

(19)



Deutsches
Patent- und Markenamt



(10) **DE 10 2009 012 347 A1** 2010.09.16

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2009 012 347.4**

(22) Anmeldetag: **09.03.2009**

(43) Offenlegungstag: **16.09.2010**

(51) Int Cl.⁸: **B01D 63/00** (2006.01)
A61M 1/14 (2006.01)

(71) Anmelder:

**Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung e.V., 80686 München, DE**

(74) Vertreter:

**Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, 82049
Pullach**

(72) Erfinder:

**Herz, Markus, 80336 München, DE; Richter, Martin,
Dr., 81677 München, DE; Sutter, Manuel, 80805
München, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

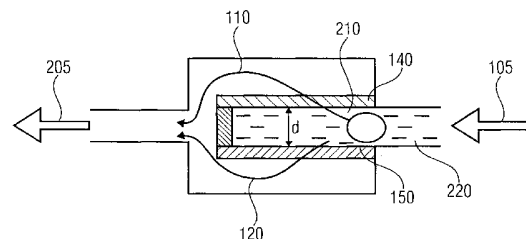
DE	19 49 038	A
US	74 22 565	B2
US	59 89 318	A
US	51 90 524	A
US	43 02 223	A
US	35 23 408	A
EP	0 489 403	A2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Filteranordnung und ein Verfahren zur Herstellung einer Filteranordnung**

(57) Zusammenfassung: Eine Filteranordnung weist einen Einströmweg (105), einen ersten Ausströmweg (110) und einen zweiten Ausströmweg (120) auf. Ferner weist die Filteranordnung einen hydrophoben Membranfilter (140) zwischen dem Einströmweg (105) und dem ersten Ausströmweg (110) und einen hydrophilen Membranfilter (150) zwischen dem Einströmweg (105) und dem zweiten Ausströmweg (120) auf. Die Filteranordnung ist dadurch gekennzeichnet, dass sich zumindest ein Abschnitt des hydrophoben Membranfilters (140) und des hydrophilen Membranfilters (150) mit einem Abstand (d) von nicht mehr als 1 mm gegenüberliegen, so dass eine Gasblase (210), die sich mit einem in dem Einströmweg (105) strömenden Mediums (220) bewegt, während der Bewegung in Kontakt mit dem hydrophoben Membranfilter (140) kommt.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Filteranordnung und ein Verfahren zur Herstellung einer Filteranordnung und insbesondere auf einen blasentoleranten Partikelfilter.

[0002] Im Zuge fortschreitender Miniaturisierung gewinnen Mikropumpen zunehmend an Bedeutung. Mikropumpen benötigen im praktischen Einsatz häufig einen Partikelfilter am Einlass der Mikropumpe, da ansonsten Partikel in der Pumpenkammer Leckraten an den Mikroventilen der Mikropumpe verursachen können oder der Partikel die Bewegung einer Pumpenmembran behindern könnte. Das kann letztendlich zum Ausfall der Pumpe führen.

[0003] Im Gegensatz zu Partikel sind die meisten Mikropumpen heutzutage tolerant gegenüber Gasblasen (blasentolerant), so dass Gasblasen nicht separiert zu werden brauchen. Es können dabei verschiedene Gase in Frage kommen, wobei im einfachsten Fall Luftblasen vorkommen.

[0004] Filter, egal ob hydrophob (flüssigkeitsabweisend) oder hydrophil (flüssigkeitsanziehend) benötigen häufig einen hohen Druck, um eine Gasblase durch einen benetzten Filter führen zu können. Dies trifft insbesondere bei hydrophilen Filtern zu. Ein hoher Druck ist häufig ebenfalls erforderlich, um beispielsweise einen Flüssigkeitstropfen durch einen hydrophoben Filter zu führen. Der dazu erforderliche erhöhte Druck ist jedoch nachteilig hinsichtlich des Flusswiderstandes. Besonders für Mikropumpen sollte der Flusswiderstand daher durch den Filter möglichst wenig beeinflusst werden.

[0005] In der Mikrofluidik werden Flüssigkeiten durch Mikropumpen gepumpt und zur Vermeidung von Kontaminationen der Mikropumpe mit Partikeln werden vor dem Einlass der Mikropumpe meist hydrophile Filter verwendet. Wird jedoch eine Gasblase an den benetzten hydrophilen Filtern durch die Mikropumpe angesaugt, wird der Filter durch die Gasblase blockiert. Mikropumpen sind jedoch häufig nicht in der Lage, die hohen Saugleistungen zu erzeugen, die nötig wären, um die Luftblase durch den Filter zu saugen. Die erforderlichen Saugleistung (oder Saugdruck) kann beispielsweise bis zu einem Bar betragen. Als Konsequenz kann das System vollkommen ausfallen.

[0006] Es ist in der Mikrofluidik für den sehr häufigen Fall, dass nur kleine Systemdrücke auftreten (wie z. B. bei den so genannten Lab-on-Chip-Anwendungen, bei Mikropumpen etc.) ein generelles und fast prinzipielles Problem, dass einerseits die Verwendung von Partikelfiltern notwendig ist, andererseits aber Gasblasen diese Filter mit einem sehr hohen Druck blockieren können. Der sehr hohe Druck entsteht beispielsweise wegen der geringen Porengröße der verwendeten Filter und wird umso größer je kleiner die Partikel sind, die herausgefiltert werden sollen. Da Mikropumpen sehr klein sind, ist es wichtig auch sehr kleine Partikel herauszufiltern. Damit die kleinen Partikel jedoch herausgefiltert werden könne, sollte die Porengröße auch sehr klein sein, was wiederum den erforderlichen Druck erhöht, um beispielsweise Gasblasen durch den Filter zu drücken. Die verwendeten Mikropumpen können allerdings nur einen begrenzten Druck aufbringen, der häufig nicht ausreicht, um die Gasblasen durch die sehr kleinen Poren des Filters hindurchzudrücken.

