschlammbecken umläuft. Die Vorrichtung ist in diesem Fall in das Belebtschlammbecken eingebaut. Insbesondere ist die Nachrüstung bestehender Belebtschlammbecken mit der Vorrichtung einfach durchzuführen. Alternativ kann die erfindungsgemäße Vorrichtung
20 auch außerhalb eines Belebtschlammbeckens eingesetzt werden. Dies geschieht dadurch, daß die Membranfahnen in einem geschlossenen Gehäuse angeordnet sind, durch das mit einem daran angeschlossenen Rohrleitungssystem ein Strom des Biomasse-Wassergemischs und Druckluft hindurchgeleitet und
25 von dem das Permeat aus den Permeatsammelräumen der Membranfahnen abgeleitet wird. Ein anderer zweckmäßiger Aufbau hinsichtlich der Membranfahnen besteht darin, daß die Membranfahnen in einem Modul streifenartig nebeneinander mit zwischen den Membranfahnen begrenzten Luftdurchtrittskanälen angeordnet sind.
30

Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann vorteilhaft derart ausgestaltet sein, daß der zur Erzeugung einer Strömung des Biomasse-Wassergemischs dienende Antrieb und/oder die Belüftungs-
35 einrichtung mindestens einen einerseits mit dem Biomasse-Wassergemisch als Treibstrahlflüssigkeit und andererseits mit Luft beaufschlagten Injektor aufweist. Dem Injek-

tor, auch als Zweistoffmischdüse bekannt, wird das Biomasse-Wassergemisch mittels einer Pumpe als Treibstrahlflüssigkeit, welche die zugeführte Luft mitreißt, aufgegeben. Auf diese Weise liefert der Injektor sowohl einen Beitrag zur Strömung des Biomasse-Wassergemisches als auch die erwünschte Luftblasenauftriebsströmung. Die erforderliche Strömung des Biomasse-Wassergemisches kann allein durch diese Wirkung des Injektors herbeigeführt werden. Alternativ kann diese Wirkung des Injektors zur Verstärkung einer von einem zusätzlichen Antrieb, beispielsweise einem Propellerantrieb, erzeugten Strömung des Biomasse-Wassergemischs herangezogen werden.

In der folgenden Beschreibung wird die Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 und 2 eine Aufsicht auf bzw. einen Querschnitt durch ein mit einer Ausführungsform der Erfindung versehenes Belebungsbecken,

Fig. 1a und 2a Fig. 1 und 2 entsprechende Ansichten einer abgewandelten Ausführungsform,

Fig. 3 und 4 Aufsichten auf anders geformte Belebungsbecken, die mit einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung ausgerüstet sind,

Fig. 5 einen teilweisen Querschnitt durch ein Belebungsbecken mit einer Hohlfasermembranen aufweisenden Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung,

Fig. 6 einen teilweisen Querschnitt durch ein Belebungsbecken mit einer Flachmembranta-schen aufweisenden Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung,

- Fig. 7 eine Aufsicht auf ein mit einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung ausgestattetes Rundbecken,
- 5 Fig. 8 eine schematische Darstellung einer mit einem geschlossenen Gehäuse versehenen und an ein Rohrleitungssystem angeschlossenen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung,
- 10 Fig. 9 eine Schnittansicht und Aufsicht eines Belebungsbeckens mit einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung, bei der die Membranfahnen gelenkig gelagert sind,
- 15 Fig. 10 eine schematische Darstellung von aus Hohlfasermembranen zusammengesetzten Membranbüscheln,
- 20 Fig. 10a einen Querschnitt durch die Befestigung des Hohlfasermembranbüschels an einem Anschlußbereich einer Permeatableitung,
- Fig. 10b eine andere Ausführungsform von Hohlfasermembranbüscheln,
- 25 Fig. 11a schematische Ansichten von Modulbauweisen mit Hohlfasermembranen, und
- 30 Fig. 11b schematische Ansichten von Modulbauweisen mit Flachmembrantaschen.

In Fig. 1 und 2 ist eine Aufsicht bzw. eine Querschnittsansicht eines Belebtschlammbeckens 1 dargestellt, in dem eine Vorrichtung zur Trennung von Biomasse und Wasser aus einem in dem Belebtschlammbecken 1 befindlichen Biomasse-Wassergemisch angeordnet ist. Das Belebtschlammbecken 1 weist

35

einen ebenen horizontalen Beckenboden 3 und eine davon ausgehende vertikale Seitenwandung 4 auf. Insgesamt hat das Belebtschlammbecken 1 eine längliche Grundrißform, in der sich die Seitenwandung 4 über den größeren Teil in zwei einander gegenüberliegenden Abschnitten geradlinig erstreckt und die geradlinigen Abschnitte an ihren Enden durch kreisförmige Abschnitte der Seitenwandung 4 miteinander verbunden sind. Parallel zu den beiden geradlinigen Abschnitten der Seitenwandung 4 und unter gleichem Abstand zu diesen beiden Abschnitten erstreckt sich eine vertikale Strömungsleitwand 5, die mit der Seitenwandung 4 einen endlos umlaufenden Strömungskanal 6 begrenzt.

In dem Strömungskanal 6 sind vertikal übereinander Propellerantriebe 7, 7' angeordnet, die das Biomasse-Wassergemisch 2 in eine in dem Strömungskanal 6 umlaufende Horizontalströmung 8 versetzen. Am Beckenboden 3 sind von einer externen Druckluftversorgung 9 gespeiste Luftverteiler 10 angeordnet, die beispielsweise als Kissen-, Flächen-, Teller- oder Rohrbelüfter ausgebildet sein können. Die von den Luftverteilern 10 ausgestoßenen Luftblasen bilden in dem strömend umlaufenden Biomasse-Wassergemisch 2 eine Luftblasenauftriebsströmung 11, deren Richtung einerseits der Horizontalströmung des Biomasse-Wassergemisches 2 folgend und andererseits der vertikalen Auftriebskraft der Luftblasen folgend in der Richtung der Horizontalströmung schräg geneigt vom Beckenboden 3 nach oben gerichtet ist.

In das Biomasse-Wassergemisch 2 ist eine Vielzahl von Membranfahnen 12 eingetaucht, deren möglicher Aufbau in Fig. 10 und 10a näher veranschaulicht ist. Danach besteht jede Membranfahne 12 aus einer Vielzahl zu einem Büschel zusammengefaßter langgestreckter Hohlfaser- oder Kapillarmembranen 13, deren innere Membranoberfläche jeweils einen Permeatsammelraum für das aus dem Biomasse-Wassergemisch 2 durch die Membranwandung hindurchtretende Wasser begrenzt und die an einem ihrer beiden Enden 14 offen sind. An diesem offenen En-

de 14 münden die Hohlfasermembranen 13 eines Büschels in eine Anschlußöffnung 15, die in einem Anschlußbereich 16 einer Permeatableitung 17 ausgebildet ist. Das dem offenen Ende 14 entgegengesetzte Ende 18 der Hohlfasermembranen 13 ist geschlossen, so daß das in den Permeatsammelraum eintretende Wasser nur an dem offenen Ende 14 austreten kann und damit in den Anschlußbereich 16 der Permeatableitung 17 gelangt.

In der in Fig. 1 und 2 dargestellten Ausführungsform sind die Anschlußbereiche 16 der Permeatableitung 17 in der Form von Permeatabsaugfalleitungen 19 ausgebildet, die sich in einer quer zur Horizontalströmung 8 gerichteten Ebene vertikal unter einem gegenseitigen Abstand erstrecken. Von diesen Permeatabsaugfalleitungen 19 aus erstrecken sich die Membranfahnen 12 frei in dem Biomasse-Wassergemisch 2 und werden durch das dort herrschende Strömungsfeld ausgerichtet. An die Permeatabsaugfalleitungen 19 ist eine Permeatpumpe 20 angeschlossen, die einen Permeatabsaugunterdruck, beispielsweise von 0,1 bis 0,6 bar, erzeugt. Auf diese Weise wird das aus dem Biomasse-Wassergemisch 2 in die Permeatsammelräume der Membranfahnen 12 übergetretene gereinigte Wasser als Permeat 21 aus dem Abwasserreinigungsprozeß abgezogen. In entsprechendem Maße wird dem Belebtschlammbecken 1, wie in Fig. 1 durch einen Pfeil 22 schematisch dargestellt, ungereinigtes und lediglich mechanisch vorbehandeltes Abwasser zugeführt.

