



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 44 32 627 B4** 2008.09.25

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **P 44 32 627.0**
 (22) Anmeldetag: **14.09.1994**
 (43) Offenlegungstag: **21.03.1996**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **25.09.2008**

(51) Int Cl.⁸: **B01D 63/08** (2006.01)
B01D 69/02 (2006.01)
B01D 57/00 (2006.01)
B01J 20/28 (2006.01)
C12N 9/00 (2006.01)
G01N 30/00 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

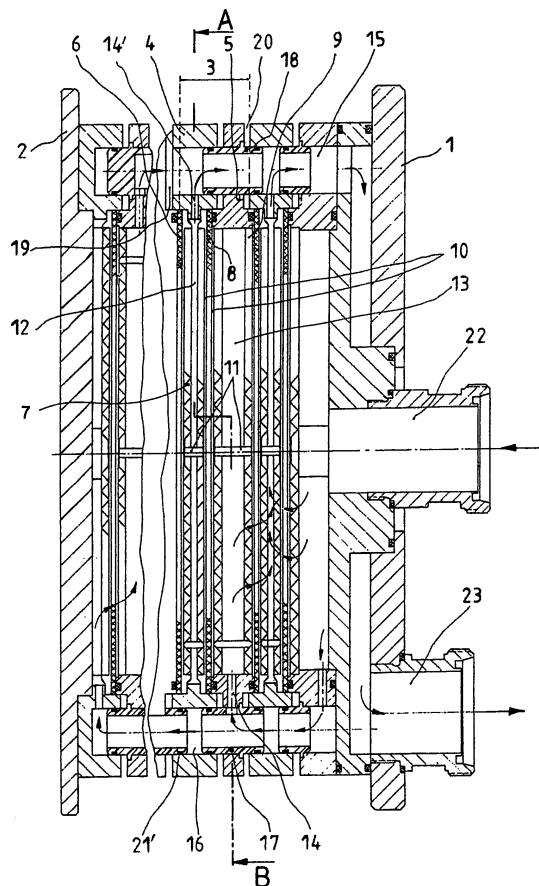
(73) Patentinhaber:
Sartorius Stedim Biotech GmbH, 37079 Göttingen, DE

(72) Erfinder:
Karbatsch, Massoud, Prof. Dr., 37085 Göttingen, DE; Konstantin, Peter, Dr., 66538 Neunkirchen, DE; Pradel, Günter, 37077 Göttingen, DE; Schmidt, Dieter, Dr., 37124 Rosdorf, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
DE 38 04 430 A1
US 47 35 718 A
EP 01 96 392 A2
WO 91/10 492 A1
WO 90/05 018 A1

(54) Bezeichnung: **Filtrationseinheit zur Abtrennung von Stoffen mit Membranadsorbern**

(57) Hauptanspruch: Filtrationseinheit zur Abtrennung von Stoffen aus Fluiden an porösen Membranadsorbern, dadurch gekennzeichnet, daß die Filtrationseinheit aus einer Vielzahl anströmseitig parallel angeordneter Filtrationskammern besteht, die aus einem ersten Membranadsorberstapel, einem Spacer für Filtratablauf, einem zweiten Membranadsorberstapel und einem Spacer für Fluidzulauf aufgebaut sind, wobei der erste und der zweite Membranadsorberstapel aus einer variablen Anzahl flächiger Zuschnitte poröser Membranadsorber gebildet wird und wobei jeweils die Spacer für den Fluidzulauf und die Spacer für den Filtratablauf so miteinander in kommunizierender Verbindung stehen, daß die Verbindungen wenigstens einen Fluidzulaufkanal und wenigstens einen Filtratablaufkanal bilden.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Filtrationseinheit zur selektiven Abtrennung von Stoffen aus Fluiden durch Filtration an porösen Membranadsorbern.

[0002] Die Filtrationseinheit ist für Trennaufgaben mittels poröser Membranadsorber im Labor, für Arbeiten zur Maßstabsvergrößerung (scale-up) und für die Gewinnung von Stoffen im Produktionsprozeß einsetzbar. Sie ist anwendbar zur selektiven Abtrennung und Reinigung von Stoffen, die gegenüber Membranadsorbern eine spezifische Adsorptionsfähigkeit besitzen wie beispielsweise biospezifische Moleküle, Proteine, Enzyme, ionogene Stoffe, Metallionen, insbesondere Schwermetallionen. Die Erfindung ist anwendbar im Bereich der Biotechnologie, der Gentechnik, der Pharmazie, der Chemie, der Getränke- und Lebensmittelindustrie sowie des Umweltschutzes.

[0003] Nach der WO 92/00805 A1 sind poröse Membranadsorber solche Membranen, die an ihrer Oberfläche funktionelle Gruppen, Liganden oder Reaktanden tragen, die zur Wechselwirkung mit mindestens einem Stoff einer mit ihm in Kontakt stehenden flüssigen Phase befähigt sind. Der Transport der flüssigen Phase durch die Membran hindurch erfolgt dabei konvektiv.

[0004] Die Bezeichnung Membranadsorber ist als Oberbegriff für verschiedene Arten von Membranadsorbern wie Membranionenaustauscher, Ligandenmembranen und aktivierte Membranen zu verstehen, die ihrerseits wieder je nach den funktionellen Gruppen, Liganden und Reaktanden in unterschiedliche Membranadsorber-Typen eingeteilt werden.

[0005] Nach der DE 38 04 430 A1 ist eine Filtrationseinheit zur Trennung molekularer Komponenten aus flüssigen Gemischen an Membranadsorbern bekannt. Sie besteht aus einem Gehäuse, aus einer innerhalb des Gehäuses befindlichen mehrlagigen mikroporösen Membraneinheit und aus Mitteln, die den Durchfluß zwischen der Membraneinheit und einer Sperre verhindern. Die Kanten jeder Membran der Membraneinheit sind der Sperre (Gehäuse oder Dichtmittel) benachbart. Die Mittel bestehen aus Druckringen und Dichtscheiben. Bei einer speziellen Ausgestaltung der Erfindung, bei der die Kanten der Membranen an der Gehäusewandung angrenzend vorgesehen sind, verhindert eine Abdichtung einen Durchfluß zwischen Membranen und Gehäusewandung. Die Abdichtung besteht aus einer Dichtmasse, die an der Gehäusewandung und im Bereich des Umfangs der Membranen im Stapel aufgebracht ist. Die Filtrationseinheit besitzt einen Einlaß zur Zuführung der aufzubringenden Flüssigkeit auf eine erste Fläche der Membraneinheit und Austrittsmittel zum Sammeln und Abführen der aus einer zweiten Fläche der Membraneinheit austretenden Flüssigkeit.