[0007] Konventionelle Filter weisen einen hydrophoben und hydrophilen Bereich auf und sind aus dem Stand der Technik bereits bekannt. US 2003/0042211 offenbart beispielsweise einen bekannten Filter, bei dem eine serielle Anordnung von hydrophobem und hydrophilem Material ausgebildet ist, um Blasen wie auch Partikel aus einer Flüssigkeit zu separieren. Bekannt sind weiterhin Filter, bei denen Gasblasen mit hydrophobem Material aus dem Strömungspfad an die Umgebungsluft entfernt werden können. Nachteil dieser Systeme ist jedoch, dass beim Betrieb mit einer Mikropumpe an der Saugseite aus der Umgebung Luftblasen durch das hydrophobe Material in das System gesaugt werden können. Ein weiterer konventioneller Filter ist in US 5,997,263 beschrieben, um Blasen, die im Filter an bestimmten Stellen hängen geblieben sein können, zu entfernen bzw. zu vermeiden. Die beschriebene Filteranordnung ist jedoch ein eindimensionaler Filter und hat dementsprechend einen wesentlich höheren Flusswiderstand als ein zweidimensionaler flächiger Filter. Ferner sind bei diesem als Wall ausgebildeten eindimensionalen Filter entlang der Filterlinie unterschiedliche hydrophobe und hydrophile Bereiche ausgebildet, wobei jedoch der Kanaldeckel als Ganzes entweder hydrophob oder hydrophil ist. Das führt ebenfalls zu einer Erhöhung des Flusswiderstandes führen wird.

[0008] Weitere blasentolerante Partikelfilter sind in US 4278084 und in GB 1510072 beschrieben und dienen der künstlichen Ernährung. Bei beiden Filtern ist es jedoch erforderlich, sie derart zu orientieren, dass der hydrophobe Abschnitt vertikal über dem hydrophilen liegt, so dass aufsteigende Luftblasen sich infolge der Schwerkraft zu dem hydrophoben Abschnitt bewegen. Erst dort können die Luftblasen den hydrophoben Filter passieren. Die „richtige“ Orientierung des Filters ist somit für die Funktionsweise des Filters unerlässlich. Ins-

besondere nach einer Drehung um 180° um ein horizontale Achse wird der Filter nicht bzw. deutlich schlechter funktionieren, da dies zu einer deutlichen Erhöhung des Flusswiderstandes führt.

[0009] Ausgehend von diesem Stand der Technik stellt sich somit für die vorliegende Erfindung die Aufgabe, eine Filteranordnung bereitzustellen, die Partikel aus einem Medium mit Gasblasen filtert, ohne dass die Gasblasen zu einer Erhöhung des Strömungswiderstandes führen und zwar unabhängig von der Orientierung der Filteranordnung.

[0010] Diese Aufgabe wird durch eine Filteranordnung nach Anspruch 1, einer Mikropumpe nach Anspruch 12 und ein Verfahren zur Herstellung einer Filteranordnung nach Anspruch 14 gelöst.

[0011] Der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass eine Filteranordnung sowohl einen hydrophilen Membranfilter als auch einen hydrophoben Membranfilter aufweist und der Einströmweg des zu filternden Mediums aufgespalten wird in einen ersten Ausströmweg und einen zweiten Ausströmweg. Die Anordnung der hydrophoben und hydrophilen Membranfilter ist dabei dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Abschnitt des hydrophoben Membranfilters und ein Abschnitt des hydrophilen Membranfilters mit einem Abstand von nicht mehr als 1 mm oder nicht mehr als 200 µm gegenüberliegen. Eine Gasblase, die sich mit dem in dem Einströmweg strömenden Medium bewegt, kommt somit während der Bewegung in Kontakt mit dem hydrophoben Membranfilter. Als Konsequenz kann die Gasblase den hydrophoben Membranfilter leicht passieren und es kommt dadurch nicht zu einem Stau von sich sammelnden Gasblasen vor einem Membranfilter.

[0012] Bei dieser Filteranordnung kann es somit unabhängig von der räumlichen Orientierung der Filteranordnung nicht dazu kommen, dass Gasblasen sich an einer Stelle des Filters sammeln und sich dort stauen (zur Ruhe kommen) und erst nach und nach durch den Filter gedrückt werden. Die Gasblasen kommen vielmehr während ihrer Bewegung in Kontakt mit dem hydrophoben Filterabschnitt und werden – ohne zu stoppen – durch den hydrophoben Filterabschnitt geleitet. Das Gegenüberliegen der Filterabschnitte kann dabei beispielsweise derart erreicht werden, dass die Filtermembranen flächenförmig ausgebildet sind und sich die hydrophoben und hydrophilen Abschnitte bezüglich ihrer Flächennormalen gegenüberliegen.

