

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
3. Februar 2011 (03.02.2011)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2011/012995 A2

(51) Internationale Patentklassifikation: Nicht klassifiziert  
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/IB2010/001904  
(22) Internationales Anmeldedatum:  
2. August 2010 (02.08.2010)  
(25) Einreichungssprache: Deutsch  
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch  
(30) Angaben zur Priorität:  
1383/09 31. Juli 2009 (31.07.2009) CH

(72) Erfinder; und  
(71) Anmelder : KNOBEL, Alex [CH/BR]; Rua Magdalena  
Chagas Lima 136, Curitiba, CEP 82300-430 (BR).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,  
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,  
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,  
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN,  
KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA,  
MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG,  
NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC,

SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,  
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,  
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ,  
UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD,  
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,  
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS,  
IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,  
SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,  
GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

- hinsichtlich der Identität des Erfinders (Regel 4.17 Ziffer  
i)
- Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)

Veröffentlicht:

- ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu  
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz  
2 Buchstabe g)

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR MIXING AND EXCHANGING FLUIDS

(54) Bezeichnung : VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM MISCHEN UND AUSTAUSCHEN VON FLUIDEN

(57) Abstract: The invention relates to a device and a method for mixing and exchanging fluids, having a first chamber (2) and a second chamber (4) adjacent to the first chamber, wherein the first chamber (2) is a mixing chamber having static mixing elements (6) permeable in a mixing fluid flow direction by a first fluid (F) and a second fluid (G), and the second chamber (4) is a fluid feeding chamber or fluid discharge chamber permeable by the second fluid (G), a semipermeable membrane (7) being disposed at least in parts of the boundary region between the volume of the first chamber (2) and the volume of the second chamber (4), said membrane being impermeable to molecules or molecule agglomerations of the first fluid (F) and permeable to molecules or molecule agglomerations of the second fluid (G), characterized in that the membrane (7) is made of a material or is coated by a material to which at least the molecules or molecule agglomerations of one of the two fluids (F) comprise a lower affinity, and/or characterized in that the semipermeable membrane (7) is an elastic membrane spanning a support wall (6) having a plurality of holes.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Mischen und Austauschen von Fluiden, mit einer ersten Kammer (2) und einer an die erste Kammer angrenzenden zweiten Kammer (4), wobei die erste Kammer (2) eine von mindestens einem ersten Fluid (F) und einem zweiten Fluid (G) in einer Mischfluid-Strömungsrichtung durchströmbare Mischkammer mit statischen Mischelementen (6) ist und die zweite Kammer (4) eine von dem zweiten Fluid (G) durchströmbare Fluidzufuhrkammer oder Fluidabfuhrkammer ist, wobei zumindest in Teilen des Grenzbereichs zwischen dem Volumen der ersten Kammer (2) und dem Volumen der zweiten Kammer (4) eine semipermeable Membran (7) angeordnet ist, die für Moleküle oder Molekül-Agglomerate des ersten Fluids (F) undurchlässig ist und für Moleküle oder Molekül-Agglomerate des zweiten Fluids (G) durchlässig ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Membran (7) aus einem Material besteht oder mit einem Material beschichtet ist, zu dem zumindest die Moleküle oder Molekül-Agglomerate eines der beiden Fluide (F) eine geringe Affinität aufweisen, und/oder dadurch gekennzeichnet, dass die semipermeable Membran (7) eine elastische Membran ist, die auf eine mit einer Vielzahl von Löchern versehene Stützwand (6) aufgespannt ist.

WO 2011/012995 A2

## **Vorrichtung und Verfahren zum Mischen und Austauschen von Fluiden**

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Mischen und Austauschen von Fluiden, insbesondere zum Begasen oder Entgasen von Flüssigkeiten.

Für das Begasen oder Entgasen von Flüssigkeiten sind zahlreiche Vorrichtungen bekannt. Bei diesen Vorrichtungen wird meist mit grossen Grenzflächen zwischen flüssiger und gasförmiger Phase gearbeitet, um in möglichst kurzer Zeit grosse Gasmengen in die Flüssigkeit hinein oder aus ihr heraus transportieren zu können.

Es sind auch Vorrichtungen zum Begasen oder Entgasen sowie zum Filtrieren von Flüssigkeiten bekannt, in denen zwischen einer gasförmigen Phase und einer flüssigen Phase eine Membran angeordnet ist, die für das Gas durchlässig und für die Flüssigkeit undurchlässig ist.

Eine derartige Vorrichtung ist z.B. in dem Dokument EP 0 226 788 B1 offenbart. Diese Vorrichtung enthält eine semipermeable Membran in einer Wandung zwischen einem Gasstrom und einem Flüssigkeitsstrom. Insbesondere wird auch eine semipermeable Membran erwähnt zum blasenfreien Begasen der Flüssigkeit, wofür die semipermeable Membran für ein zuzumischendes gasförmiges Medium durchlässig ist. Hierbei tritt jedoch das Problem auf, dass das durch die semipermeable Membran in die Flüssigkeit eindringende Gas nur sehr unwirksam durch die Flüssigkeit abtransportiert wird, da sich an der Membranoberfläche eine Grenzschicht in der Flüssigkeit ausbildet. Diese Grenzschicht ist praktisch stationär an der Membranoberfläche. Durch Benetzen und Durchnetzen der Membran bzw. der Membranporen durch die Flüssigkeit wird die Ausbildung einer solchen stationären Grenzschicht begünstigt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, den Stoffaustausch an einer semipermeablen Membran zwischen einem ersten Fluid und einem zweiten Fluid zu verbessern.

Zur Lösung dieser Aufgabe stellt die Erfindung gemäss einem ersten Aspekt eine Vorrichtung zum Mischen und Austauschen von Fluiden bereit, mit einer ersten Kammer und einer an die erste Kammer angrenzenden zweiten Kammer, wobei die erste Kammer eine von mindestens einem ersten Fluid und einem zweiten Fluid in einer Mischfluid-Strömungsrichtung durchströmbare Mischkammer mit statischen Mischelementen ist und die zweite Kammer eine von dem zweiten Fluid durchströmbare Fluidzufuhrkammer oder Fluidabfuhrkammer ist, wobei zumindest in Teilen des Grenzbereichs zwischen dem Volumen der ersten Kammer und dem Volumen der zweiten Kammer eine semipermeable Membran angeordnet ist, die für Moleküle oder Molekül-Agglomerate des ersten Fluids undurchlässig ist und für Moleküle oder Molekül-Agglomerate des zweiten Fluids durchlässig ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Membran aus einem Material besteht oder mit einem Material beschichtet ist, zu dem zumindest die Moleküle oder Molekül-Agglomerate eines der beiden Fluide eine geringe Affinität aufweisen.