In Fig. 1 und 2 sind insgesamt drei der durch die jeweils in einer Ebene angeordneten Permeatabsaugfalleitungen 19 und daran befestigte Membranfahnen 12 gebildeten Membranmodule und die ihnen zugeordnete Luftverteiler 10 in der Richtung der Horizontalströmung 8 hintereinander angeordnet. Die Anzahl dieser Membranmodule kann bei Bedarf in Abhängigkeit von der gewünschten Filtrationsleistung auch verringert oder erhöht werden.

Die Figuren 1a und 2a zeigen eine gegenüber den entsprechenden Figuren 1 und 2 dadurch abgewandelte Ausführungsform,

daß statt der Luftverteiler 10 in Fig. 1 und 2 in der Nähe des Beckenbodens 3 Injektoren oder Zweistoffmischdüsen 100 angeordnet sind. Diesen wird einerseits von einer Treibstrahlpumpe 101 das Biomasse-Wassergemisch 2 als Treibstrahlflüssigkeit und andererseits aus der externen Druckluftversorgung 9 Luft zugeführt. Die Treibstrahlflüssigkeit reißt in dem Injektor 100 die zugeführte Luft mit und erzeugt dadurch die über die Membranfahnen 12 hinwegstreichende Luftblasenauftriebsströmung 11. Gleichzeitig trägt der Treibstrahl zusätzlich zu den Propellerantrieben 7, 7' zu der in dem Strömungskanal 6 umlaufenden Horizontalströmung 8 bei. Im übrigen entspricht diese Ausführungsform der anhand von Fig. 1 und 2 dargestellten Ausführungsform, so daß auf deren obige Beschreibung verwiesen werden kann, wobei für die übereinstimmenden Teile dieselben Bezugszeichen verwendet sind.

Die Figuren 3 und 4 zeigen Aufsichten auf im wesentlichen rechteckig geformte Belebtschlammbecken 1, die durch mehrere Strömungsleitwände 50, 51 bzw. 150, 151 jeweils in einen mäanderförmigen, endlos umlaufenden Strömungsweg unterteilt sind. In Fig. 3 und 4 sind jeweils vier Membranmodule und zugeordnete Luftverteiler 10 eingezeichnet, die den anhand von Fig. 1 und 2 erläuterten Membranmodulen und Luftverteilern vollständig entsprechen.

Dagegen ist gemäß Fig. 7 in einem Belebtschlammbecken 1 von kreisrundem Grundriß der Strömungskanal 6 durch eine entsprechende Strömungsleitwand 500 am radial äußeren Randbereich des Belebtschlammbeckens 1 abgegrenzt, wo eine besonders hohe Strömungsgeschwindigkeit erreicht werden kann. In Fig. 7 sind fünf Membranmodule mit zugeordneten Luftverteilern 10 hintereinander angeordnet, welche den anhand von Fig. 1 und 2 erläuterten Membranmodulen entsprechen.

Während bei den in den Fig. 1 bis 4 dargestellten Ausführungsformen die Ebenen, in denen sich die Membranfahnen 12 tragenden Permeatabsaugfalleitungen 19 der Membranmo-

dule erstrecken, vertikal ausgerichtet sind, ist bei der in Fig. 5 dargestellten Ausführungsform die Ebene der Permeatabsaugfalleitungen 19 gegen die Vertikale in der Richtung der Horizontalströmung 8 geneigt. Hierdurch ist einerseits die Lage der Membranfahnen 12 besser an den Verlauf der Luftblasenauftriebsströmung 11 angepaßt. Andererseits begünstigt diese Schrägstellung den Betrieb eines an der von der Horizontalströmung 8 angeströmten Seite der Permeatabsaugfalleitungen 19 ausgebildeten Austragsrechsens 23. Dieser ist mit angetriebenen Greifern 24 versehen, durch die Feststoffablagerungen, insbesondere an der angeströmten Seite sich aufbauende faserige Beläge, beseitigt und nach oben zu einer Rechengutaustragseinrichtung 24 hin abgefördert werden.

Die in Fig. 6 dargestellte Ausführungsform weicht von der in Fig. 5 dargestellten Ausführungsform lediglich hinsichtlich der Gestaltung der Membranfahnen 12 ab. Anstelle von Hohlfasermembranen sind in der Ausführungsform von Fig. 6 an den Permeatabsaugfalleitungen 19 fahnenförmige Flachmembrantaschen 25 angeordnet, die gemäß dem herrschenden Strömungsfeld ausgerichtet sind. Die Flachmembrantaschen 25 sind entsprechend der Neigung der Ebene der Permeatabsaugfalleitungen 19 parallelogrammförmig und mit einer der Parallelogrammseiten an den Permeatabsaugfalleitungen 19 festgelegt. An dieser Seite sind die Flachmembrantaschen 25 offen, so daß das in den von den Flachmembrantaschen 25 umschlossenen Permeatsammelraum eingetretene Wasser von dieser offenen Taschenseite aus in die Permeatabsaugfalleitungen gelangt und mittels der Permeatpumpe 20 abgezogen wird.

Die in Fig. 9 dargestellte Ausführungsform entspricht der in den Fig. 1 und 2 dargestellten Ausführungsform und weicht von letzterer nur insoweit ab, als die Anschlußbereiche 16 für die Membranfahnen 12 nicht an vertikalen oder geneigten Permeatabsaugfalleitungen 19, sondern an quer zur Horizontalströmung 8 angeordneten horizontalen Anschlußrohren 26 ausgebildet sind. Diese horizontalen Anschlußrohre 26 sind

beidseits mit ihren Enden 27, 27' gelenkig in stehenden Teilen gelagert, von denen wenigstens eines 28 als Permeatabsaugfalleitung dient, wobei dort das Anschlußrohr 26 über die gelenkige Lagerung mit dem Innenraum der Permeatabsaugfalleitung 28 flüssigkeitsmäßig verbunden ist. Durch diese gelenkige Lagerung sind die Anschlußrohre 26 um ihre horizontale Längsachse drehbar und können der strömungsbedingten Ausrichtung der von den Anschlußrohren 26 radial ausgehenden Membranfahnen 12 folgen.

Abweichend von der anhand von Fig. 10 und 10a erläuterten Ausbildung der Membranfahnen 12 sind bei der in Fig. 10b dargestellten Ausführungsform die einzelnen Hohlfasermembranen der Büschel an ihren beiden Enden offen. In diesem Fall sind die beiden Enden des Büschels in voneinander beabstandeten Anschlußöffnungen 15, 15' des Anschlußbereichs 16 angeordnet, so daß sich die die Membranfahnen 12 bildenden Büschel zwischen ihren jeweiligen Anschlußöffnungen 15, 15' in langgestreckter U-Form frei in das Biomasse-Wassergemisch 2 hinein erstrecken.

Während die in den Fig. 1 bis 7 und 9 dargestellten Ausführungsbeispiele der Vorrichtung in ein Belebtschlammbecken 1 eingebaut sind, sind bei der in Fig. 8 dargestellten Ausführungsform die die Membranfahnen 12 bildenden Hohlfasermembranen in einem geschlossenen Gehäuse 29 angeordnet, dem an einem Eingang 30 (nur schematisch angedeutet) der Strom des Biomasse-Wassergemisches und an einem Eingang 31 (nur schematisch angedeutet) die Druckluft zugeführt und von dem an einem Ausgang 32 das druckluftbeaufschlagte Biomasse-Wassergemisch abgeleitet wird. Die offenen Enden der Hohlfasermembranen münden in Aufnahmeöffnungen einer das Gehäuse 29 unterteilenden Anschlußplatte 33, so daß das Permeat an einem Ausgang 34 eines von dem Gehäuse 29 und der Anschlußplatte 33 begrenzten Sammelraums 35, in den die offenen Enden der Membranfahnen 12 münden, abgezogen werden kann. Insbesondere in diesem Fall kann das Biomasse-Wassergemisch an Eingang 30 un-

ter Überdruck, der beispielsweise zwischen 0,1 und 3 bar betragen kann, beispielsweise auch dem herrschenden hydrostatischen Druck, zugeführt und dadurch der Abzug des Permeats bewirkt werden.

5

Fig. 11a zeigt schematisch eine Aufsicht auf den Kopf 40 eines Moduls, in dem Hohlfasermembranen 13 in der Form sich senkrecht zur Zeichnungsebene erstreckender Streifen 41 derart angeordnet sind, daß zwischen den Streifen 41 Luftdurchtrittskanäle 42 gebildet sind. In der linken Darstellung von Fig. 11a ist die Modulform derart gewählt, daß ihr zur Längsrichtung der Hohlfasermembranen 13 senkrechter Querschnitt rechteckig, insbesondere quadratisch, ist. Dagegen ist in der in Fig. 11a rechten Darstellung dieser Modulquerschnitt kreisförmig gewählt.