[0013] Durch den geringen Abstand der Abschnitte des hydrophoben und hydrophilen Membranfilters wird somit eine Filteranordnung bereitgestellt, die unabhängig von der Ausrichtung im Raum einen Partikelfilter schafft, der von Blasen leicht zu passieren ist, ohne dass sich der Flusswiderstand erhöht.

[0014] Der Grundidee der vorliegenden Erfindung folgend, wird somit ebenfalls ein Filterarrangement geschaffen, bei dem ein, zwei oder mehrere hydrophobe und hydrophile Filtermaterialien (Filterabschnitte) in Flussrichtung parallel angeordnet werden, wobei der geteilte Strömungspfad hinterher wieder zusammengeführt wird. Das Filterarrangement wird beispielsweise am Einlass (Saugseite) einer Pumpe angeordnet.

[0015] Bei weiteren Ausführungsbeispielen können beispielsweise die hydrophoben und hydrophilen Filterabschnitte flächenmäßig gegenüberliegend angeordnet sein, so dass der Maximalabstand von 1 mm sich auf alle Punkte der flächenmäßig angeordneten Filterabschnitte bezieht. Bei weiteren Ausführungsbeispielen können die flächenmäßig ausgebildeten hydrophoben und hydrophilen Membranfilter in Form eines Keiles an einer Seite spitz zusammenlaufen, so dass sich der Maximalabstand von 1 mm lediglich auf einen Teil des Keiles bezieht. Damit ist ebenfalls sichergestellt, dass Luftblasen, die sich in dem Medium befinden, mit zunehmendem Eindringen in den Keil, mit dem hydrophoben Membranfilter in Kontakt geraten und diesen dann leicht passieren können, ohne dass sie sich zunächst aufstauen.

[0016] Bei weiteren Ausführungsbeispielen kann anstatt des Keils der hydrophobe und hydrophile Membranfilter auch kegelförmig zueinander angeordnet werden. Die Kegelspitze des Kegels befindet sich stromabwärts, so dass die hydrophoben und hydrophilen Membranfilterabschnitte beispielsweise halbkreisförmig (in der Querschnittsebene senkrecht zur Flussrichtung) ausgebildet sind und jeweils einen Teil der Kegeloberfläche bilden. Auch bei diesem Ausführungsbeispiel bewegt sich eine Luftblase in Richtung der Kegelspitze in den Kegel hinein und kann während der Bewegung mit dem hydrophoben Membranfilter in Kontakt geraten. Spätestens an der Kegelspitze, an der beispielsweise der hydrophobe und der hydrophile Membranfilter zusammenlaufen – wobei sie sich nicht berühren brauchen – wird der Maximalabstand von 1 mm erreicht, so dass dann die Luftblase, ohne wiederum in ihrer Bewegung unterbrochen zu werden, mit dem hydrophoben Membranfilter in Kontakt gerät und diesen leicht passieren kann.

[0017] Bei weiteren Ausführungsbeispielen ist es ebenfalls möglich, dass mehrere hydrophobe und hydrophi-

le Membranfilterabschnitte ausgebildet sind, wobei sich der Maximalabstand auf jeweils ein Paar gegenüberliegend angeordneter hydrophober und hydrophiler Membranfilterabschnitte bezieht. Wenn die Membranfilteranordnung eine Kegeloberfläche bildet, können hydrophobe und hydrophile Abschnitte beispielsweise streifenförmig ausgebildet sein. Die Luftblase gelangt dann während ihrer Bewegung mit dem Medium in Kontakt zu zumindest einem hydrophoben Filterabschnitt. Dabei ist es naheliegend, die hydrophoben und hydrophilen Filterabschnitte derart anzuordnen, dass unabhängig von der räumlichen Orientierung der Filteranordnung, eine Luftblase in Kontakt mit den hydrophoben Filterabschnitten gelangt (weitere Details siehe unten).

[0018] Ausführungsbeispiele sind somit vorteilhaft für die Verwendung von Mikropumpen, die ihrerseits lediglich einen begrenzten Saugdruck erzeugen können, so dass die Filteranordnung in jedem Fall ein Aufstauen von Gasblasen verhindern soll und der Filter unabhängig von der Orientierung hinsichtlich der Schwerkraft einen nahezu konstanten Flusswiderstand aufweisen soll. Insbesondere wird bei Ausführungsbeispielen verhindert, dass aufsteigende Luftblasen in Folge der Schwerkraft in einen Filterabschnitt gelangen können, in welchem keine hydrophoben Bereiche ausgebildet sind. Ferner ist es vorteilhaft, dass in Folge der kleinen Abmessungen Kapillarkräfte ausgenutzt werden können, die die Flüssigkeit oder das Medium unabhängig von der Schwerkraft in den Filter hineinziehen können, so dass die Luftblase in Folge der Kapillarkräfte zu einem Abschnitt des hydrophoben Membranfilters geleitet wird. Vorteilhaft an Ausführungsbeispielen ist ebenfalls, dass die Pumpe keine Umgebungsluft ansaugt, da der geteilte Strömungspfad nach passieren der hydrophoben und hydrophilen Membranfilter sich hinterher wieder vereinigt und somit ein geschlossenes System aufweist.