Gemäss dem ersten Aspekt wird die Ausbildung einer stationären Grenzschicht durch eines der beiden Fluide an der Membran erschwert.

Zur Lösung dieser Aufgabe stellt die Erfindung gemäss einem zweiten Aspekt eine Vorrichtung zum Mischen und Austauschen von Fluiden, mit einer ersten Kammer und einer an die erste Kammer angrenzenden zweiten Kammer, wobei die erste Kammer eine von mindestens einem ersten Fluid und einem zweiten Fluid in einer Mischfluid-Strömungsrichtung durchströmbare Mischkammer mit statischen Mischelementen ist und die zweite Kammer eine von dem zweiten Fluid durchströmbare Fluidzufuhrkammer oder Fluidabfuhrkammer ist, wobei zumindest in Teilen des Grenzbereichs zwischen dem Volumen der ersten Kammer und dem Volumen der zweiten Kammer eine semipermeable Membran angeordnet ist, die für Moleküle oder Molekül-Agglomerate des ersten Fluids undurchlässig ist und für Moleküle oder Molekül-Agglomerate des zweiten Fluids durchlässig ist, dadurch gekennzeichnet, dass die semipermeable Membran eine elastische Membran ist, die auf eine mit einer Vielzahl von Löchern versehene Stützwand aufgespannt ist.

Gemäss dem zweiten Aspekt wird ebenfalls ermöglicht, die Ausbildung einer stationären Grenzschicht durch eines der beiden Fluide an der Membran zu erschweren, indem durch eine pulsierende Druckbeaufschlagung eines der beiden

Fluide eine pulsierend schwankende Druckdifferenz zwischen den beiden Seiten der Membran erzeugt wird.

Vorzugsweise werden die Massnahmen gemäss dem erstem Aspekt und dem zweiten Aspekt kombiniert, d.h. die Membran besteht aus einem Material oder ist mit einem Material beschichtet, zu dem zumindest die Moleküle oder Molekül-Agglomerate eines der beiden Fluide eine geringe Affinität aufweisen, und die semipermeable Membran ist eine elastische Membran, die auf eine mit einer Vielzahl von Löchern versehene Stützwand aufgespannt ist.

Die semipermeable Membran kann eine hydrophobierte (wasserabweisende) Membran sein. In diesem Fall wird die Benetzung oder Durchnetzung der Membran durch eine polare Flüssigkeit wie z.B. Wasser erschwert.

Die semipermeable Membran kann auch eine oleophobierte (ölabweisende) Membran sein. In diesem Fall wird die Benetzung oder Durchnetzung der Membran durch eine nicht-polare Flüssigkeit wie z.B. Öl erschwert.

Vorzugsweise ist die semipermeable Membran eine oleophobierte und hydrophobierte (ölabweisende und wasserabweisende) Membran. In diesem Fall wird die Benetzung oder Durchnetzung der Membran durch eine nicht-polare Flüssigkeit wie z.B. Öl und durch Wasser erschwert.

Vorzugsweise ist die gasdurchlässige Membran der erfindungsgemässen Vorrichtung eine für Gasmoleküle wie O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> durchlässige Polymermembran, die vorzugsweise auf einem porösen Trägermaterial aufgetragen und mit diesem verbunden ist. Dabei liegt die effektive Porengrösse der gasdurchlässigen Membran vorzugsweise im Bereich von 0.1 nm bis 10 nm, während das Trägermaterial eine viel grössere effektive Porengrösse haben kann.

Als Material für die gasdurchlässige Membran wird vorzugsweise eines der folgenden Polymere verwendet: Cellulose-Acetat (CA), Cellulose-Nitrat (CN), Cellulose-Ester (CE), Polysulfon (PS), Polyethersulfon (PES), Polyacrylnitril (PAN), Polyamid (PA), Polyimid (PI), Polyethylen (PE), Polypropylen (PP), Polytetrafluorethylen (PTFE), Polyvinylidenfluorid (PVDF), Polyvinylchlorid (PVC), Polyurethan (PU).

Die Dicke der gasdurchlässigen Membran beträgt etwa 1 µm bis 300 µm, vorzugsweise 10 µm bis 200 µm.

Das Trägermaterial zur Stabilisierung der gasdurchlässigen Membran kann ein Vliesmaterial, ein Textilmaterial, z.B. aus Polyester, oder ein anderes poröses Material sein, dessen effektive Porengrösse um ein Vielfaches grösser ist als die effektive Porengrösse der gasdurchlässigen Membran.

Die Stützwand kann kreisförmige Löcher und/oder schlitzförmige Löcher aufweisen. Durch die Lochdurchmesser bzw. Schlitzbreiten einerseits und durch die Spannung der aufgespannten elastischen semipermeablen Membran, kann durch das genannte Pulsieren ein Flattern der über die Lochöffnungen gespannten Membranabschnitte erzielt werden. Dadurch kann der Stoffdurchsatz an der Membran erhöht und die Membran von Ablagerungen an der Membran befreit werden. Hierzu kann das niederfrequente Pulsieren durch hochfrequente Schwingungen (Ultraschall) unterstützt werden.

Zweckmässigerweise begrenzt die erste Kammer innerhalb der Vorrichtung ein kontinuierliches (zusammenhängendes) Mischkammervolumen und ist die zweite Kammer innerhalb der Vorrichtung durch separate (voneinander gesonderte) Teilkammern mit einem jeweiligen Teilvolumen der Fluidzufuhrkammer oder Fluidabfuhrkammer gebildet, wobei die Teilkammern stromaufseitig von der Vorrichtung in eine Fluidzufuhr-Sammelleitung münden und stromabseitig von der Vorrichtung in eine Fluidabfuhr-Sammelleitung münden.