[0006] Eine ähnliche Vorrichtung beschreibt die WO 91/10492 A1, bei der sich ein oder mehrere Membranadsorberlagen zwischen zwei Gehäusehälften einer Dead-End-Filtrationsvorrichtung befinden.

[0007] Nachteilig ist, daß die Leistungsfähigkeit der Filtrationseinheit bei einer geringen Anzahl von Membranadsorberlagen durch eine für die Praxis zu geringe Adsorptionskapazität oder aber bei einer großen Anzahl von Membranadsorberlagen durch eine zu geringe Flußrate begrenzt ist. Versucht man nämlich die Adsorptionskapazität der Filtrationseinheit durch Einbringen einer größeren Anzahl an Membranadsorberlagen zu erhöhen, so sinkt die Flußrate exponentiell und gibt auch bei deutlicher Druckerhöhung keine befriedigenden Ergebnisse.

[0008] In der WO 90/05018 A1 wird eine Affinitätstrennung, einschließlich einer Maßstabsvergrößerung von Membran-Affinitätstrennverfahren und eine Dead-End-Filtrationsvorrichtung, beschrieben, wobei im Wesentlichen isotrop poröse Membranen benutzt werden, an die ein zuvor ausgesuchter Ligand kovalent gebunden wird. Neben Hohlfasermembranen können auch Flachmembranen für das Verfahren eingesetzt werden. In der US 4735718 A und in der EP 0196392 A2 werden Crossflow-Filtrationsvorrichtungen beschrieben, bei denen mehrere Filterzellen vorhanden sind, wobei aber keine Membranadsorber zum Einsatz kommen. In all diesen Dokumenten sind die Filtrationsvorrichtungen so ausgestaltet, daß das zu filtrierende Fluid immer nur eine einzige Membran passiert, bevor es als Filtrat aus der Filtrationsvorrichtung abgeleitet wird. Bei der Verwendung von Membranadsorbern in derartigen Filtrationsvorrichtungen wäre die schnelle Erschöpfung der Adsorptionskapazität und damit ein schneller Durchbruch unerwünschter Substanzen nachteilig.

[0009] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Filtrationseinheit zur Abtrennung von Stoffen aus Fluiden an Membranadsorbern zu schaffen, die sich durch eine große Leistungsfähigkeit bei hoher Adsorptionskapazität und Flußrate auszeichnet und zum Scale-up geeignet ist.

[0010] Die Aufgabe wird durch eine Filtrationseinheit gelöst, die aus einer Vielzahl anströmseitig parallel angeordneter Filtrationskammern mit Membranadsorberstapeln besteht, die aus einer variablen Anzahl flächiger Zuschnitte poröser Membranadsorber gebildet werden und bei der an jedem Membranadsorberstapel zwischen Flüssigkeitseingang und Filtratausgang die gleiche Druckdifferenz herrscht. Dadurch, daß an jedem Membranadsorberstapel die gleiche Druckdifferenz anliegt, ist die Flußrate an Filtrat, die durch den Membranadsorberstapel hindurchtritt, an jedem Membranadsorberstapel gleich hoch. Die Höhe dieser Flußrate hängt dabei ab von der absoluten Größe der Druckdifferenz, die durch den Druck am Fluideingang der Filtrationseinheit und/oder den Druck am Filtratausgang der Filtrationseinheit einstellbar ist, sowie von der Anzahl der flächigen Zuschnitte poröser Membranadsorber, die einen Membranadsorberstapel bilden. Die Adsorptionskapazität der Filtrationseinheit ist einstellbar durch Veränderung der Anzahl flächige Zuschnitte poröser Membranadsorber, die einen Membranadsorberstapel bilden und/oder durch Veränderung der Anzahl an Membranadsorberstapeln, mit der eine Filtrationseinheit aufgebaut werden soll.

[0011] Die Filtrationseinheit kann sowohl als Dead-End- als auch als Cross-Flow-Filtrationseinheit betrieben werden.

[0012] Zur Realisierung der Erfindung werden zwischen den einzelnen Membranadsorberstapeln Spacer angeordnet, die alternierend für einen Fluidzulauf und einen Filtratablauf vorgesehen sind. Zur Gewährleistung einer gleichen Druckdifferenz an jedem Membranadsorberstapel stehen jeweils die Spacer für den Fluidzulauf und jeweils die Spacer für den Filtratablauf über Fluidzulaufkanäle und Filtratablaufkanäle miteinander in kommunizierender Verbindung. Der Fluidzulaufkanal ist mit dem Eingang für zu filtrierendes Fluid an der Filtrationseinheit, und der Filtratablaufkanal mit dem Filtratausgang an der Filtrationseinheit verbunden. Es ist zweckmäßig, wenn die Spacer für Fluid vorzugsweise an der der Einströmöffnung für zu filtrierendes Fluid diametral gegenüberliegenden Seite ebenfalls in kommunizierender Verbindung stehen und einen Fluidablaufkanal bilden, der mit einem zweiten Ausgang an der Filtrationseinheit verbunden ist. Der Fluidablaufkanal dient im Falle des Betriebs der Filtrationseinheit als Dead-End-Filtrationseinheit lediglich zur Entlüftung der Anströmseite der Membranadsorberstapel und ist nach Entlüftung geschlossen, oder er dient im Falle des Cross-Flow-Betriebs der Filtrationseinheit als Retentatablaufkanal und bildet zusammen mit dem Fluidzulaufkanal den Retentatkreislauf.

[0013] Die Folge der Bauelemente erster Membranadsorberstapel, Spacer für den Filtratablauf, zweiter Membranadsorberstapel und Spacer für den Fluidzulauf ist als Filtrationskammer ausgebildet, deren wiederkehrende Einheiten die Filtrationseinheit bilden. Die Spacer dienen dabei gleichzeitig als Stütze und Rückstausicherung für den Membranadsorberstapel.