[0019] Die Vorteile von Ausführungsbeispielen sind somit ein geringer Strömungswiderstand, der weitestgehend unabhängig von der räumlichen Orientierung ist. Darüber hinaus kann die Pumpe keine Umgebungsluft ansaugen, da sich der geteilte Strömungspfad nach dem Filtern wieder vereinigt. Gegebenenfalls vorhandene Blasen werden somit ohne merklichen Druckabfall durch das Filterarrangement geführt. Luftblasen werden nicht aus dem Medium entfernt, sondern können in dem Medium verbleiben.

[0020] Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend Bezug nehmend auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

[0021] Fig. 1 eine schematische Darstellung eines blasentoleranten Filters gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0022] Fig. 2 eine Darstellung zur Veranschaulichung des Blockierdrucks und der Kapillarkräfte;

[0023] Fig. 3 eine Querschnittsansicht durch eine Filteranordnung mit zueinander parallel angeordneten hydrophoben und hydrophilen Membranfiltern gemäß einem Ausführungsbeispiel;

[0024] Fig. 4 eine Querschnittsansicht mit keilförmig ausgebildeten hydrophilen und hydrophoben Membranfiltern gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel;

[0025] Fig. 5 eine weitere schematische Darstellung für eine kegelförmig ausgebildete Filteranordnung; und

[0026] Fig. 6a und Fig. 6b eine Filteranordnung mit mehreren hydrophoben und hydrophilen Membranfilterbereichen.

[0027] Bezüglich der nachfolgenden Beschreibung sollte beachtet werden, dass bei den unterschiedlichen Ausführungsbeispielen gleiche oder gleichwirkende Funktionselemente gleiche Bezugszeichen aufweisen und somit die Beschreibung dieser Funktionselemente in den verschiedenen Ausführungsbeispielen untereinander austauschbar sind.

[0028] Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung für eine Filteranordnung gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Die Filteranordnung weist einen Einströmweg **105**, einen ersten Ausströmweg **110** und einen zweiten Ausströmweg **120** auf. Ferner weist die Filteranordnung einen hydrophoben Membranfilter **140** zwischen dem Einströmweg **105** und dem ersten Ausströmweg **110** und außerdem einen hydrophilen Membranfilter **150** zwischen dem Einströmweg **105** und dem zweiten Ausströmweg **120** auf. Die Membranfilteranordnung ist dadurch gekennzeichnet, dass sich zumindest ein Abschnitt des hydrophoben Membranfilters **140** und des hydrophilen Membranfilters **150** mit einem Abstand d von nicht mehr als 1 mm gegenüberliegen, so dass eine Gasblase **210**, die sich mit einem in dem Einströmweg **105** strömenden Medium **220** bewegt, während der Bewegung in Kontakt mit dem hydrophoben Membranfilter **140** kommt. Eine eventuell vorhandene Gasblase **210** in dem einströmenden Medium **220** kann somit nicht die Filteranordnung blockie-

ren. Die Gasblase **210** passiert während der Bewegung den hydrophoben Membranfilter **140**. Beim Passieren des Mediums **220** mit der Luftblase **210** wird kein Blockierdruck messbar.

[0029] Zum besseren Verständnis der Funktionsweise ist es zunächst sinnvoll einige Begriffe näher zu beschreiben.

[0030] Fig. 2 gibt eine Veranschaulichung des Blockierdrucks und der wirkenden Kapillarkräfte. Es sind schematisch drei Phasen beim Passieren einer Luftblase durch einen hydrophilen Filter **150** gezeigt. In der ersten Phase (i) strömt zunächst das Medium **220** durch den hydrophilen Filter **150** ohne nennenswerten Blockierdruck. In der zweiten Phase (ii) kommt aus der Einströmrichtung **105** eine Gasblase **210**, so dass sich eine freie Oberfläche **215** an dem Medium **210** bildet. Das Medium **220** benetzt die Oberfläche des Filters mit einem Benetzungswinkel θ , der kleiner ist als 90° .

[0031] Damit ist das Material oder zumindest die Oberfläche des hydrophilen Filters **150** benetzend (das Medium oder die Flüssigkeit wird daran „hochgezogen“). Wenn der Benetzungswinkel θ größer als 90° wäre, würde dies die Oberfläche als flüssigkeitsabweisend (hydrophob) klassifizieren. Wenn der Benetzungswinkel, wie in der Fig. 2 gezeigt, kleiner als 90° ist, wird das Medium von der Oberfläche des hydrophilen Filters **150** entlanggezogen, so dass eine Kraft erforderlich ist, um die Flüssigkeit dann aus der Spalte zu entfernen. Die erforderliche Kraft ist dabei nichts anderes als die Kapillarkraft, mit der die Flüssigkeit in den Spalt bzw. in die Pore hineingezogen wird.

[0032] In der dritten Phase (iii) ist die Luftblase **210** bereits teilweise durch den hydrophilen Filter **150** hindurch gedrückt, so dass die freie Oberfläche **215** am hinteren Ausgang (in Flussrichtung) des hydrophilen Filters **150** erscheint.