Vorzugsweise sind die Teilkammern der zweiten Kammer sich quer zur Mischfluid-Strömungsrichtung der ersten Kammer erstreckende Querkanäle, deren Kanalwände eine mit einer Vielzahl von Löchern versehene Stützwand sowie eine auf die Stützwand aufgespannte elastische Membran als semipermeable Membran aufweisen. Diese Querkanäle sind sowohl Hindernisse/Schikanen der statischen Mischkammer als auch Verteiler für das zweite Fluid für dessen Zufuhr (z.B. Begasung) oder dessen Abfuhr (z.B. Entgasung).

Vorzugsweise sind voneinander beabstandete Querkanäle mit kreisförmigem oder mit polygonförmigem Kanalquerschnitt vorgesehen, wobei die Querkanäle vorzugsweise parallel zueinander verlaufen.

Um die Packungsdichte mit Querkanälen zu optimieren, ist vorzugsweise eine erste Vielzahl von Querkanälen mit einer ersten Kanal-Querschnittsfläche vorgesehen und eine zweite Vielzahl von Querkanälen mit einer zweiten Kanal-Querschnittsfläche

vorgesehen, wobei vorzugsweise die Querkanäle der ersten Vielzahl von Querkanälen und der zweiten Vielzahl von Querkanälen in der ersten Kammer gleichmässig verteilt angeordnet sind. Hierbei verwendet man vorteilhaft ein Verhältnis zwischen einer zweiten Kanal-Querschnittsfläche und einer ersten Kanal-Querschnittsfläche im Bereich von 1/10 bis 5/10.

Bei einer besonders vorteilhaften Ausführung steht mit der ersten Kammer oder mit der zweiten Kammer eine Druckquelle in Fluidverbindung, die einen veränderlichen Druck erzeugen kann. Diese Druckquelle ermöglicht Pulsationen, was im Bereich der durch die gespannte elastische Membran bedeckten Löcher zu einem „Flattern“ der elastischen Membran führt, wodurch der Durchtritt des zweiten Fluids durch die Membran begünstigt wird für dessen Zufuhr in das erste Fluid (z.B. Begasung) oder dessen Abfuhr aus dem ersten Fluid (z.B. Entgasung).

Zweckmässigerweise sind die Querkanäle im Bereich ihres jeweiligen ersten Endes an einem ersten Träger (z.B. erste Wandplatte) befestigt und erstrecken sich durch diesen hindurch, wobei der erste Träger und die Querkanäle zusammen eine erste Baugruppe der Vorrichtung bilden. Weiterhin ist es zweckmässig, wenn die Querkanäle der ersten Baugruppe im Bereich ihres jeweiligen zweiten Endes sich durch Öffnungen in einem zweiten Träger (z.B. zweite Wandplatte) hindurch erstrecken, wobei der zweite Träger zusammen mit weiteren Wänden der ersten Kammer eine zweite Baugruppe der Vorrichtung bilden. Dies ermöglicht ein schnelles Auseinanderbauen und Zusammenbauen der Vorrichtung zu Wartungszwecken (Reinigung, Membranwechsel).

Vorzugsweise bilden die Querkanäle die statischen Mischelemente der ersten Kammer, d.h. die Vorrichtung ist ein statischer Mischer, dessen Ablenkelemente hohl sind und über die erfindungsgemässe (semipermeable) Membran mit der Mischkammer (partiell) kommunizieren.

Die Erfindung stellt auch ein Verfahren bereit zum Mischen und Austauschen von Fluiden unter Verwendung der weiter oben beschriebenen Vorrichtung, wobei ein erstes Fluid und ein zweites Fluid durch die erste Kammer (Mischkammer) hindurch gefördert wird und das zweite Fluid durch die zweite Kammer hindurch gefördert wird.

Das Verfahren lässt sich zum Begasen einer Flüssigkeit verwenden, wobei durch die erste Kammer ein Flüssigkeit-Gas-Gemisch geleitet wird und durch die zweite

Kammer das Gas geleitet wird, dessen Druck grösser ist als der Druck des Flüssigkeit-Gas-Gemisches in der ersten Kammer.

Das Verfahren lässt sich auch zum Entgasen einer Flüssigkeit verwenden, wobei durch die erste Kammer ein Flüssigkeit-Gas-Gemisch geleitet wird und durch die zweite Kammer das Gas geleitet wird, dessen Druck kleiner ist als der Druck des Flüssigkeit-Gas-Gemisches in der ersten Kammer.

Vorzugsweise wird während des Begasens oder Entgasens der Druck in der ersten Kammer oder der Druck in der zweiten Kammer gepulst. Dabei gibt es im wesentlichen zwei Betriebsarten, mit denen die auf die gelochte Stützwand aufgespannte elastische semipermeable Membran durch Pulsen ausgelenkt wird bzw. zu Flattern begracht wird.

Gemäss einer ersten Variante des Begasens wird die Membran nur im Bereich der Löcher der Stützwand senkrecht zur Stützwand ausgelenkt. Diese Art des „lokalen“ Flatterns/Vibrierens der Membran wird begünstigt durch hohe Membranspannung und hohe Viskosität der Flüssigkeit, mit der die erste Kammer vollständig gefüllt ist.

Gemäss einer zweiten Variante des Begasens wird die Membran über den gesamten mit Löchern versehenen Bereich der Stützwand senkrecht zur Stützwand ausgelenkt. Diese Art des „globalen“ Flatterns/Vibrierens der Membran wird begünstigt durch geringe Membranspannung, geringe Viskosität der Flüssigkeit und wenn die erste Kammer nur teilweise gefüllt ist.

Durch die pulsartigen Membranbewegungen senkrecht zu den gelochten Stützflächen wird nicht nur das Begasen oder Entgasen der Flüssigkeit in der ersten Kammer begünstigt, sondern es werden auch Impulse auf die in der ersten Kammer strömende Flüssigkeit übertragen. Die zweite gasführende Kammer kann auch unterteilt sein, so dass ein erster Teil der Teilkammern bzw. der Querkanäle miteinander kommunizieren und ein anderer, vom ersten Teil hermetisch getrennter Teil der Teilkammern bzw. Querkanäle miteinander kommunizieren. Die zweite Kammer kann in mehrere derartige Teile unterteilt sein. Die jeweiligen Teile der zweiten Kammer können dann zueinander zeitversetzt gepulst werden, wodurch sich das Strömungsverhalten der Flüssigkeit in der ersten Kammer beeinflussen lässt.