10
15

Fig. 11b zeigt dieselbe Modulanordnung für Flachmembrantaschen 25. Auch hier sind die Flachmembrantaschen 25 in Streifen 41 mit dazwischen begrenzten Luftdurchtrittskanälen 42 angeordnet. Wie in Fig. 11a ist in Fig. 11b links der Modulquerschnitt rechteckig bzw. quadratisch und in Fig. 11b rechts dieser Querschnitt kreisförmig gewählt.

20

Verzeichnis der Bezugszeichen

	1	Belebtschlammbecken
5	2	Biomasse-Wassergemisch
	3	Beckenboden
	4	Seitenwandung
	5	Strömungsleitwand
	6	Strömungskanal
10	7, 7'	Propellerantriebe
	8	Horizontalströmung
	9	Druckluftversorgung
	10	Luftverteiler
	11	Luftblasenauftriebsströmung
15	12	Membranfahnen
	13	Hohlfasermembran
	14	offenes Ende
	15	Anschlußöffnung
	16	Anschlußbereich
20	17	Permeatableitung
	18	geschlossenes Ende
	19	Permeatabsaugfalleitungen
	20	Permeatpumpe
	21	Permeat
25	22	Abwasser
	50, 51	Strömungsleitwände
	150, 151	Strömungsleitwände
	23	Austragsrechen
	24	Rechengutaustragseinrichtung
30	500	Strömungsleitwand
	25	Flachmembrantaschen
	26	Anschlußrohre
	27, 27'	Enden
	28, 28'	stehende Teile
35	120	Membranfahne
	29	Gehäuse
	30	Eingang

	31	Druckluft
	32	Ausgang
	33	Anschlußplatte
	34	Ausgang
5	35	Sammelraum
	40	Modulkopf
	41	Membranstreifen
	42	Luftdurchtrittskanal
	100	Injektoren
10	101	Treibstrahlpumpe

Patentansprüche

1. Verfahren zur Trennung von Biomasse und Wasser aus einem bei der biologischen Abwasserreinigung anfallenden Bio-
masse-Wassergemisch mittels mindestens einer Filtermembran,
deren eine Membranoberfläche von einer Strömung des Biomasse-
Wassergemisches und von einer Luftblasenauftriebsströmung aus
in das Biomasse-Wassergemisch eingeleiteter Luft angeströmt
wird und an deren der angeströmten Membranoberfläche gegen-
überliegenden Membranoberfläche das abgetrennte Wasser als
Permeat abgezogen wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Strö-
mung des Biomasse-Wassergemisches horizontal ausgerichtet und
die Filtermembran als bewegliche Membranfahne ausgebildet
wird, deren zum Betrieb erforderliche Membranoberflächen-
Schubspannung durch die anströmende Horizontalströmung er-
zeugt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
daß die Horizontalströmung des Biomasse-Wassergemisches und
die Luftblasenauftriebsströmung voneinander entkoppelt wer-
den.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekenn-
zeichnet, daß das Permeat intervallmäßig abgezogen und dabei
die Intensität der Luftblasenauftriebsströmung variiert wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch
gekennzeichnet, daß durch die Luftblasenauftriebsströmung an
der angeströmten Membranoberfläche ein turbulenter Strömungs-
verlauf erzeugt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch
gekennzeichnet, daß die Strömungsgeschwindigkeit der Horizon-
talströmung auf 10 bis 300 cm/s eingestellt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Abzug des Permeats mit Unterdruck erfolgt.

5 7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Unterdruck zwischen 0,1 und 0,6 bar beträgt.

10 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Permeat durch einen in dem Biomasse-Wassergemisch herrschenden Überdruck erfolgt.

 9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Abzug durch hydrostatischen Überdruck erfolgt.

15 10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Überdruck zwischen 0,1 und 3 bar beträgt.

20 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Horizontalströmung in einem Kreislauf geführt wird.

 12. Vorrichtung zur Trennung von Biomasse und Wasser in einem bei der biologischen Abwasserreinigung anfallenden Biomasse-Wassergemisch (2), mit einem Antrieb (7, 7') zur Erzeugung einer Strömung (8) des Biomasse-Wassergemisches (2),
25 einer der Einleitung von Luft in das Biomasse-Wassergemisch dienenden Belüftungseinrichtung (10) zur Erzeugung einer Luftblasenauftriebsströmung (11), einer Filtermembrananordnung, die mindestens eine Filtermembran aufweist, deren eine
30 Membranoberfläche von der Strömung des Biomasse-Wassergemisches (2) angeströmt ist und deren der angeströmten Membranoberfläche gegenüberliegende Membranoberfläche einen mit einem Anschlußbereich (16) einer Permeatableitung (17) verbundenen Permeatsammelraum für das als Permeat (21) abgetrennte Wasser begrenzt, dadurch gekennzeichnet, daß die von
35 dem Antrieb (7, 7') erzeugte Strömung (8) des Biomasse-Wassergemisches (2) horizontal gerichtet und die Filtermem-

bran als bewegliche Membranfahne (12) ausgebildet ist, die sich von dem Anschlußbereich (16) der Permeatableitung (17) aus frei in das Biomasse-Wassergemisch (2) hinein erstreckt.

5 13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Membranfahne (12) eine Anzahl von Hohlfasermembranen (13) aufweist, die ein in den Anschlußbereich (16) der Permeatableitung (17) mündendes und dort festgelegtes offenes Ende (14) und ein dem offenen Ende entgegengesetztes, freies,
10 geschlossenes Ende (18) aufweisen.

 14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Hohlfasermembranen (13) zu mindestens einem Bündel zusammengefaßt und die offenen Enden (14) der Hohlfasermembranen (13) des Bündels in einer gemeinsamen Anschlußöffnung (15) des Anschlußbereichs (16) angeordnet sind.
15

 15. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Membranfahne (12) eine Anzahl von an beiden Enden offenen Hohlfasermembranen aufweist, deren beide Enden in den Anschlußbereich (16) der Permeatableitung (17) münden und dort festgelegt sind.
20

 16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Hohlfasermembranen zu mindestens einem Bündel zusammengefaßt sind, dessen beide Enden in zwei voneinander beabstandeten Anschlußöffnungen (15, 15') des Anschlußbereichs (16) angeordnet sind.
25

 17. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Membranfahne (12) als Flachmembrantasche (25) ausgebildet ist, die eine in den Anschlußbereich (16) der Permeatableitung (17) mündende und dort festgelegte offene Taschenseite aufweist.
30

 18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß der Anschlußbereich (16) der Per-
35

meatableitung (17) Anschlußrohre (19, 26) aufweist, die sich mit ihrer Längsachse in einer quer zur Richtung der Horizontalströmung (8) gerichteten Ebene erstrecken und in die die Membranfahnen (12) radial einmünden.

5

19. Vorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Ebene der Anschlußrohre (19) eine in die Richtung der Horizontalströmung (8) weisende Neigung gegen die Vertikale aufweist.

10

20. Vorrichtung nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Anschlußrohre (26) um ihre Längsachse drehbar ausgebildet sind.

15

21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 18 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß an der von dem Biomasse-Wassergemisch (2) angeströmten Seite der in der Ebene angeordneten Anschlußrohre (19) ein Austragsrechen (23) ausgebildet ist.

20

22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß die die Membranfahnen (12) anströmende Horizontalströmung (8) in einem Belebtschlammbecken (1) umläuft.

25

23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Membranfahnen (12) in einem geschlossenen Gehäuse (29) angeordnet sind, durch das mit einem daran angeschlossenen Rohrleitungssystem (30, 31, 32, 34) ein Strom des Biomasse-Wassergemischs und Druckluft hindurchgeleitet und von dem das Permeat aus den Permeatsammelräumen der Membranfahnen (12) abgeleitet wird.

30

35

24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Membranfahnen (12, 13) in einem Modul (40) streifenartig nebeneinander mit zwischen den Membranfahnen (12, 13) begrenzten Luftdurchtrittskanälen (42) angeordnet sind.

25. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß der zur Erzeugung einer Strömung des Biomasse-Wassergemischs dienende Antrieb (7, 7') und/oder die Belüftungseinrichtung mindestens einen einerseits mit dem Biomasse-Wassergemisch (2) als Treibstrahlflüssigkeit und andererseits mit Luft beaufschlagten Injektor (100) aufweist.