[0033] Die Messung des Blockierdruckes wird häufig mit der so genannte Rubble-Point-Methode oder dem Rubble-Point-Test durchgeführt. Dieser Test ist auch als Blasendrucktest oder als Blasenpunktmessung bekannt und wird zur Qualitätsprüfung von Membranen verwendet. Die Poren der Membran, die beispielsweise eine Durchlassöffnung von ca. $0,22 \mu\text{m}$ bilden (z. B. bei steriler Filtration), werden mit dem Medium befüllt. Das Medium kann beispielsweise Wasser aufweisen und die Befüllung kann am einfachsten mittels Durchspülens des Filtersystems mit einem Druck geschehen. Für den Test wird das Membrangehäuse je nach Bauart am besten von der Permeatseite (bei Hohlfasermodule) langsam mit Druck beaufschlagt. Um das beispielhafte Wasser aus der Pore zu verdrängen, ist eine Kraft (Druckdifferenz der beiden Filterseiten) nötig. Diese Druckdifferenz ist vom Porendurchmesser l abhängig:

$$\Delta p = \frac{4\sigma \cdot \cos \theta}{l} , \quad (1)$$

wobei: Δp = Druckdifferenz, σ = Oberflächenspannung der Flüssigkeit (Wasser = $72,75 \text{ mN/m}$), θ = Benetzungswinkel, l = Porendurchmesser.

[0034] Um den Blasenpunkt zu ermitteln, wird der Druck auf den Filter erhöht. Im selben Moment, in dem ein kontinuierlicher Luftblasenaustritt zu erkennen ist, wird der Druck am Manometer abgelesen. Da die Oberflächenspannung, Benetzungswinkel und Druckdifferenz bekannt sind, kann man durch Umstellen der Gleichung beispielsweise die Größe der größten Pore der Membran errechnen und somit ihre Qualität der Membran feststellen. Nach der physikalischen Definition ist eine Oberfläche mit einem Kontaktwinkel θ kleiner als 90° wie gesagt hydrophil (benetzend), bei einem Kontaktwinkel von größer als 90° hydrophob (unbenetzbar). Wenn also der Kontaktwinkel θ kleiner als 90° ist ($\cos \theta > 0$), ergibt sich eine positive Druckdifferenz ($\Delta p > 0$).

[0035] Wenn beispielsweise eine runde Lochblende verwendet wird, wie sie beispielsweise in der Fig. 2 gezeigt ist und wenn sich freie Oberflächen infolge der Gasblase herausbilden, müssen Kapillarkräfte überwunden werden. Wird beispielsweise eine Lochblende mit einem Durchmesser D betrachtet, durch den dieser Meniskus bewegt werden soll, dann ist der minimale Krümmungsradius r des Meniskus gegeben als $r = D/2$ und unabhängig vom Benetzungswinkel eine Druckbarriere Δp_b zu überwinden:

$$\Delta p_b = \frac{2\sigma_{wa}}{r} = \frac{4\sigma_{wa}}{D} . \quad (2)$$

[0036] Bei einem Leitungsdurchmesser von beispielsweise $D = 100 \mu\text{m}$ und der Oberflächenspannung Luft-Wasser von $\sigma_{wa} = 0,075 \text{ N/m}$ ist eine Druckbarriere $\Delta p_b = 30 \text{ hPa}$, bei $D = 50 \mu\text{m}$ folgt $\Delta p_b = 60 \text{ hPa}$.

[0037] Bei einer Spaltblende gibt es nur eine Hauptkrümmungsebene und daher ist der Blockierdruck an einem Spalt der Höhe H genau halb so groß wie der Blockierdruck einer Lochblende mit einem Durchmesser $D = H$

$$\Delta p_b = \frac{\sigma_{wa}}{r} = \frac{2\sigma_{wa}}{H} \quad (3)$$

[0038] Bei einer Spalthöhe von beispielsweise $H = 100 \mu\text{m}$ und der Oberflächenspannung von Luft-Wasser von $\sigma_{wa} = 0,075 \text{ N/m}$ ist die Druckbarriere deshalb $\Delta p_b = 15 \text{ hPa}$, bei $H = 25 \mu\text{m}$ folgt $\Delta p_b = 30 \text{ hPa}$. Saugdrücke von bis zu 50 hPa können aber von den meisten Mikropumpen problemlos erzeugt werden.

[0039] Bei dem Blockierdruck von Filtern entspricht der Blendendurchmesser der Porengröße. Bei $5 \mu\text{m}$ Porengröße ist der Blockierdruck gemäß der Gleichung (2) in etwa 600 hPa , bei kleineren Porendurchmessern noch darüber. Saugdrücke von dieser Größenordnung können von den üblichen Mikropumpen allerdings nicht mehr erzeugt werden. Deshalb ist es gerade bei Mikropumpen enorm wichtig Gasblasen effizient durch den Filter zu leiten.

[0040] **Fig. 3** zeigt ein Ausführungsbeispiel für eine Filteranordnung, die in einem Gehäuse **300** angeordnet ist. Das Gehäuse **300** weist dabei einen Eingang für den Einströmweg **105** auf und einen Ausgang für einen (gemeinsamen) Ausströmweg **205** auf. In dem Gehäuse **300** ist der hydrophile Membranfilter **150** und der hydrophobe Membranfilter **140** derart gegenüberliegend angeordnet, dass sich zwischen dem hydrophilen Membranfilter **150** und dem hydrophoben Membranfilter **140** ein Spalt **160** ausbildet. In dem gezeigten Ausführungsbeispiel können der hydrophile Membranfilter **150** und der hydrophobe Membranfilter **140** beispielsweise flächenförmig ausgebildet sein, so dass sich die beiden flächenförmig ausgebildeten Filter gegenüberliegen und der Spalt **160** somit im Wesentlichen eine konstante Spaltweite d (konstanten Abstand) aufweist. Am Ende des Spaltes **160** kann beispielsweise eine Abschlusswand **310** vorgesehen sein, die mit dem hydrophilen oder dem hydrophoben Membranfilter **150**, **140** verbunden ist. Die Abschlusswand kann beispielsweise so ausgebildet sein, dass sich an der Abschlusswand **310** kein Stauraum/Sammelraum für Luftblasen **210** bilden kann.