Besonders vorteilhaft ist bei dem Verfahren die Verwendung einer Vorrichtung mit hydrophobierter Membran, wobei die Flüssigkeit in Wasser gelöste, in Wasser emulgierte oder in Wasser suspendierte Stoffe aufweist. Damit lassen sich z.B. wässrige Süsswarenmassen, die in Wasser gelöste Zuckermoleküle aufweisen, mikrobeflüchten. Insbesondere sei hier das Mikrobeflüchten von Zuckerguss erwähnt.

Besonders vorteilhaft ist bei dem Verfahren auch die Verwendung einer Vorrichtung mit oleophobierter Membran, wobei die Flüssigkeit in Fett oder Öl gelöste, in Fett oder Öl emulgierte oder in Fett oder Öl suspendierte Stoffe aufweist. Damit lassen sich z.B. fettbasierte/ölbasierte Süsswarenmassen, die in Fett oder Öl suspendierte Zuckerpartikel und z.B. Kakaopartikel enthalten, mikrobeflüchten und mikroentlüften. Insbesondere sei hier das Mikrobeflüchten oder Mikroentlüften von Schokolade erwähnt.

Weitere Vorteile, Merkmale und Anwendungsmöglichkeiten der Erfindung ergeben sich aus der nun folgenden Beschreibung eines nicht einschränkend aufzufassenden Ausführungsbeispiels anhand der Zeichnung, wobei

Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemässen Vorrichtung als Schnittzeichnung eines Teils der Vorrichtung zeigt;

Fig. 2 das erste Ausführungsbeispiel der erfindungsgemässen Vorrichtung als Schnittzeichnung der Vorrichtung zeigt; und

Fig. 3 ein zweites Ausführungsbeispiel der erfindungsgemässen Vorrichtung als Schnittzeichnung der Vorrichtung zeigt; und

Fig. 4 einen vergrösserten Ausschnitt des Details C von Fig. 3 zeigt.

In Fig. 1 ist ein erstes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemässen Vorrichtung als Schnittzeichnung eines Teils der Vorrichtung gezeichnet. Fig. 1 zeigt einen Ausschnitt der Vorrichtung zum Mischen und Austauschen von Fluiden, insbesondere zum Begasen oder Entgasen einer Flüssigkeit F mit einem Gas G. Die Schnittebene (Zeichnungsebene) verläuft parallel zur vorwiegenden bzw. vorherrschenden Strömungsrichtung der Flüssigkeit F in einer ersten Kammer 2. Diese Strömungsrichtung ist durch die mäandrierenden dicken Linien mit Pfeilen P1 angedeutet. Von der Vorrichtung ist nur ein Ausschnitt gezeichnet. Quer durch die erste Kammer 2 erstrecken sich Teilkammern bzw. Querkanäle 4, die durch rohrförmige Wände 6 mit (nicht gezeigten) Löchern begrenzt sind. Über die gelochten

rohrförmigen Wände 6 ist eine elastische Membran 7 gespannt, die für das Gas G durchlässig ist und für die Flüssigkeit F undurchlässig ist. Die Strömungsrichtung des Gases G für den Fall des Begasens der Flüssigkeit F ist durch die jeweiligen zwölf Pfeile P2 an jedem gelochten Rohr 6 angedeutet. Die hier gezeigte Vorrichtung kann auch zum Entgasen verwendet werden. Für den Fall des Entgasens wäre die Richtung der Pfeile P2 umgekehrt.

In der Praxis können entlang der Strömungsrichtung P1 stromauf und stromab von dem dargestellten Ausschnitt sowie quer zur Strömungsrichtung P1 links und rechts von dem dargestellten Ausschnitt noch weitere Teilkammern bzw. Querkanäle 2 angeordnet sein.

Das Gehäuse der ersten Kammer 2 sowie die Rohre der Querkanäle 4 können aus Metall, insbesondere aus Edelstahl oder eloxiertem Aluminium, oder aus einem Polymer, insbesondere aus Polyester, z.B. Polyethylenterephthalat, oder aus Polycarbonat bestehen.

Die gasdurchlässige Membran (nicht gesondert dargestellt) ist eine für Gasmoleküle wie O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> durchlässige Polymermembran, die auf einem porösen Trägermaterial (nicht gesondert dargestellt) aufgetragen und mit diesem verbunden ist. Ihre effektive Porengrösse liegt im Bereich von 0.1 nm bis 10 nm, während das Trägermaterial eine viel grössere effektive Porengrösse hat. Die Grösse der „Poren“ des Trägermaterials ist zweckmässigerweise ein Vielfaches der effektiven Porengrösse der Membran und liegt vorzugsweise im Bereich von 0.1 µm bis 10 µm. Dadurch wird gewährleistet, dass grosse Moleküle, wie z.B. Fettmoleküle oder Zuckermoleküle von Lebensmittelmassen, oder zur Agglomeration (Clusterbildung) neigende Wassermoleküle die Membran nicht passieren können, während die kleinen, nicht agglomerierten Gasmoleküle die Membran 7 leicht passieren können.

Als Material für die gasdurchlässige Membran kann eines der folgenden Polymere verwendet werden: Cellulose-Acetat (CA), Cellulose-Nitrat (CN), Cellulose-Ester (CE), Polysulfon (PS), Polyethersulfon (PES), Polyacrylnitril (PAN), Polyamid (PA), Polyimid (PI), Polyethylen (PE), Polypropylen (PP), Polytetrafluorethylen (PTFE), Polyvinylidenfluorid (PVDF), Polyvinylchlorid (PVC), Polyurethan (PU). Besonders bevorzugt als gasdurchlässiges Membranmaterial sind PS (abweisende Oberfläche)

und PU (hohe Dehnbarkeit). Die Dicke der gasdurchlässigen Membran beträgt ca. 100  $\mu\text{m}$ .