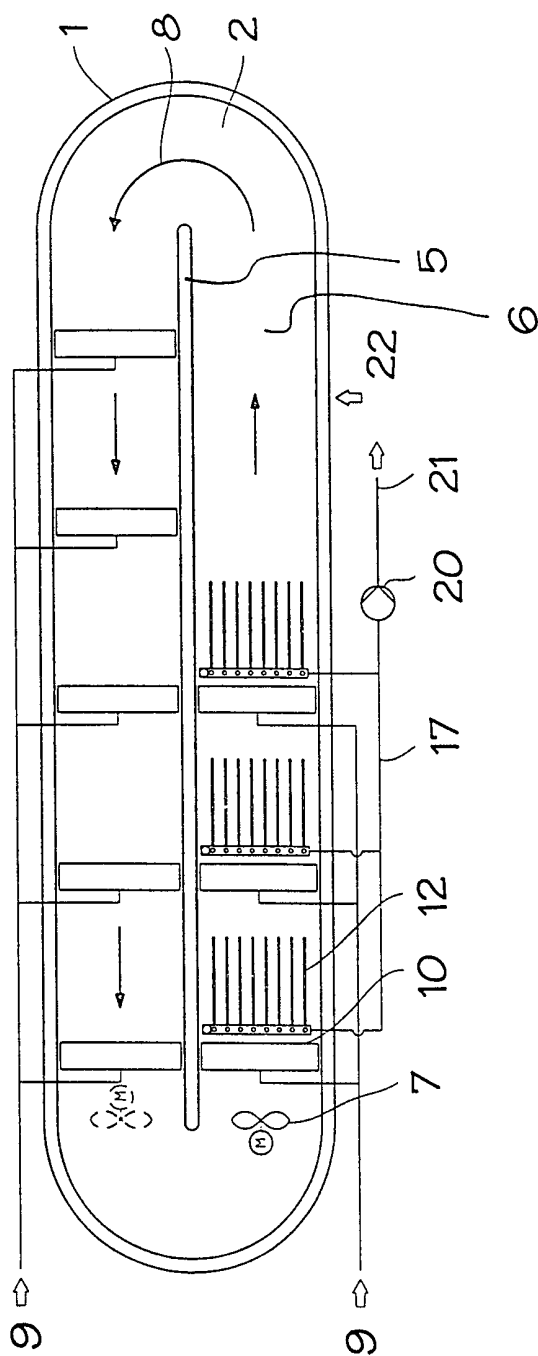


Fig. 1

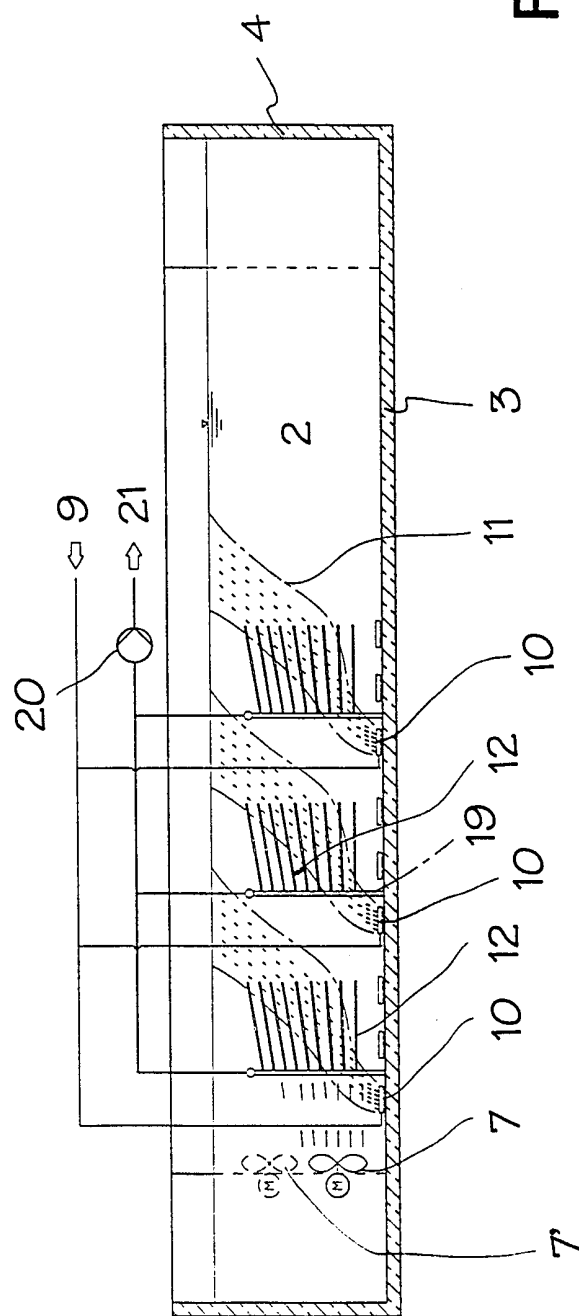


Fig. 2

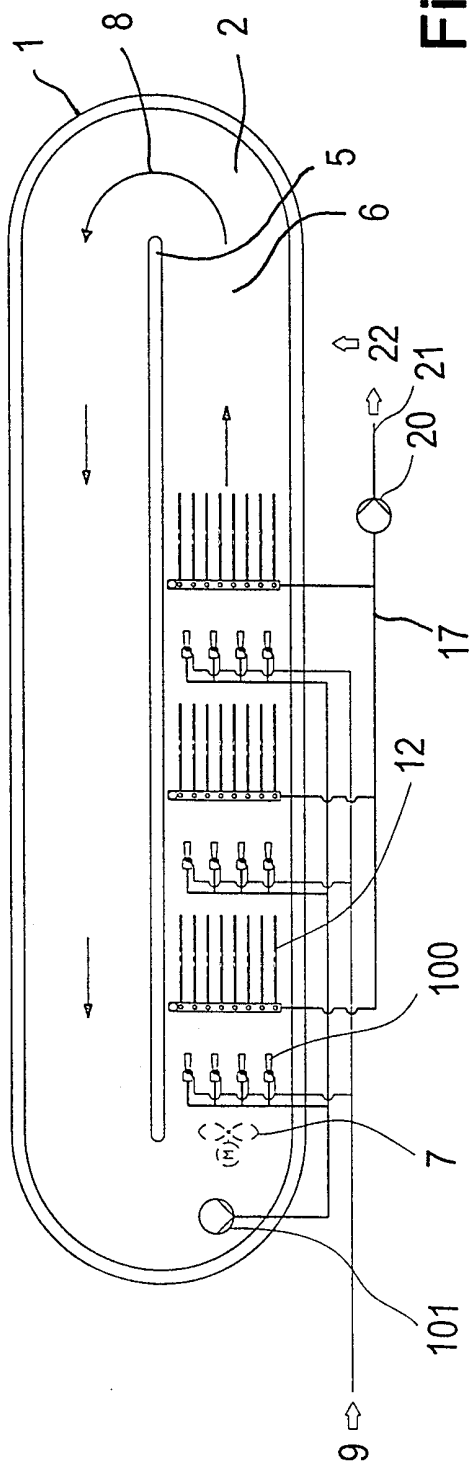


Fig. 1a

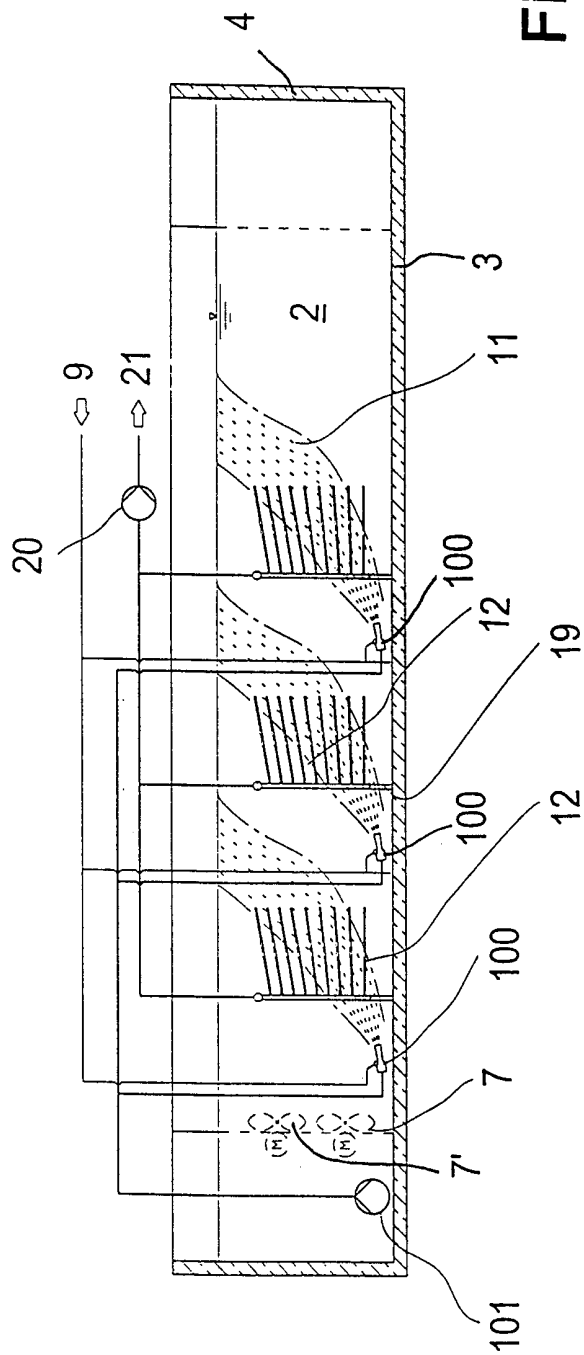