[0041] Vorteilhafterweise ist die Spaltweite d derart bemessen, dass – abhängig vom Medium – Kapillarkräfte das Medium **220** in den Spalt hineinziehen und so den Flusswiderstand verringern.

[0042] Der Einströmweg **105** wird in der Filteranordnung in einen ersten Ausströmweg **110** und einen zweiten Ausströmweg **120** getrennt, die sich beide wieder zu einem gemeinsamen Ausströmweg **205** vereinen. Der erste Ausströmweg **110** passiert den hydrophoben Membranfilter **140** und der zweite Ausströmweg **120** passiert den hydrophilen Membranfilter **150**. Wenn das Medium **220** durch den Einströmweg **105** in die Filteranordnung in dem Gehäuse **300** einströmt, wird das Medium **220** durch den hydrophilen Membranfilter **150** strömen, da der hydrophobe Membranfilter **140** einen höheren Strömungswiderstand für das Medium darstellt.

[0043] Während des Betriebes kann es nun dazu kommen, dass sich entlang des ersten Ausströmweges **110** im oberen Bereich des Gehäuses **300** (entgegengesetzt zur Schwerkraft) eine Gasblase **210** ausbildet, die beispielsweise Luft aufweisen kann. Wenn nun weitere Gasblasen über das Medium **220** durch den Einströmweg **105** in die Filteranordnung hineingelangen, werden die weiteren Gasblasen über den ersten Ausströmweg **110** in den oberen Teil des Gehäuses **300** gelangen. Gleichzeitig wird ein Teil der sich dort befindlichen Luft oder Gases durch den gemeinsamen Ausströmweg **205** das Gehäuse **300** wieder verlassen. Somit können Gasblasen in dem Medium **220** die Filteranordnung passieren, ohne dass es zu einem Stau von Gasblasen vor einem Filter kommt.

[0044] **Fig. 4** zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel, bei dem der hydrophile Membranfilter **150** und der hydrophobe Membranfilter **140** beispielsweise wiederum flächenförmig angeordnet sind, wobei bei diesem Ausführungsbeispiel die beiden hydrophilen und hydrophoben Membranfilter **150**, **140** keilförmig angeordnet sind. Somit laufen die hydrophilen und der hydrophobe Membranfilter in eine Spitze **312** zusammen, so dass stromabwärts in Richtung zur Spitze **312** der Abstand zwischen dem hydrophilen Membranfilter **150** und dem hydrophoben Membranfilter **140** kontinuierlich abnimmt. Auch bei diesem Ausführungsbeispiel wird ein Medium, welches über den Einströmweg **105** in das beispielhafte Gehäuse **300** gelangt, in einen ersten Ausströmweg **110** und einen zweiten Ausströmweg **120** aufgeteilt, die sich wiederum nach Passieren der Filter zu einem gemeinsamen Ausströmweg **205** vereinen. Entlang des ersten Ausströmweges **110** liegt der hydrophobe Membranfilter, so dass sich Luftblasen, die beispielsweise in dem Medium **220** vorhanden sein können, über den hydrophoben Membranfilter **140** bewegen. Gleichzeitig wird das Medium **220** entlang des zweiten Ausströmweges **120** über den hydrophilen Membranfilter **150** zu dem gemeinsamen Ausströmweg **205** gelangen.

[0045] Senkrecht zur Zeichenebene der Fig. 4 können sich der hydrophobe Membranfilter und der hydrophile Membranfilter **150**, **140** flächenmäßig erstrecken, so dass sich die besagte keilförmige Anordnung ergibt. Dieses Ausführungsbeispiel hat den Vorteil, dass sich der Abstand zwischen dem hydrophilen und dem hydrophoben Membranfilter **150**, **140** kontinuierlich verringert, so dass sich auch sehr kleine Abstände zwischen dem hydrophilen und dem hydrophoben Membranfilter **150**, **140** realisieren lassen. Durch die sehr kleinen Abstände können dann gleichzeitig auch sehr kleine Luftblasen während der Bewegung in Kontakt mit dem hydrophoben Membranfilter **140** treten – ohne dass es zu einem Staueffekt kommt. Bei Kontakt der Gasblasen mit dem hydrophoben Membranfilter **140** kann sich oberhalb eine große Gasblase **210** bilden. Beispielsweise ist es möglich, dass der Abstand d nimmt beispielsweise von einem Wert von ungefähr $600\ \mu\text{m}$ kontinuierlich bis auf einen Wert von beispielsweise weniger als $10\ \mu\text{m}$ ab.

[0046] Die erhaltene keilförmige Anordnung kann bei weiteren Ausführungsbeispielen ebenfalls mit der parallelen Anordnung, wie sie in der Fig. 3 gezeigt ist, kombiniert werden, so dass beispielsweise zunächst der hydrophile Membranfilter **150** und der hydrophobe Membranfilter **140** flächenförmig parallel (gegenüberliegend) angeordnet sind und sich stromabwärts keilförmig, wie es in der Fig. 4 gezeigt ist, aufeinander zulaufen.