Als Trägermaterial zur Stabilisierung der gasdurchlässigen Membran kann ein Vliesmaterial, ein Textilmaterial, z.B. aus Polyester, oder ein anderes poröses, aber elastisch dehnbares Material verwendet werden, dessen effektive Porengrösse viel grösser als die effektive Porengrösse der nur gasdurchlässigen Membran ist.

Die elastische Membran 7 ist ein schlauchartiges Gebilde und kann in gedehntem Zustand auf die rohrförmigen Wände 6 der Querkanäle 4 aufgezogen werden.

Die wesentlichen Betriebsparameter für die Begasung und Entgasung der Flüssigkeit F mit Gas G sind: effektive Porengrösse der Membran 7, Druckdifferenz zwischen der flüssigkeitsführenden ersten Kammer 2 und der gasführenden zweiten Kammer 4, Strömungsgeschwindigkeit der Flüssigkeit F, Temperatur/Viskosität der Flüssigkeit F, Querschnittsform der Querkanäle 4 (z.B. kreisförmig, linsenförmig, polygonförmig, insbesondere dreieckförmig oder sechseckförmig), Druckdifferenz-Amplitude und Frequenz der Pulsation des Gases G und/oder der Flüssigkeit F.

Bei der Begasung oder Entgasung von Flüssigkeiten, bei denen es sich um Flüssigkeiten mit in Wasser gelösten, in Wasser emulgierten oder in Wasser suspendierten Partikeln handelt oder bei denen es sich um Flüssigkeiten mit in Fett oder Öl gelösten, in Fett oder Öl emulgierten oder in Fett oder Öl suspendierten Partikeln handelt, treten Betriebstemperaturen von ca. 10°C bis ca. 100°C auf. Bei diesen Temperaturen sind die weiter oben genannten Polymermaterialien stabil und eignen sich deshalb für die Begasung und/oder Entgasung in derartigen Flüssigkeiten.

In Fig. 2 ist das erste Ausführungsbeispiel der erfindungsgemässen Vorrichtung als Schnittzeichnung der Vorrichtung gezeigt. Fig. 2 zeigt einen parallel zur vorherrschenden Strömungsrichtung der Flüssigkeit F verlaufenden Schnitt der Vorrichtung zum Mischen und Austauschen von Fluiden, insbesondere zum Begasen oder Entgasen der Flüssigkeit F mit einem Gas G. Die Schnittebene (Zeichnungsebene) verläuft parallel zur vorwiegenden bzw. vorherrschenden Strömungsrichtung der Flüssigkeit F in der ersten Kammer 2.

Am stromaufseitigen Ende hat die Vorrichtung einen Einlass 11, der in die erste Kammer 2 mündet. Am stromabseitigen Ende hat die Vorrichtung einen Auslass 12, der aus der ersten Kammer 2 heraus mündet. Diese Strömungsrichtung ist durch die mäandrierenden dicken Linien mit Pfeilen P1 angedeutet. Quer durch die erste Kammer 2 und quer zur Strömungsrichtung der Flüssigkeit F erstrecken sich die Teilkammern bzw. Querkanäle 4, die durch die rohrförmige Wände 6 begrenzt sind. Diese Wände sind mit abwechselnd hellen und dunklen Bereichen schematisch dargestellt, wobei die hellen Bereiche die relativ grossen Löcher der dunkel dargestellten Wand darstellen. Über die gelochten rohrförmigen Wände 6 ist die elastische Membran 7 gespannt, die für das Gas G durchlässig ist und für die Flüssigkeit F undurchlässig ist. Das im Innern der Querkanäle 4 strömende Gas G tritt durch die Wand 6 und die darüber gespannte Membran 7 hindurch und gelangt so in die in der Kammer 2 strömende Flüssigkeit F.

In Fig. 3 ist ein zweites Ausführungsbeispiel der erfindungsgemässen Vorrichtung als Schnittzeichnung der Vorrichtung gezeigt. Fig. 3 zeigt einen parallel zur vorherrschenden Strömungsrichtung der Flüssigkeit F verlaufenden Schnitt der Vorrichtung zum Mischen und Austauschen von Fluiden, insbesondere zum Begasen oder Entgasen der Flüssigkeit F mit einem Gas G. Die Elemente der Fig. 3, die Elementen der Fig. 2 entsprechen oder zu diesen identisch sind, tragen dieselben Bezugszeichen wie in Fig. 2, sind aber mit einem Strich versehen. Die Schnittebene (Zeichnungsebene) verläuft parallel zur vorwiegenden bzw. vorherrschenden Strömungsrichtung der Flüssigkeit F in der ersten Kammer 2'.

Am stromaufseitigen Ende hat die Vorrichtung einen Einlass 11', der in die erste Kammer 2' mündet. Am stromabseitigen Ende hat die Vorrichtung einen Auslass 12', der aus der ersten Kammer 2' heraus mündet. Am stromaufseitigen Ende hat die Vorrichtung einen ersten Verteiler 13, der in Querkammern bzw. Nebenkammern 4' mündet. Am stromabseitigen Ende hat die Vorrichtung einen zweiten Verteiler 14, der aus den Querkammern 4' heraus mündet. Die Strömungsrichtung der Flüssigkeit F ist durch die Pfeile P1' angedeutet. Quer durch die erste Kammer 2' und quer zur Strömungsrichtung der Flüssigkeit F erstrecken sich Teilkammern bzw. Querkanäle 4', die durch zickzackförmig verlaufende Wände 6' begrenzt sind. Diese Wände sind mit abwechselnd hellen und dunklen Bereichen schematisch dargestellt, wobei die hellen Bereiche die relativ grossen Löcher der dunkel dargestellten Wand darstellen.

Über die gelochten zickzackförmigen Wände 6' ist eine elastische Membran 7' gespannt oder an vereinzeltten Punkten der Wände 6' befestigt, die für das Gas G durchlässig ist und für die Flüssigkeit F undurchlässig ist. Das im Innern der Querkanäle 4' strömende Gas G tritt durch die Wand 6' und die darüber angeordnete Membran 7' hindurch und gelangt so in die in der Kammer 2' strömende Flüssigkeit F. Sowohl die Kammer 2', in der die Flüssigkeit strömt, als auch die Querkammern 4', in denen das Gas G strömt, haben eine zickzackförmige Geometrie.