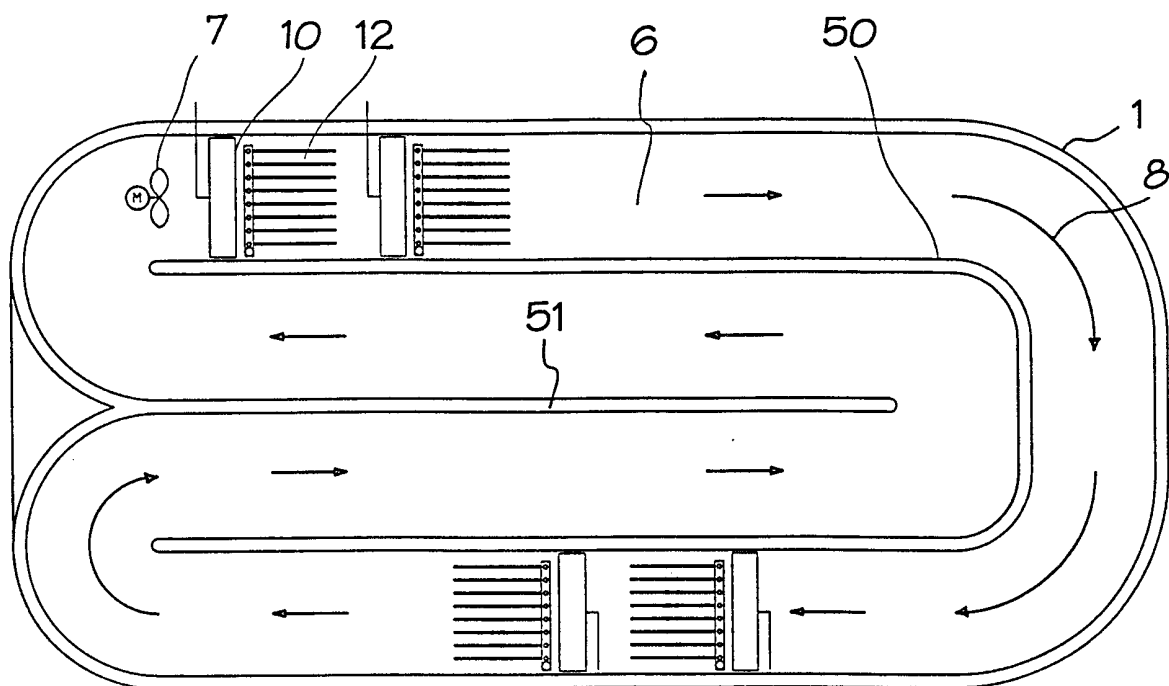
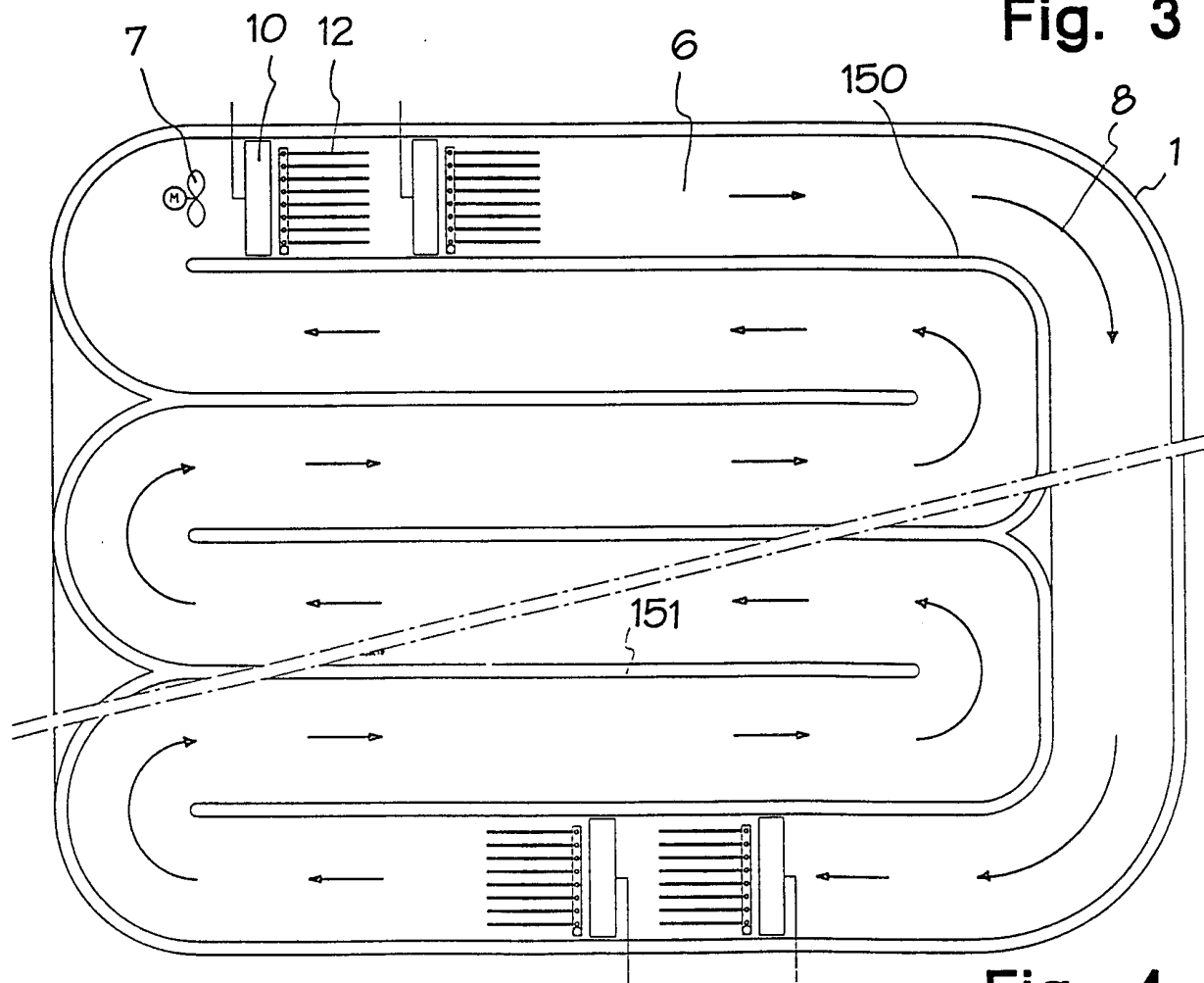
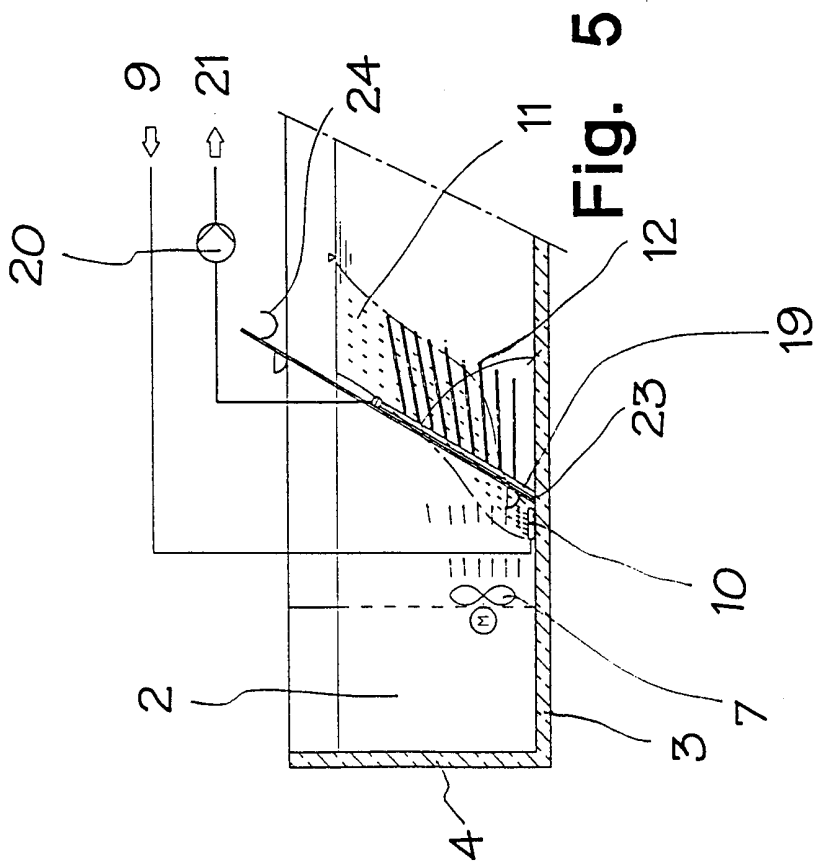
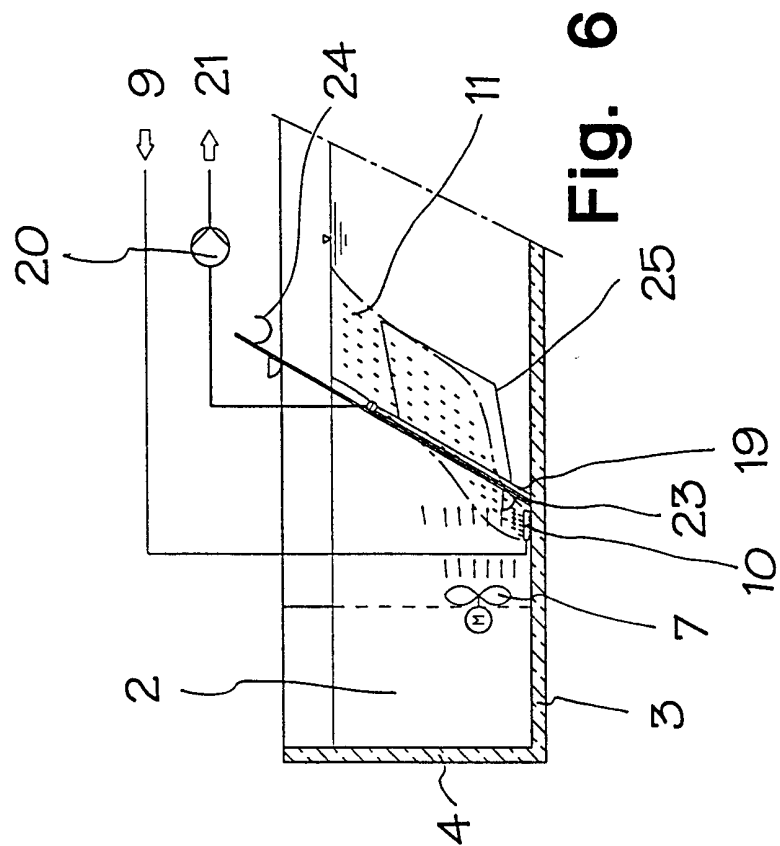