[0047] Fig. 5 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel, bei dem der hydrophile Membranfilter **150** und der hydrophobe Membranfilter **140** einen Kegel mit einer Kegelspitze **412** bilden, wobei die Stromrichtung des Mediums **220** von rechts nach links ist und die Kegelspitze **412** stromabwärts liegt. Der hydrophobe Membranfilter **140** und der hydrophile Membranfilter **150** sind innerhalb einer äußeren Umhüllung **400** angeordnet und daran fixiert. Die Umhüllung kann beispielsweise zylinderförmig sein, so dass die Fig. 5 eine Querschnittsansicht entlang der Zylinderlängsachse darstellt. Der hydrophobe Membranfilter **140** ist bei diesem Ausführungsbeispiel vertikal oberhalb (entgegengesetzt zum Gravitationsfeld) angeordnet und der hydrophile Membranfilter **140** vertikal darunter angeordnet. Somit werden Luftblasen **210**, die sich in dem Medium **220** befinden, stromabwärts in das Kegelinere geleitet und kommen in Kontakt mit dem hydrophoben Membranfilter **140**, den sie leicht über den ersten Ausströmweg **110** passieren können. Andererseits kann das Medium **220** den hydrophilen Membranfilter **150** in der vertikal darunter gelegenen Seite über den zweiten Ausströmweg **120** passieren.

[0048] Aus der Fig. 5 ist ebenfalls ersichtlich, dass der Abstand zwischen dem hydrophilen Membranfilter **150** und hydrophoben Membranfilter **140** kontinuierlich stromabwärts hin zur Kegelspitze **412** abnimmt. Somit können auch selbst kleinste Luftblasen **210**, die sich entlang des hydrophilen Membranfilters **150** stromabwärts bewegen, an der Kegelspitze **412** Kontakt zum hydrophoben Membranfilter **140** erlangen und diesen dort leicht passieren. Die Schnittlinie 6'-6 stellt die Querschnittslinie dar, auf die sich die Querschnittsdarstellung in der Fig. 6b bezieht.

[0049] Das in der Fig. 5 gezeigte Ausführungsbeispiel kann auch dadurch noch erweitert oder verbessert werden, dass Filtermaterialien verwendet werden, die abschnittsweise hydrophob/hydrophil gemacht werden und dann zu einem Keil zusammenlaufen, so dass auch kleinste Blasen in keinem Kontakt zu der hydrophoben Membran kommen und so den Filter passieren können.

[0050] Fig. 6a und Fig. 6b zeigen weitere Ausführungsbeispiele, bei denen der hydrophile Membranfilter **150** und der hydrophobe Membranfilter **140** mehrere Abschnitte aufweisen, die beispielsweise abwechselnd oder alternierend zueinander angeordnet sind.

[0051] Die Fig. 6a zeigt beispielsweise eine weitere Ausgestaltungsform der Filteranordnung, wie sie in der Fig. 3 gezeigt ist, wobei bei dem in der Fig. 6a gezeigten Ausführungsbeispiel der hydrophobe Membranfilter einen ersten Teil **140a** und einen zweiten Teil **140b** aufweist und ebenfalls der hydrophile Membranfilter **150** einen ersten Teil **150a** und einen zweiten Teil **150b** aufweist. Entlang der Stromrichtung von dem Einströmweg **105** zu dem Ausströmweg **205** sind dabei nacheinander alternierend hydrophile und hydrophobe Teile in Stromrichtung angeordnet. Im Vergleich zu dem in der Fig. 3 gezeigten Ausführungsbeispiel sind somit der hydrophile Membranfilter **150** (in der Fig. 3) durch einen ersten Teil des hydrophoben Membranabschnittes **140a** und einem zweiten Teil eines hydrophilen Membranabschnittes **150b**, die sich in Stromrichtung hintereinander befinden, ersetzt. Gleichzeitig ist der in der Fig. 3 gezeigte hydrophobe Membranfilter **140** durch einen ersten hydrophilen Abschnitt **150a** und einen zweiten hydrophoben Abschnitt **140b**, die sich wiederum in Stromrichtung hintereinander befinden, ersetzt. Somit sind in Stromrichtung zunächst ein hydrophiler und ein hydrophober Abschnitt **140a**, **150a** parallel gegenüberliegend angeordnet und stromabwärts daran anschließend ein zweiter hydrophober Abschnitt **140b** und ein zweiter hydrophiler Abschnitt **150b** parallel gegenüber angeordnet. Die hydrophilen und hydrophoben Abschnitte **150a**, **b** und **140a**, **b** können beispielsweise wiederum flächenförmig ausgebildet sein, so dass sich die Flächen parallel gegenüberliegen.

[0052] Das in der Fig. 6a gezeigte Ausführungsbeispiel hat dann den Vorteil, dass auch für sehr kleine Luftblasen, die sich beispielsweise vertikal entlang des oberen Kanalbereiches ausbreiten, unabhängig von der Ausrichtung der Filteranordnung Kontakt zu einem hydrophoben Membranabschnitt **140** bekommen. Die Reihenfolge der Abschnitte kann jedoch auch getauscht werden, so dass zunächst ein hydrophiler Abschnitt **150** und dann ein hydrophober Abschnitt **140** ausgebildet ist – so lange immer ein hydrophober Abschnitt **140** von einem hydrophilen Abschnitt **150** gefolgt wird oder diesem vorausgeht.