Das in Fig. 3 gezeigte zweite Ausführungsbeispiel ermöglicht für eine gegebene Strömungsrichtung der Flüssigkeit F in der ersten Kammer 2' eine Gegenstrombegasung oder eine Gleichstrombegasung mit dem Gas G. Selbstverständlich ist auch hier eine Querbegasung wie bei dem ersten Ausführungsbeispiel möglich, wenn man den ersten Verteiler 13 und den zweiten Verteiler 14 links bzw. rechts von der Kammer 2' (d.h. in Fig. 3 oberhalb bzw. unterhalb der Schnitt/Zeichnungs-Ebene) anordnet.

In Fig. 4 ist ein vergrößerter Ausschnitt des Details C von Fig. 3 gezeigt. Insbesondere erkennt man hier den Verteiler 13, der mit den Nebenkammern 4' kommuniziert.

## **Ansprüche**

1. Vorrichtung zum Mischen und Austauschen von Fluiden, mit einer ersten Kammer (2) und einer an die erste Kammer angrenzenden zweiten Kammer (4), wobei die erste Kammer (2) eine von mindestens einem ersten Fluid (F) und einem zweiten Fluid (G) in einer Mischfluid-Strömungsrichtung durchströmbare Mischkammer mit statischen Mischelementen (6) ist und die zweite Kammer (4) eine von dem zweiten Fluid (G) durchströmbare Fluidzufuhrkammer oder Fluidabfuhrkammer ist, wobei zumindest in Teilen des Grenzbereichs zwischen dem Volumen der ersten Kammer (2) und dem Volumen der zweiten Kammer (4) eine semipermeable Membran (7) angeordnet ist, die für Moleküle oder Molekül-Agglomerate des ersten Fluids (F) undurchlässig ist und für Moleküle oder Molekül-Agglomerate des zweiten Fluids (G) durchlässig ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Membran (7) aus einem Material besteht oder mit einem Material beschichtet ist, zu dem zumindest die Moleküle oder Molekül-Agglomerate eines der beiden Fluide (F) eine geringe Affinität aufweisen.

2. Vorrichtung zum Mischen und Austauschen von Fluiden, insbesondere gemäß Anspruch 1, mit einer ersten Kammer (2) und einer an die erste Kammer angrenzenden zweiten Kammer (4), wobei die erste Kammer eine von mindestens einem ersten Fluid (F) und einem zweiten Fluid (G) in einer Mischfluid-Strömungsrichtung durchströmbare Mischkammer mit statischen Mischelementen (6) ist und die zweite Kammer (4) eine von dem zweiten Fluid (G) durchströmbare Fluidzufuhrkammer oder Fluidabfuhrkammer ist, wobei zumindest in Teilen des Grenzbereichs zwischen dem Volumen der ersten Kammer (2) und dem Volumen der zweiten Kammer (4) eine semipermeable Membran (7) angeordnet ist, die für Moleküle oder Molekül-Agglomerate des ersten Fluids (F) undurchlässig ist und für Moleküle oder Molekül-Agglomerate des zweiten Fluids (G) durchlässig ist, dadurch gekennzeichnet, dass die semipermeable Membran (7) eine elastische Membran ist, die auf eine mit einer Vielzahl von Löchern versehene Stützwand (6) aufgespannt ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die semipermeable Membran eine hydrophobierte (wasserabweisende) Membran ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die semipermeable Membran eine oleophobierte (ölabweisende) Membran ist.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Stützwand kreisförmige Löcher aufweist.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Stützwand schlitzförmige Löcher aufweist.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Kammer innerhalb der Vorrichtung ein kontinuierliches (zusammenhängendes) Mischkammervolumen begrenzt, und dass die zweite Kammer innerhalb der Vorrichtung durch separate (voneinander gesonderte) Teilkammern mit einem jeweiligen Teilvolumen der Fluidzufuhrkammer oder Fluidabfuhrkammer gebildet ist, wobei die Teilkammern stromaufseitig von der Vorrichtung in eine Fluidzufuhr-Sammelleitung münden und stromabseitig von der Vorrichtung in eine Fluidabfuhr-Sammelleitung münden.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Teilkammern der zweiten Kammer sich quer zur Mischfluid-Strömungsrichtung der ersten Kammer erstreckende Querkanäle sind, deren Kanalwände eine mit einer Vielzahl von Löchern versehene Stützwand sowie eine auf die Stützwand aufgespannte elastische Membran als semipermeable Membran aufweisen.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass sie voneinander beabstandete Querkanäle mit kreisförmigem Kanalquerschnitt aufweist.
10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass sie voneinander beabstandete Querkanäle mit polygonförmigem Kanalquerschnitt aufweist.
11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Querkanäle parallel zueinander verlaufen.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine erste Vielzahl von Querkanälen mit einer ersten Kanal-Querschnittsfläche aufweist und eine zweite Vielzahl von Querkanälen mit einer zweiten Kanal-Querschnittsfläche aufweist.