Fig. 2a

3/9

**Fig. 3****Fig. 4**



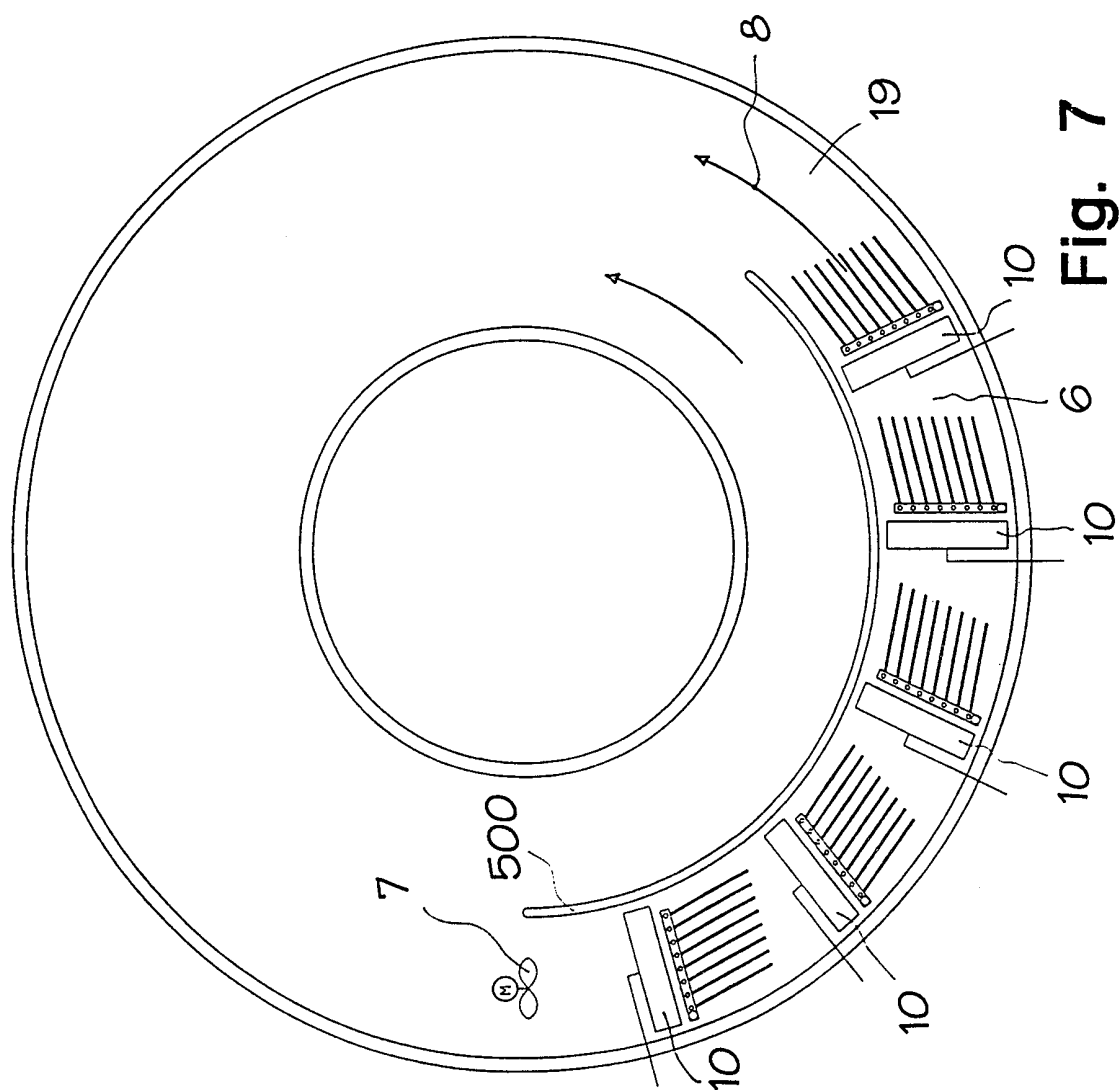


Fig. 7

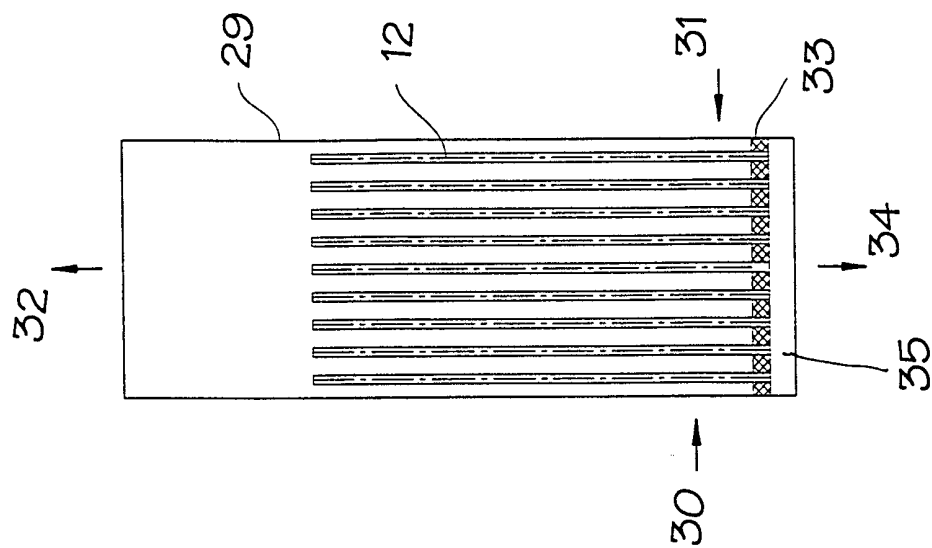
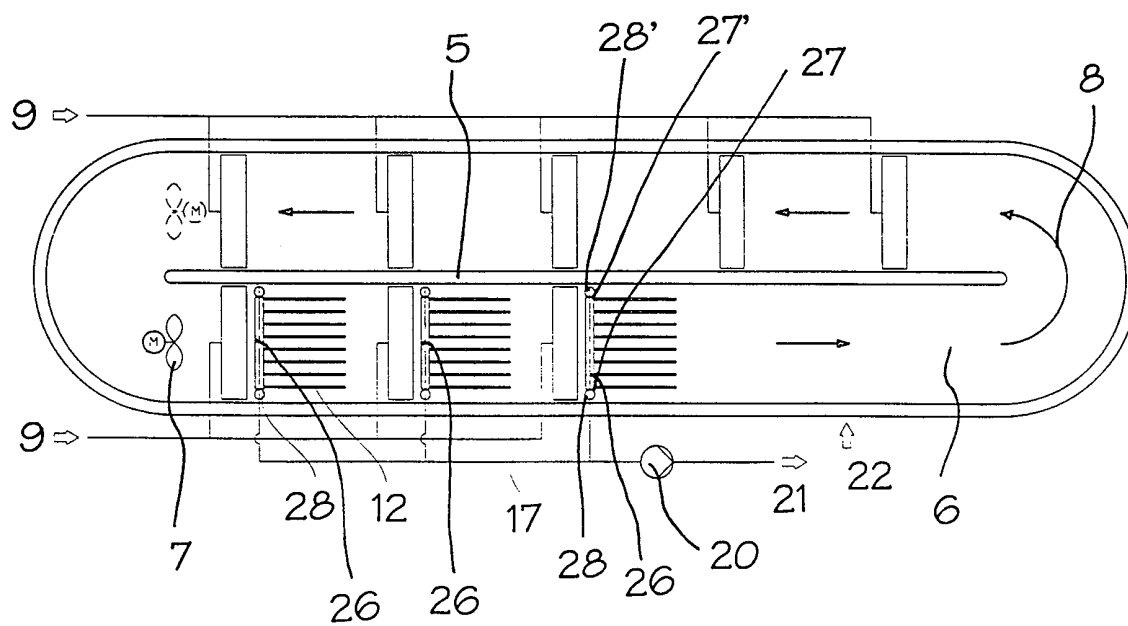