[0014] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung bestehen die Filtrationskammern aus zwei ringförmig ausgebildeten Elementen, die durch einen Freiraum bildende Aussparungen senkrecht zur Ebene der Membranadsorberstapel aufeinanderzubewegt und ineinandergeschoben werden können, wobei mittels Ausgleichsbuchsen eine fluiddichte Verbindung innerhalb der Fluidzulauf- und Filtratablaufkanäle entsteht. Der durch die Aussparungen erzielte Freiraum und die Ausgleichsbuchsen sind so bemessen, daß trotz unterschiedlicher Anzahl an flächigen Zuschnitten poröser Membranadsorber innerhalb der Membranadsorberstapel eine fluiddichte Verbindung besteht. Erfindungsgemäß können innerhalb einer Filtrationskammer bis zu 50 flächige Zuschnitte, die einen Membranadsorberstapel bilden, untergebracht werden. Vorzugsweise werden zwei Membranadsorberstapel mit je 10 bis 25 flächigen Zuschnitten in einer Filtrationskammer angeordnet. Dabei kann der Membranadsorberstapel aus einzelnen, aneinandergelegten flächigen Zuschnitten oder aus einem Paket flächiger Zuschnitte, die in ihrem Randbereich peripher von einem dauerelastischen Dichtungsmaterial eingefaßt sind und eine Filterkassette bilden, bestehen.

[0015] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung werden die Filtrationskammern dadurch gebildet, daß Spacer und Membranadsorberstapel mit einem dauerelastischen Dichtungsmaterial peripher eingefaßt sind. Eine Vielzahl von in Anströmrichtung parallel angeordneten Filtrationskammern ist dabei zu einer Filterkassette verbunden. Fluidzulauf-, Filtratablauf- und Fluidablaufkanäle durchdringen die Filterkassette senkrecht zur Ebene des Membranstapels und sind im peripheren vom dauerelastischen Dichtungsmaterial eingefaßten Bereich untergebracht. Die Filtrationseinheit besteht aus zwei als Endplatten ausgebildeten Filterhaltern, zwischen denen eine oder mehrere Filterkassetten dichtend eingepreßt sind. Jeder Membranadsorberstapel kann eine variable Anzahl flächiger Zuschnitte poröser Membranadsorber enthalten, in der Regel zwischen 2 und 50, vorzugsweise zwischen 10 und 25 Zuschnitte. Form und Größe der Zuschnitte können beliebig gewählt werden.

[0016] Entsprechend der Filtrationsaufgabe können mehrere Filtrationseinheiten parallel oder in Reihe ge-

schaltet werden. Sollen unterschiedlich Stoffe abgetrennt werden, die an verschiedenen Membranadsorber-Typen spezifisch adsorbierbar sind, kann dies beispielsweise durch in Reihe-Schaltung von mehreren Dead-End-Filtrationseinheiten, die nacheinander mit dem jeweiligen Membranadsorber-Typ bestückt sind, geschehen. Erfindungsgemäße Cross-Flow-Filtrationseinheiten haben sich als partikelgängig erwiesen, wenn geeignete Spacer für den Fluidzulauf ausgewählt werden. Beispielsweise kann durch geeignete Spacer, etwa in Form eines Gitterwerks, die Breite des Überströmkanals beim Cross-Flow-Betrieb der Filtrationseinheit so festgelegt werden, daß bei der Filtration von Partikel enthaltenden Fluiden ein vorzeitiges Verstopfen (Fouling) der porösen Membranadsorber verhindert wird.

[0017] Durch die beschriebenen Bauweisen lassen sich die Filtrationseinheiten modular aufbauen und in ihrer Adsorptionskapazität bei gleichbleibender Flußleistung der jeweiligen Filtrationsaufgabe anpassen.

[0018] Die Erfindung wird nachstehend anhand der [Fig. 1](#) bis [Fig. 4](#) und der Ausführungsbeispiele näher erläutert. Dabei zeigt

[0019] [Fig. 1](#) schematisch eine erste Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Filtrationseinrichtung,

[0020] [Fig. 2](#) zwei Draufsichten auf ein ringförmig ausgebildetes Filtratablaufelement und ein ringförmig ausgebildetes Fluideinlaufelement längs der Schnittebenen A und B der [Fig. 1](#),

[0021] [Fig. 3](#) die explosionsartige, perspektivische Darstellung der Elemente einer Filterkassette für eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Filtrationseinrichtung und

[0022] [Fig. 4](#) schematisch eine Ausführungsform der Filtrationseinheit mit Filterkassetten, die gemäß [Fig. 3](#) aufgebaut sind.