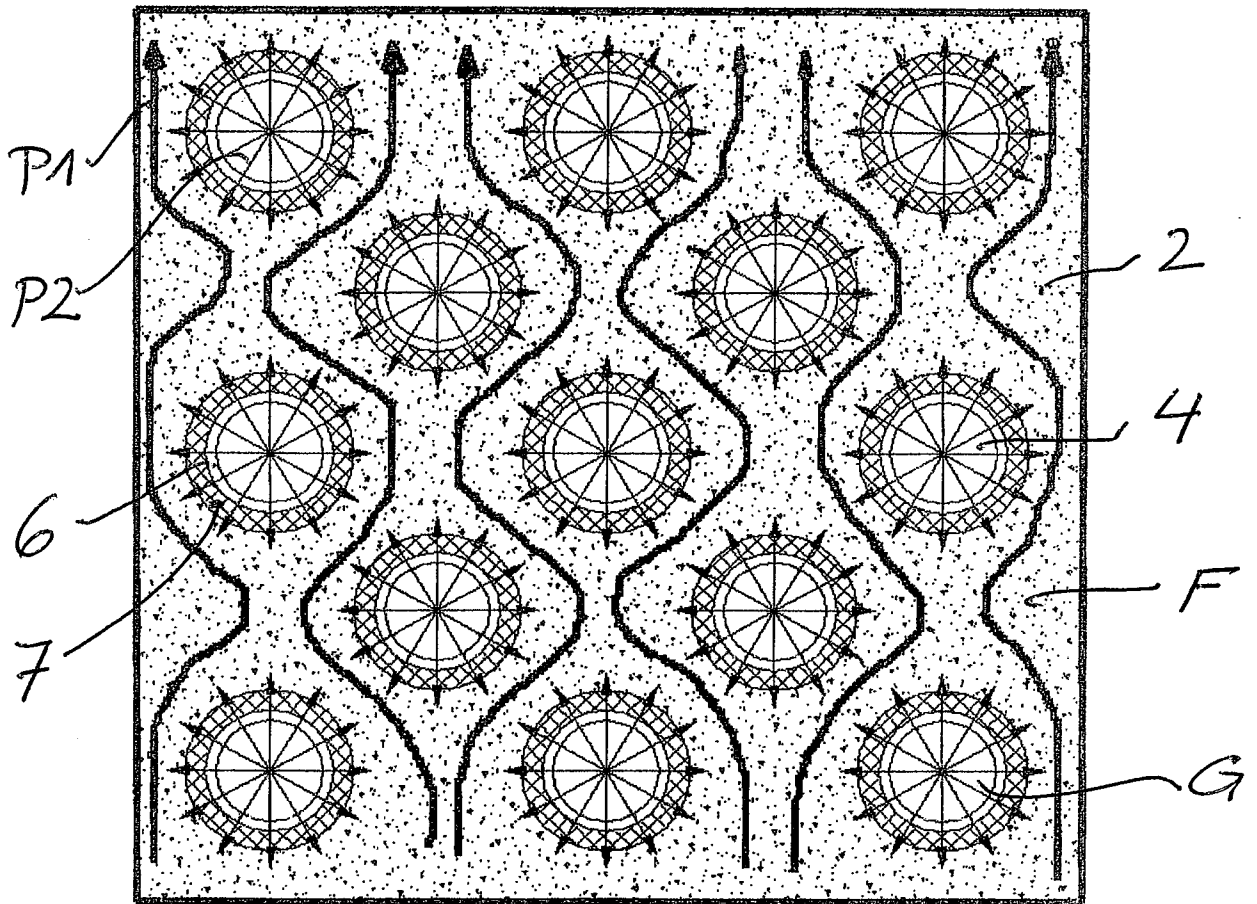
13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Querkanäle der ersten Vielzahl von Querkanälen und der zweiten Vielzahl von Querkanälen in der ersten Kammer gleichmässig verteilt angeordnet sind.
14. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis zwischen einer zweiten Kanal-Querschnittsfläche und einer ersten Kanal-Querschnittsfläche im Bereich von  $1/10$  bis  $5/10$  liegt.
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass mit der ersten Kammer oder mit der zweiten Kammer eine Druckquelle in Fluidverbindung steht, die einen veränderlichen Druck erzeugen kann.
16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Querkanäle im Bereich ihres jeweiligen ersten Endes an einem ersten Träger (z.B. erste Wandplatte) befestigt sind und sich durch diesen hindurch erstrecken, wobei der erste Träger und die Querkanäle zusammen eine erste Baugruppe der Vorrichtung bilden.
17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Querkanäle der ersten Baugruppe im Bereich ihres jeweiligen zweiten Endes sich durch Öffnungen in einem zweiten Träger (z.B. zweite Wandplatte) hindurch erstrecken, wobei der zweite Träger zusammen mit weiteren Wänden der ersten Kammer eine zweite Baugruppe der Vorrichtung bilden.
18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Querkanäle die statischen Mischelemente der ersten Kammer bilden.
19. Verfahren zum Mischen und Austauschen von Fluiden unter Verwendung einer Vorrichtung gemäss einem der Ansprüche 1 bis 18, wobei ein erstes Fluid und ein zweites Fluid durch die erste Kammer (Mischkammer) hindurch gefördert wird und das zweite Fluid durch die zweite Kammer hindurch gefördert wird.
20. Verfahren nach Anspruch 19 zum Begasen einer Flüssigkeit, dadurch gekennzeichnet, dass durch die erste Kammer ein Flüssigkeit-Gas-Gemisch geleitet wird und durch die zweite Kammer das Gas geleitet wird, dessen Druck grösser ist als der Druck des Flüssigkeit-Gas-Gemisches in der ersten Kammer.

21. Verfahren nach Anspruch 19 zum Entgasen einer Flüssigkeit, dadurch gekennzeichnet, dass durch die erste Kammer ein Flüssigkeit-Gas-Gemisch geleitet wird und durch die zweite Kammer das Gas geleitet wird, dessen Druck kleiner ist als der Druck des Flüssigkeit-Gas-Gemisches in der ersten Kammer.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass während des Begasens oder Entgasens der Druck in der ersten Kammer oder der Druck in der zweiten Kammer gepulst wird.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 22 unter Verwendung einer Vorrichtung gemäss Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Flüssigkeit in Wasser gelöste, in Wasser emulgierte oder in Wasser suspendierte Stoffe aufweist.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 22 unter Verwendung einer Vorrichtung gemäss Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Flüssigkeit in Fett oder Öl gelöste, in Fett oder Öl emulgierte oder in Fett oder Öl suspendierte Stoffe aufweist.