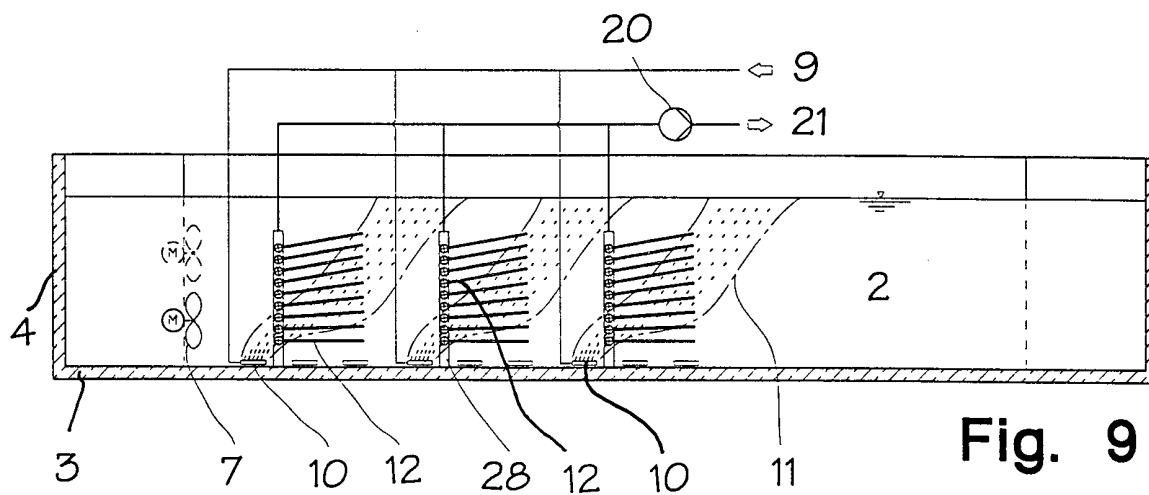
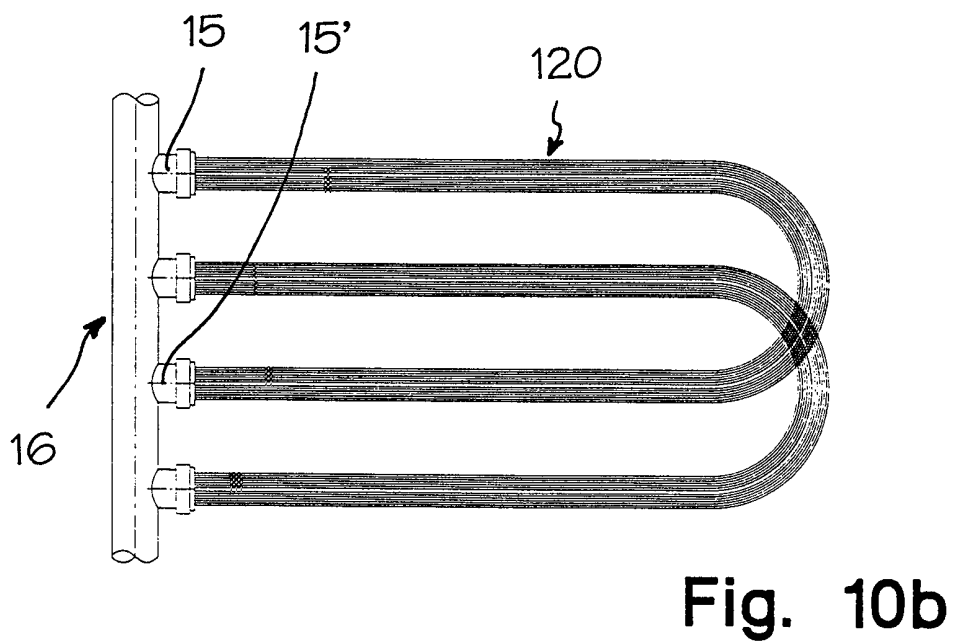
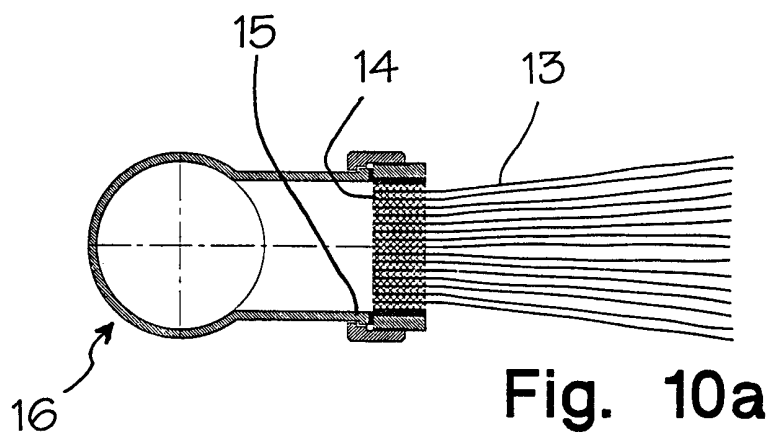
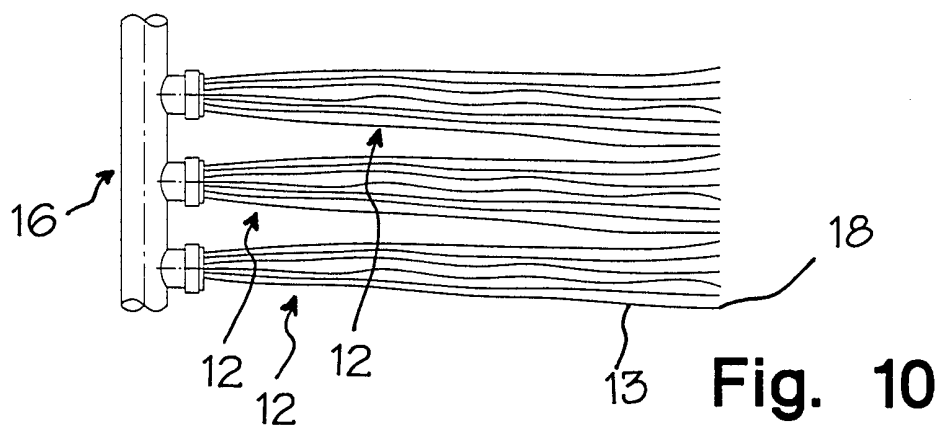