[0023] Eine in [Fig. 1](#) gezeigte erfindungsgemäße Filtrationseinrichtung besteht aus zwei als Endplatten **1, 2** ausgebildeten Filterhaltern mit einer dazwischen dichtend angeordneten Vielzahl von wiederkehrenden Filtrationskammern **3**. Jede Filtrationskammer **3** besteht aus einem ringförmig ausgebildeten Filtratablaufelement **4** und einem ringförmig ausgebildeten Fluideinlaufelement **5**. Das ringförmige Filtratablaufelement **4** faßt einen ersten Membranadsorberstapel **6**, einen Spacer für Filtratablauf **7** und einen zweiten Membranadsorberstapel **8** ein, während das ringförmig ausgebildeten Fluideinlaufelement **5** einen Spacer für Fluidzulauf **9** einfaßt. Die Membranadsorberstapel können von Filterunterstützungen **10** abgedeckt werden, beispielsweise in Form von Geweben, Vliesen, Lochblechen oder Steckmetallen, die Schutz vor mechanischer Beschädigung der Membranen bieten und anströmseitig gleichzeitig als Vorfilter dienen. Die Spacer **7, 9** können einstückig oder zweistückig ausgebildet werden. Die in der [Fig. 1](#) dargestellten Spacer **7, 9** sind zweistückig ausgebildet und werden durch Abstandshalter **11** stabilisiert. Die einstückigen oder zweistückigen, durch Abstandshalter **11** stabilisierten Spacer **7, 9** sind so ausgebildet, daß sie einen Filtratsammelspalt **12** zum Sammeln des die letzte Membran der Membranadsorberstapel verlassenden Filtrats und einen Fluideinlaufspalt **13** zur Anströmung der ersten Membranfläche der Membranadsorberstapel mit zu filtrierendem Fluid bilden. Zweckmäßigerweise werden die Spacer gleichzeitig so ausgebildet, daß sie als Rückstausicherung dienen. Zur Verringerung von Totvolumen wird jeder Spalt **12, 13** möglichst eng vorzugsweise mit einstückigen Spacer ausgebildet. Vom Filtratsammelspalt **12** und vom Fluideinlaufspalt **13** führen radiale Verbindungskanäle **14, 14'** zu Filtratablaufkanälen **15** und Fluidzulaufkanälen **16**, die den Ringteil der Filtratablaufelemente **4** und der Fluideinlaufelemente **5** als Durchbrechungen rechtwinklig durchsetzen. Dabei befindet sich in jeder Durchbrechung des Fluideinlaufelements **5** eine Ausgleichsbuchse **17, 18**, wobei die Ausgleichsbuchsen im Fluidzulaufkanal mit **17** und im Filtratablaufkanal mit **18** bezeichnet sind. Dadurch, daß im ringförmigen Umfangsbereich der Filtratablauf- und Fluideinlaufelemente **4, 5** Aussparungen **19, 20** vorgesehen wurden, lassen sich über den dadurch entstandenen Freiraum hinweg die Filtratablauf- und Fluideinlaufelemente **4, 5** aufeinanderzubewegen und soweit ineinanderschieben, bis mittels vorhandener Dichtelemente **21**, wie beispielsweise O-Ringe, eine radiale Abdichtung der Membranadsorberstapel **6, 8** gegenüber dem Fluideinlaufspalt **13** erfolgt. Die in den Durchbrechungen des Ringteils des Fluideinlaufelements **5** vorhandenen Ausgleichsbuchsen **17, 18** sorgen mit ihren Dichtelementen **21'** für die Ausbildung einer fluiddichten Verbindung innerhalb der Filtratablaufkanäle **15** und der Fluidzulaufkanäle **16**. Dabei sind die durch die Aussparungen **19, 20** geschaffenen Freiräume und die Ausgleichsbuchsen **17, 18** so zu bemessen, daß eine unterschiedliche Dicke der Membranadsorberstapel **6, 8**, die durch Variation der Anzahl flächiger Zuschnitte poröser Membranadsorber verursacht wird, ausgeglichen werden kann. Der Freiraum muß für jeden Membranadsorberstapel wenigstens das n-Fache der Dicke eines flächigen Zuschnitts poröser Membranadsorber betragen, die in einem Stapel maximal untergebracht werden sollen, wenn n die maximale Anzahl der flächigen Zuschnitte ist. Er beträgt bei einem Membranadsorberstapel aus maximal 50 flächigen Zuschnitten 10 mm, wenn davon ausgegangen wird, daß die Dicke eines flächigen

Zuschnitts 0,2 mm beträgt. Bei dieser Auslegung des Freiraumes und der Ausgleichsbuchsen können in die Filtrationseinheit gemäß [Fig. 1](#) Membranadsorberstapel mit 2 bis 50 flächigen Zuschnitten eingebracht werden.

[0024] Über die Endplatten **1**, **2** wird die Filtrationseinheit mechanisch oder hydraulisch über Zugatangen (nicht dargestellt) zusammengepreßt.

[0025] Zur Durchführung der Filtration von Fluiden an porösen Membranadsorbern mittels der erfindungsgemäßen Filtrationseinheit nach [Fig. 1](#) im Dead-End-Filtrationsmodus wird das Fluid durch den Einlaßstutzen **22**, die jeweiligen Fluidzulaufkanäle **16**, die Fluidausgleichsbuchsen **17**, die radialen Verbindungskanäle **14**, und die Spacer für Fluidzulauf **9** über die Fluideinlaufspalten **13** auf die erste Fläche der den Spacern für Fluidzulauf **9** benachbarten Membranadsorberstapeln **6**, **8** unter Druck aufgegeben. Das Fluid passiert konvektiv die einzelnen aneinandergedrückten oder randseitig peripher abgedichteten flächigen Zuschnitte poröser Membranadsorber, um die Membranadsorberstapel als Filtrat zu verlassen. Das Filtrat wird im durch die Spacer für Filtratablauf **7** gebildeten Filtratsammelspalt **12** gesammelt und über die die radialen Verbindungskanäle **14'**, Filtratausgleichsbuchsen **18**, den Filtratablaufkanal **15** und den Auslaßstutzen **23** der Filtrationseinheit entnommen. Zur Erhöhung der Flußrate kann am Auslaßstutzen Unterdruck angelegt werden.

[0026] Die in den [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) dargestellten stapelfähigen, modular zusammenfügbaren Filterkassetten bestehen aus folgenden die Filtrationskammern **3** bildenden wiederkehrenden Bauteilen, einem ersten Membranadsorberstapel **6**, einem Spacer für Filtratablauf **7**, einem zweiten Membranadsorberstapel **8**, einem Spacer für Fluidzulauf **9** und vorzugsweise Dichtungselementen **21**, wie beispielsweise Dichtrahmen, die an ihren Rändern von einem dauerelastischen Dichtungsmaterial **24** durchdrungen und fluiddicht eingefaßt sind. In der [Fig. 3](#) ist der Übersichtlichkeit halber nur die Einfassung der Randbereiche der Spacer und der die Membranadsorberstapel **6**, **8** durchdringenden Kanäle für Fluidzulauf **16**, Filtratablauf **15**, Entlüftung **25** oder Retentat **26** dargestellt. Die gesamte Einfassung der Kassette mit dem dauerelastischen Dichtungsmaterial ist nicht dargestellt. Jede Filterkassette enthält eine Vielzahl von anströmseitig parallel angeordneten Filtrationskammern **3**. Die Membranadsorberstapel **6**, **8** können aus bis zu 50 flächigen Zuschnitten poröser Membranadsorber bestehen, vorzugsweise aus 10 bis 25. Form und Größe der Zuschnitte ist beliebig und richtet sich vor allem nach den in der Praxis verwendeten als Filterhalter dienenden Endplatten **1**, **2**. Der erste und letzte Zuschnitt jeder Filterkassette besteht vorzugsweise aus einem Gitterwerk oder Gewebe **10**, das dem Schutz der Membranadsorber dient.