**Fig. 1**

Fig. 2

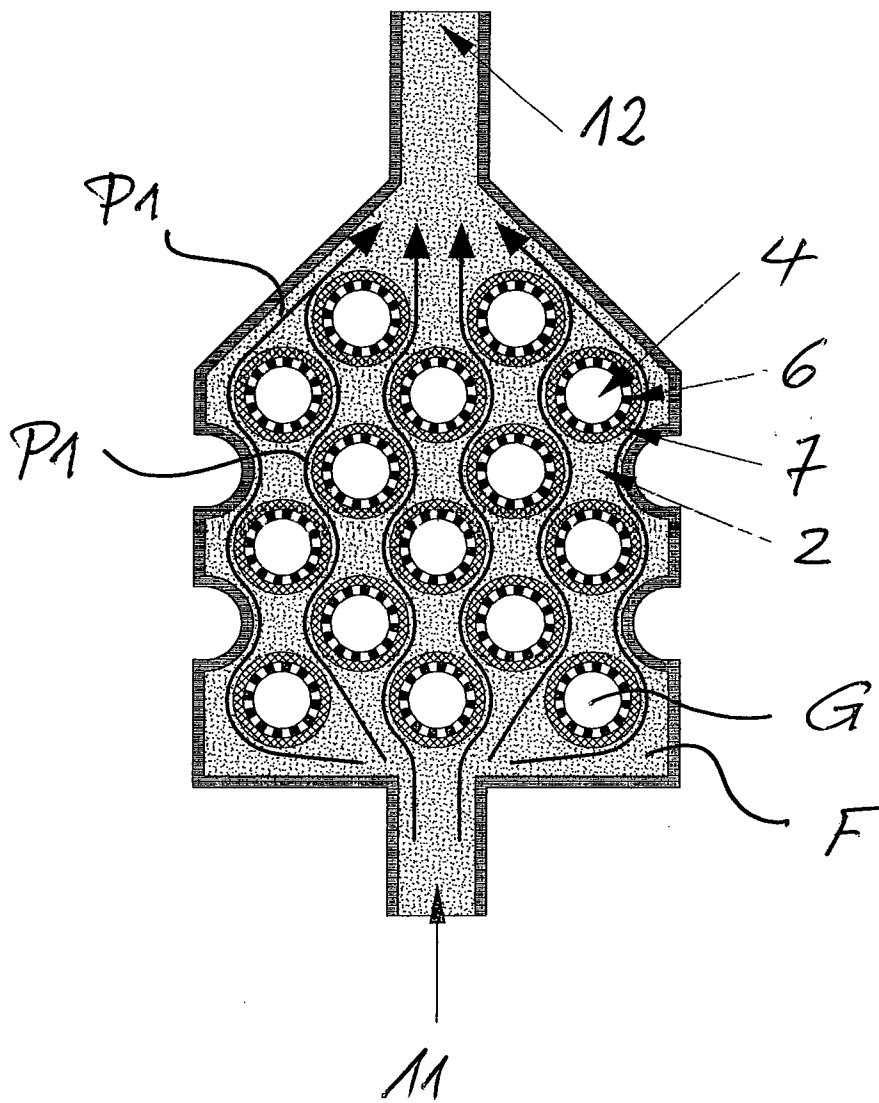
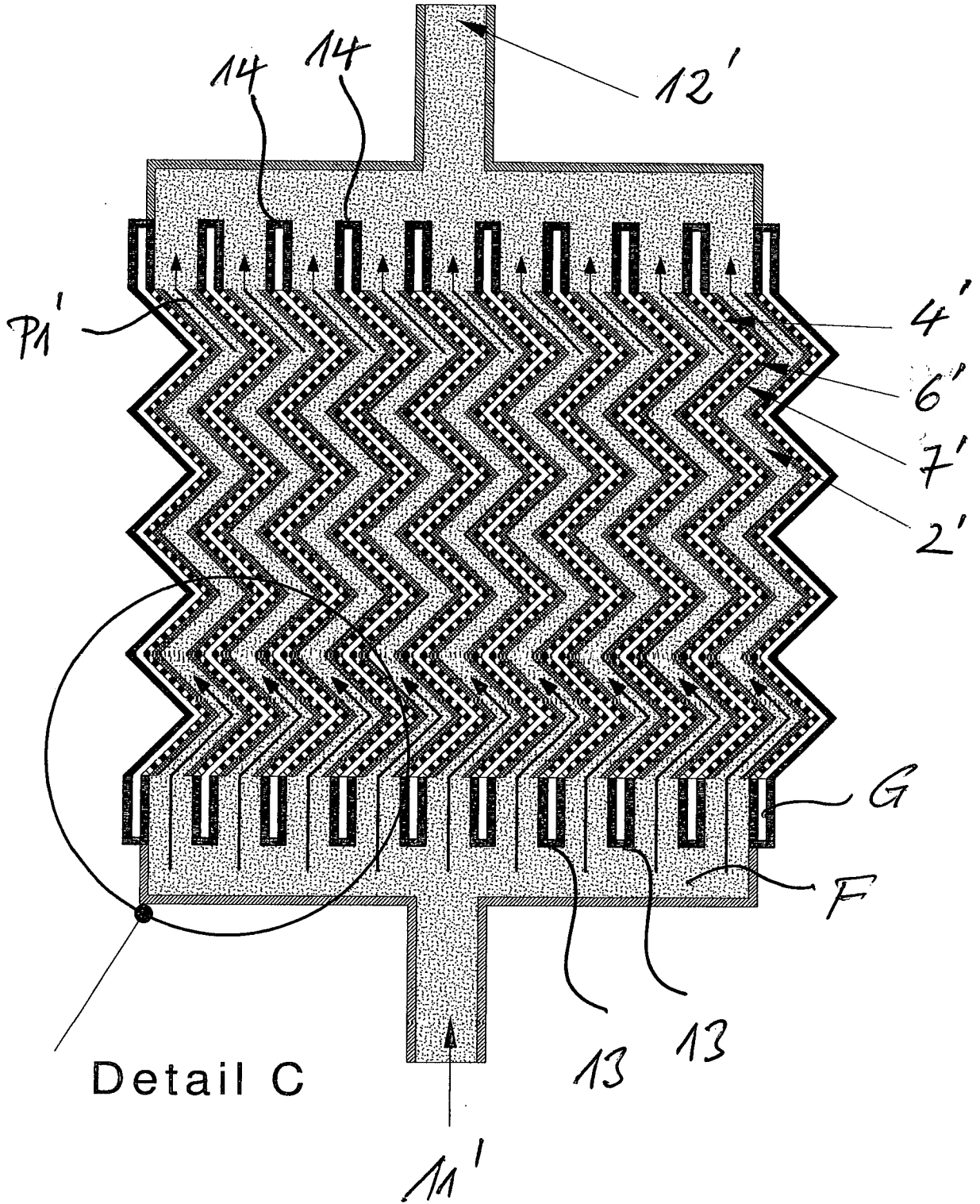


Fig. 3



# Detail C