Fig. 8





8/9

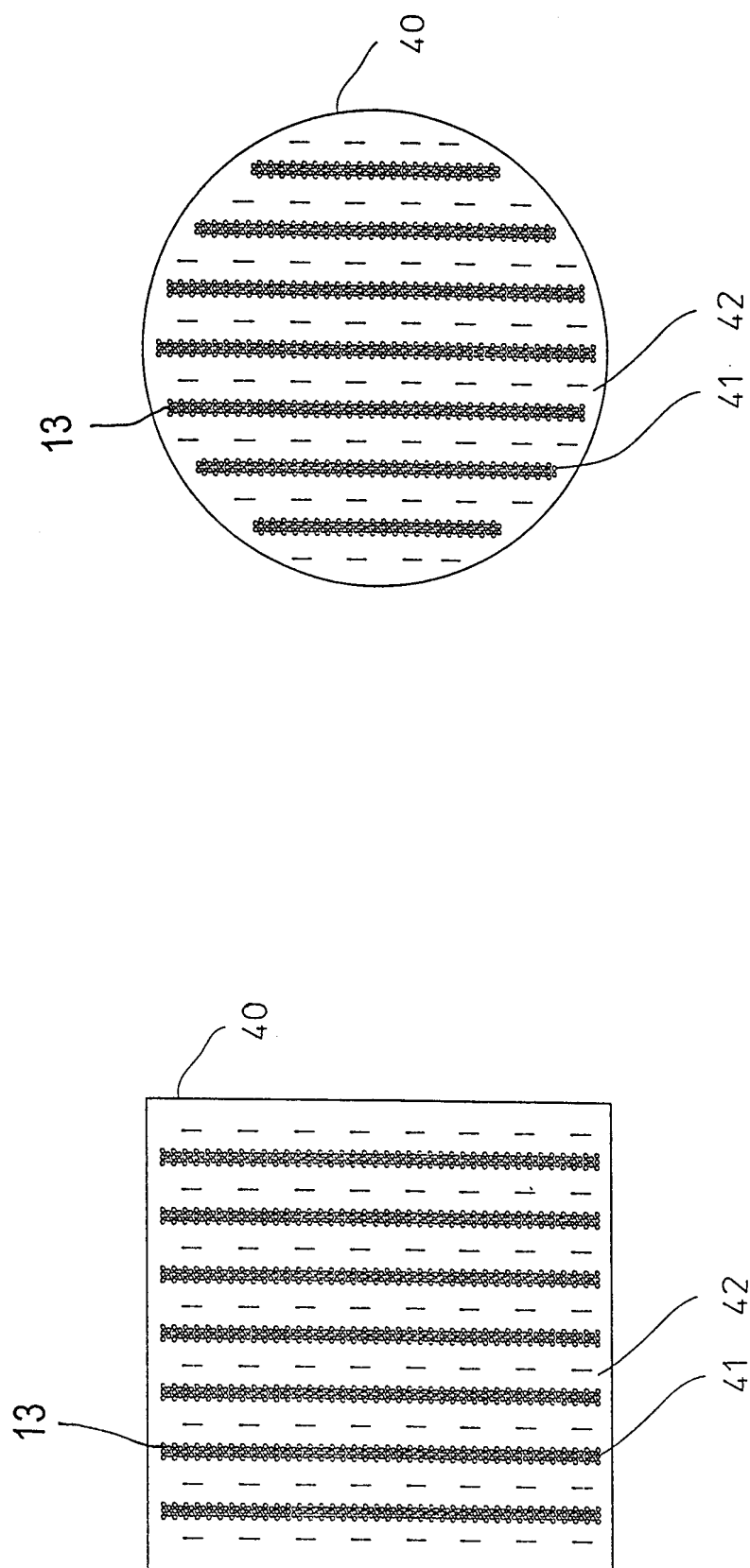


Fig. 11a

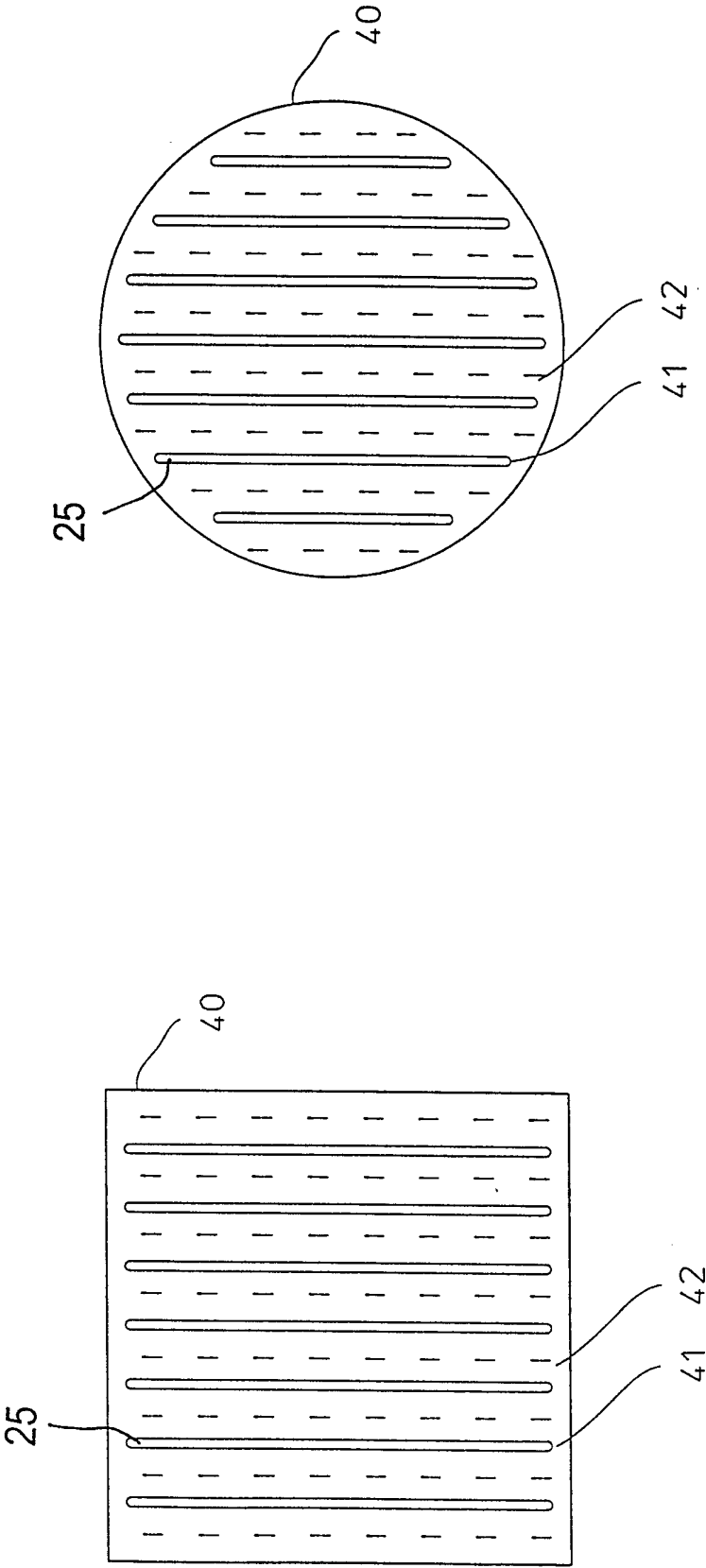


Fig. 11b