[0027] Das dauerelastische Dichtungsmaterial **24** überragt die Ränder der Zuschnitte in axialer und radialer Richtung. Sie steht im parallelen Randbereich zur Fläche des ersten und letzten Zuschnitts geringfügig, vorzugsweise weniger als 100 µm, über der Fläche des Zuschnitts. Dieser Überstand bildet beim Einpressen der Filterkassetten zwischen den beiden Endplatten **1**, **2**, zwischen benachbarten Filterkassetten und zwischen einer Filterkassette und einer Endplatte eine Preßdichtung, die eine radiale Undichtigkeit der Filtrationseinheit verhindert. Die Herstellung der Filterkassetten erfolgt nach dem Fachmann geläufigen Verfahren.

[0028] In der [Fig. 4](#) ist eine Ausführungsform der Filtrationseinheit für Dead-End-Filtrationen mit Filterkassetten des Aufbaus gemäß [Fig. 3](#) dargestellt. Danach wird mindestens eine Filterkassette zwischen zwei Endplatten **1**, **2** eingepreßt. Die Endplatten verfangen über Einlaßstutzen zur Fluidzufuhr **22** und Auslaßstutzen für Filtratablauf **23**. Der erforderliche Anpreßdruck wird mechanisch oder hydraulisch hervorgerufen. Zur Durchführung der Filtration wird das zu filtrierende Fluid mit den abzutrennenden Stoffen mittels Druck über den Einlaßstutzen **22**, den Fluidzulaufkanal **16**, in den Fluideinlaufspalt **13** gedrückt und passiert konvektiv die benachbarten Membranadsorberstapel **6**, **8**. Entsprechend der spezifischen Adsorption werden die einzelnen abzutrennenden Stoffe in den Membranadsorberstapeln der Filterkassetten festgehalten. Das Filtrat wird im Filtratsammelspalt **12** gesammelt und über den Filtratablaufkanal **15** zum Auslaßstutzen **23** geführt und entnommen. Mit entsprechenden Eluatiionsmitteln werden die in den einzelnen Filterkassetten adsorbierten Stoffe selektiv desorbiert und eluiert und in einem nicht dargestellten Eluatsammler aufgefangen. Sollen unterschiedliche Stoffe getrennt werden, die an unterschiedlichen Membranadsorber-Typen adsorbiert werden, kann man entsprechend bestückte Filtrationseinheiten, die Filterkassetten mit den erforderlichen Membranadsorber-Typen enthalten, in Reihe schalten und die gewünschten Stoffe in einem Filtrationslauf adsorbieren und anschließend getrennt eluieren.

Beispiel 1

[0029] Eine Ausgangslösung wurde folgendermaßen hergestellt: Aus frischen Hühnereiern wird das Eiweiß vom Eigelb getrennt und mit dem vierfachen Volumen eines 10 mMol/l Natriumazetatpuffers pH 5,9 (Puffer A)

versetzt und durchmischt. Nach 16 Stunden bei 4°C wird die Lösung geklärt und der pH-Wert auf 5,9 nachgestellt. Die so hergestellte Ausgangslösung wurde durch eine Lage eines kreisförmigen flächigen Zuschnitts eines porösen Membranadsorbers mit stark sauren Ionenaustauschergruppe von 293 mm Durchmesser in herkömmlicher Weise (Versuch 1) und in zwei parallel durchgeführten Versuchen (2, 3) durch eine erfindungsgemäße Filtrationseinheit gemäß [Fig. 1](#) gepumpt. Die erfindungsgemäße Filtrationseinheit wurde im Versuch 2 mit einer Filtrationskammer mit zwei Membranadsorberstapeln zu je 20 flächigen Zuschnitten poröser Membranadsorber und im Versuch 3 mit drei Filtrationskammern mit 6 Membranadsorberstapeln zu je 10 flächigen Zuschnitten des porösen Membranadsorbers gemäß Versuch 1 gepumpt. Es wurde in allen Versuchen solange gepumpt bis im Ablauf die katalytische Aktivität des Enzyms Lysozym, bestimmt durch einen gebräuchlichen Standardtest 10% des Wertes der Ausgangslösung erreicht hatte. Nach Freispülen der Membranadsorber durch Hindurchpumpen von Puffer A wurde eine Lösung von 0,2 Mol/l Kaliumchlorid in Puffer A hindurchgepumpt. Das eluierte Protein zeigte keine Lysozymaktivität. Danach wurde eine Lösung von 0,5 Mol/l Kaliumchlorid in Puffer A hindurchgepumpt. Das eluierte Protein besaß enzymatische Lysozymaktivität. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1: Adsorptionskapazitäten in Abhängigkeit von der Membranadsorberfläche (scale-up)

Versuch	Anzahl der Zuschnitte (293 mm \varnothing)	Filtrierte Menge an Ausgangslösung [l]	Isolierte Menge an Lysozym [g]
1	1	1,34	4,8
2	40	53,6	177
3	60	80,4	276

Beispiel 2

[0030] Durch eine erfindungsgemäße Filtrationseinheit gemäß [Fig. 4](#), die eine Filterkassette mit drei Filtrationskammern und 6 Membranadsorberstapeln zu je 10 flächigen, kreisförmigen Zuschnitten poröser Membranadsorber von 5 cm Durchmesser mit Reaktiv Blue 2 als Ligand enthält, wurde ein Proteingemisch aus 1,5 mg Cytochrom C (SIGMA Deisenhofen) und 1,5 mg Laktat-Dehydrogenase (LDH) aus Rinderherz (SERVA Heidelberg) in 0,01 M Kaliumphosphat-Puffer vom pH 7 (KPi) gepumpt.

[0031] Beide Proteine wurden quantitativ adsorbiert, wie die Analyse im ablaufenden Filtrat ergab.

[0032] Zur anschließenden selektiven Eluierung der Proteine wurde KPi und anschließend ein Gradient von 0 bis 1 M NaCl in KPi durch die Einheit gepumpt und Fraktionen auf Anwesenheit von Cytochrom C und LDH analysiert. Die Ergebnisse zeigen, daß eine scharfe Trennung der beiden Proteine erfolgte.

[0033] Die Erfindung bietet vor allem den Vorteil, daß durch Auswahl von Membranadsorber-Typen, Variation der Anzahl an flächigen Zuschnitten poröser Membranadsorber innerhalb eines Membranadsorberstapels und Variation der Anzahl von Filtrationskammern Filtrationseinheiten vor Ort in Übereinstimmungen mit den Anforderungen der Filtrationsaufgabe aufzubauen und die Filtrationseinheiten im Dead-End- oder Cross-Flow-Modus einzeln oder mit mehreren Einheiten zu betreiben, wodurch auch in einem Filtrationslauf mehrere Stoffe, die spezifisch durch verschiedene Membranadsorber-Typen absorbierbar sind, abgetrennt werden können. Die Anwendung der Erfindung führt zur Einsparung von Investitionen, Arbeitszeit und Energie, vermindert Materialverluste und schont die zu behandelnden Wertstoffe.

Patentansprüche

1. Filtrationseinheit zur Abtrennung von Stoffen aus Fluiden an porösen Membranadsorbern, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Filtrationseinheit aus einer Vielzahl anströmseitig parallel angeordneter Filtrationskammern besteht, die aus einem ersten Membranadsorberstapel, einem Spacer für Filtratablauf, einem zweiten Membranadsorberstapel und einem Spacer für Fluidzulauf aufgebaut sind, wobei der erste und der zweite Membranadsorberstapel aus einer variablen Anzahl flächiger Zuschnitte poröser Membranadsorber gebildet wird und wobei jeweils die Spacer für den Fluidzulauf und die Spacer für den Filtratablauf so miteinander in kommunizierender Verbindung stehen, daß die Verbindungen wenigstens einen Fluidzulaufkanal und wenigstens einen Filtratablaufkanal bilden.

2. Filtrationseinheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Filtrationskammern aus je einem ineinanderschubbaren ringförmigen Filtratablauf- und Fluideinlaufelement gebildet werden, wobei die Elemente in ihrem ringförmigen Umfangsbereich Durchbrechungen zur Ausbildung der Kanäle für Fluidzulauf, Filtratablauf, Entlüftung oder Retentatablauf besitzen und die Durchbrechungen des einen Elements mit Ausgleichsbuchsen versehen sind und wobei die Elemente an ihrem ringförmigen Umfangsbereich Aussparungen zur Ausbildung von Freiräumen aufweisen derart, daß die Elemente im ineinandergeschoben Zustand unabhängig von der Stärke der Membranadsorberstapel fluiddichte Filtrationskammern bilden.

3. Filtrationseinheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Vielzahl der Filtrationskammern als Filtrationskassetten ausgestaltet sind.

4. Filtrationseinheit nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass jeweils die Spacer für den Fluidzulauf so in kommunizierender Verbindung stehen, dass die Verbindungen neben dem wenigstens einen Fluidzulaufkanal zusätzlich wenigstens einen Entlüftungs- oder Retentatablaufkanal bilden.

5. Filtrationseinheit nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Membranadsorberstapel aus 2 bis 50, vorzugsweise aus 10 bis 25 flächigen Zuschnitten poröser Membranadsorber bestehen.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

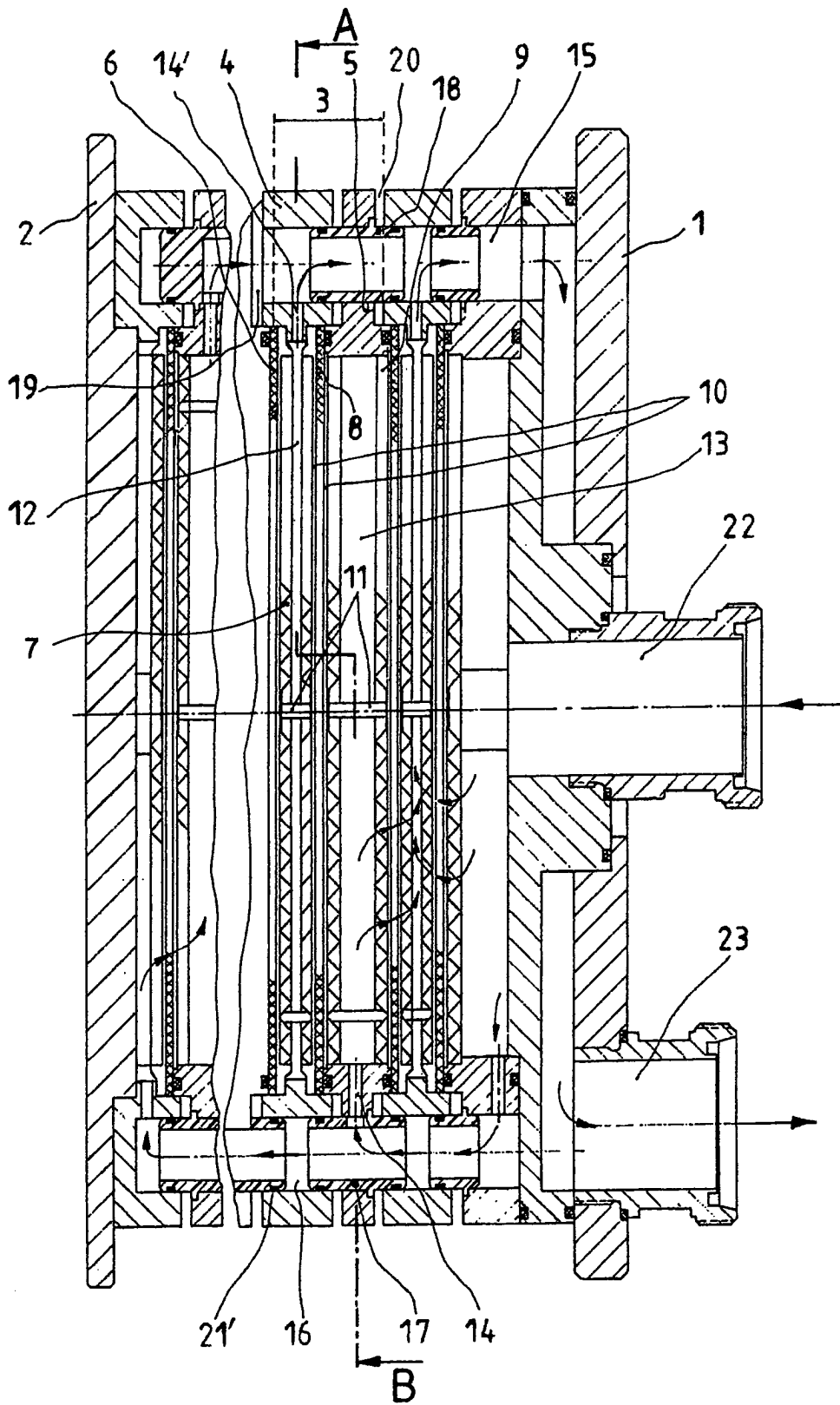


Fig. 1

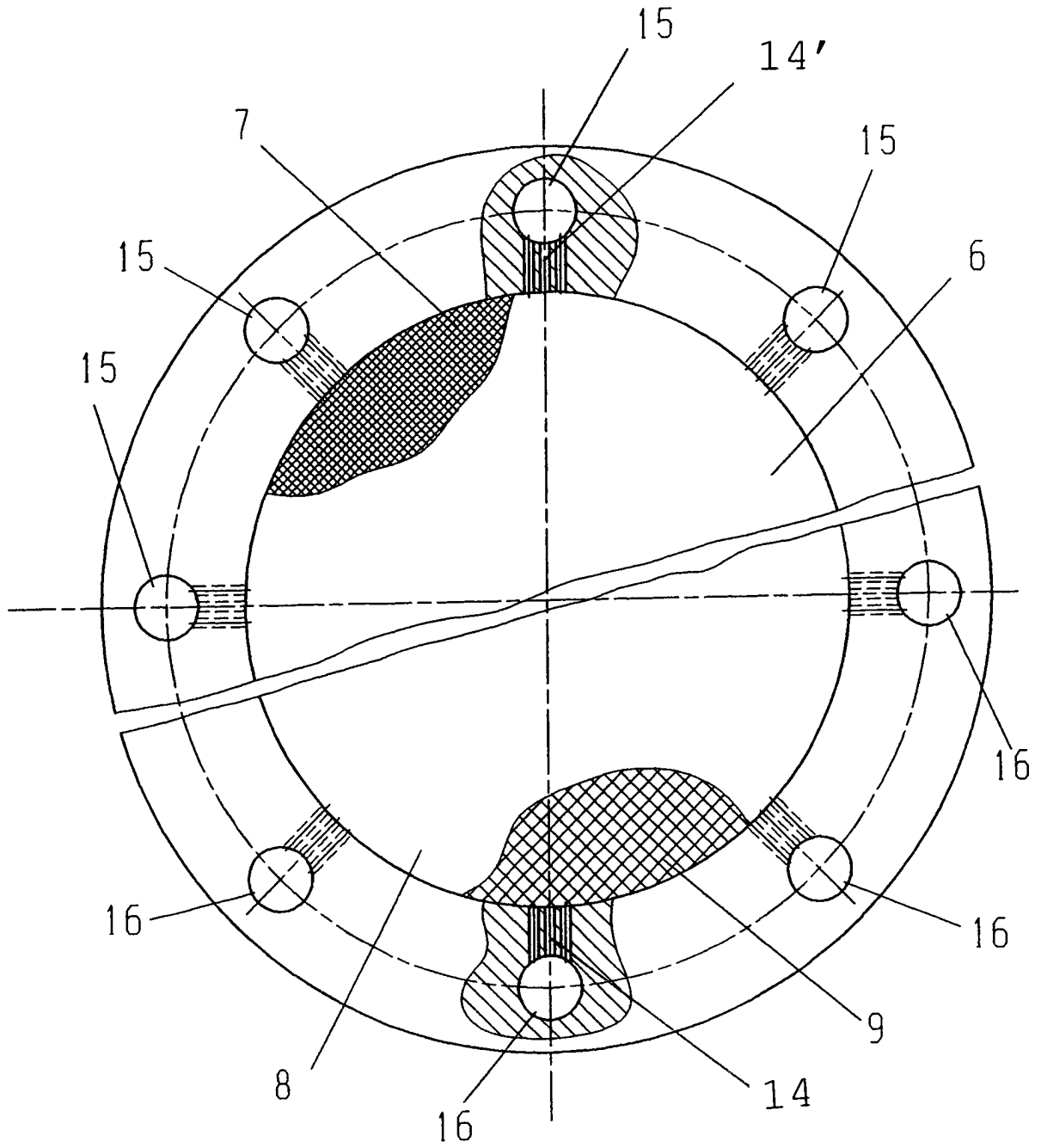


Fig. 2

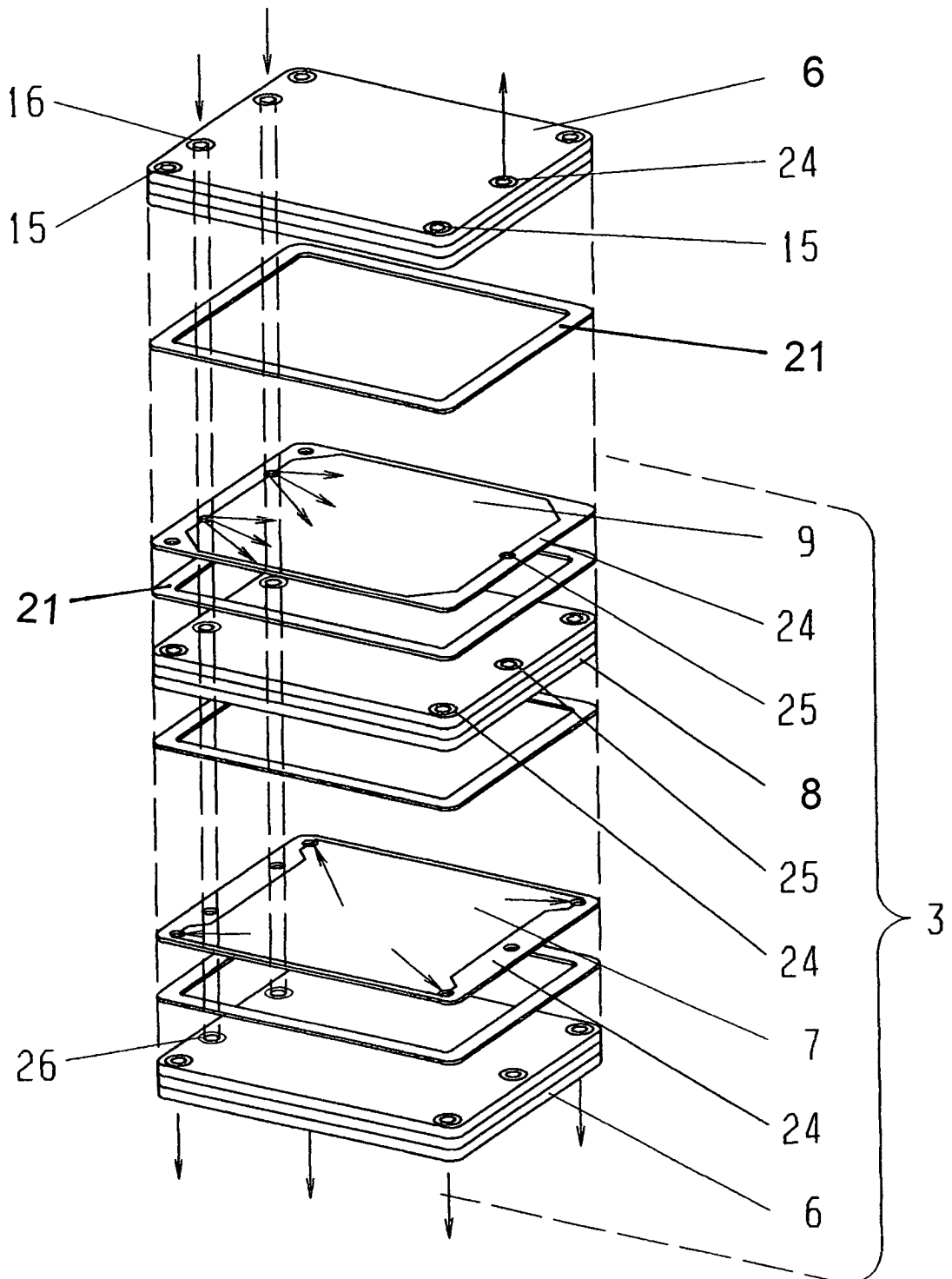


Fig. 3

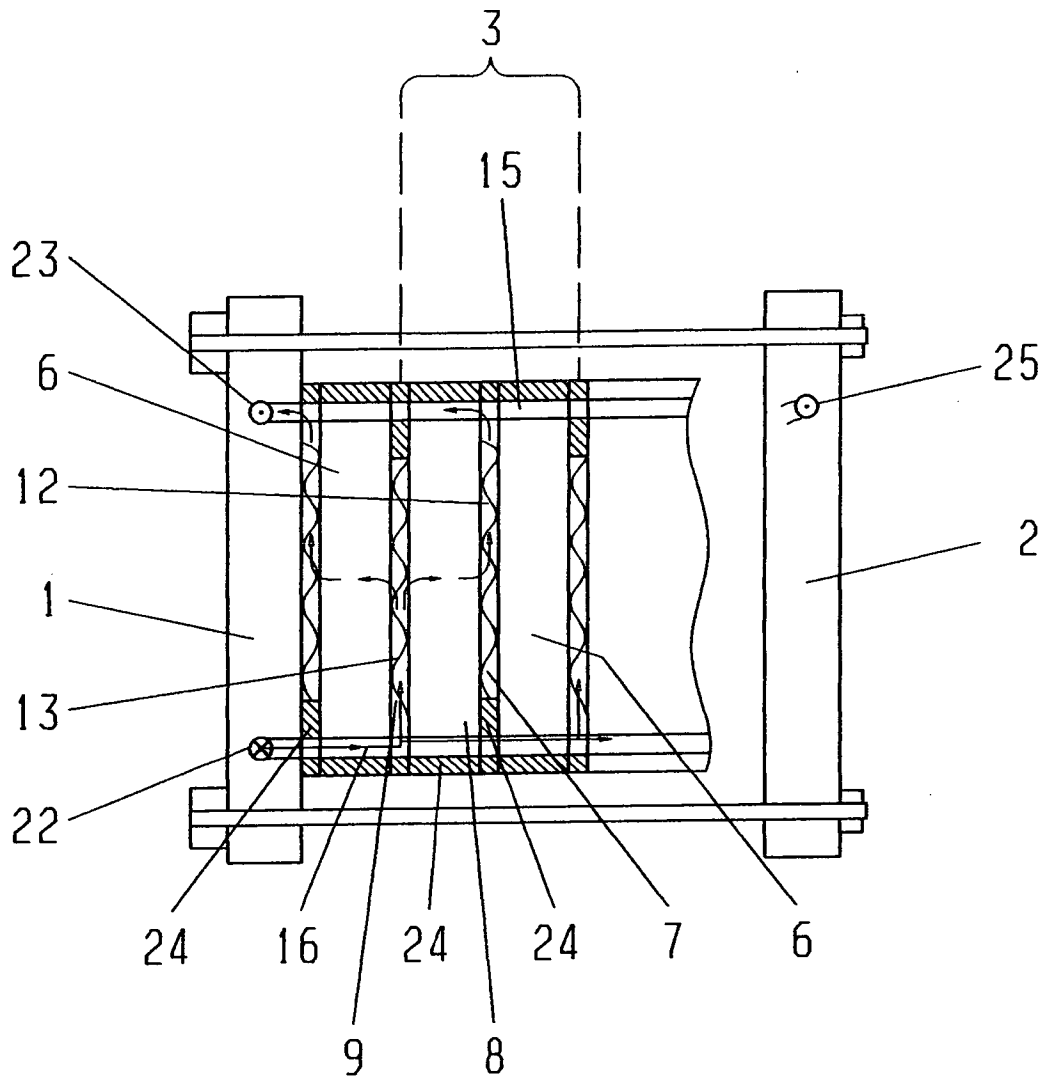


Fig. 4