[0053] Bei weiteren Ausführungsbeispielen ist es ebenfalls möglich, dass der stromabwärts gelegene zweite hydrophile und hydrophobe Abschnitte **140b**, **150b** keilförmig zueinander ausgebildet sind, wie es beispielsweise in der Fig. 4 gezeigt ist. Damit ist es möglich, dass wiederum die Abschlusswand **310** überflüssig wird, wenn der hydrophobe zweite Abschnitt **140b** den hydrophilen zweiten Abschnitt **150b** berührt oder mit ihm verbunden ist.

[0054] Bei weiteren Ausführungsbeispielen ist es somit ebenfalls möglich, die parallele Anordnung von hydrophilen und hydrophoben Membranbereichen **150**, **140** zu kombinieren mit seriellen Anordnungen, d. h., dass die hydrophoben und hydrophilen Membranabschnitte **140**, **150** nicht parallel gegenüber angeordnet sind, sondern nebeneinander flächenförmig angeordnet sind, wie es beispielsweise in der Fig. 6a gezeigt ist.

[0055] Fig. 6b zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel für eine kegelförmige Ausgestaltung des hydrophilen und des hydrophoben Membranbereiches **150**, **140** wie es in der Fig. 5 gezeigt wurde. Es ist eine Querschnittsansicht senkrecht zur Flussrichtung, beispielsweise aus der Richtung des Einstromweges **105**, z. B. entlang der Schnittlinie 6-6' in der Fig. 5 genommen. Die Fig. 6b zeigt somit ein Ausführungsbeispiel, bei dem die Membranbereiche kegelförmig zusammengesetzt sind. Dabei weist die Filtermembran alternierend (z. B. in Uhrzeigersinn) einen hydrophilen und hydrophobe Abschnitte **150**, **140** auf, wobei beispielsweise ein erster hydrophiler Membranbereich **150a** von einem ersten hydrophoben Membranbereich **140a** gefolgt wird und daran anschließend wieder ein zweiter hydrophober Membranbereich **150b** von einem zweiten hydrophilen Membranbereich **140b** gefolgt wird. Diese alternierende Anordnung setzt sich so lange fort, bis die gesamte Kegelfläche streifenförmig, wie in der Fig. 6b gezeigt ist, von hydrophilen und hydrophoben Membranbereichen **150**, **140** gebildet wird. Die hydrophilen und die hydrophoben Membranbereiche **150**, **140** laufen dabei alle bis zur Kegelspitze **412** zu, wo alle zusammentreffen oder miteinander verbunden werden.

[0056] Eine sich stromabwärts bewegende Luftblase **210** gelangt somit immer während ihrer Bewegung in Kontakt mit einem hydrophoben Membranbereich **140**. Bei größeren Luftblasen, erfolgt die Kontaktierung mit dem hydrophoben Kanalbereich im Allgemeinen bereits früher als für sehr kleine Luftblasen, bei denen es vorkommen kann, dass sie sich bis hin zur Spitze des Kegels **412** bewegen, um erst dort Kontakt mit einem hydrophoben Membranabschnitt **140** zu bekommen. Damit weist auch dieses Ausführungsbeispiel den Vorteil auf, dass die Luftblasen **210** entlang ihrer Bewegung unabhängig davon, wie die Schwerkraft wirkt, früher oder später Kontakt mit einem hydrophoben Membranabschnitt **140** gelangen und diesen dann leicht passieren können. Damit kommt es nicht zu dem besagten Aufstauereffekt, bei dem sich in Abhängigkeit der Orientierung oder Ausrichtung des Filters relativ zur Schwerkraft Luftblasen an bestimmten Orten des Filters sammeln können und dort den Filter blockieren, so dass der Flusswiderstand erhöht wird. Die Filteranordnung aus der Fig. 6b umfasst mehrere parallel hydrophile oder hydrophobe angeordnete Filtersegmente.

[0057] Bei weiteren Ausführungsbeispielen ist es ebenfalls möglich, für den hydrophilen und hydrophoben **150**, **140** Filtermembranen zwei verschiedene Membranmaterialien einzusetzen als auch verschiedene Porengrößen zu verwenden. Beispielsweise ist die Verwendung von zwei Membranen mit gleicher oder unterschiedlicher Porenweite möglich, so dass sich durch eine feinere Porenweite für den Luftfilter der Luft-Bypass effektiv freihalten lässt, da der Bubble Point von Hydrophobizität und von der Porengröße abhängt.

[0058] Der hydrophile und der hydrophobe Membranfilter **140**, **150** kann beispielsweise auch durch eine Oberflächenbehandlung eines gleichförmig ausgebildeten Membranfilters gebildet werden. Während der Oberflächenbehandlung kann beispielsweise der Filter über eine Oberflächenbeschichtung entweder hydrophob oder hydrophil gestaltet werden – je nachdem mit welchem Material die Oberfläche behandelt wird. Zunehmend werden Beschichtungstechnologien entwickelt, bei denen Materialien wie beispielsweise Silizium, Kunststofffolien, Metallfolien etc. strukturiert, hydrophob oder hydrophil erzeugt werden können. Damit kann zunächst die Membran als Ganzes erst ausgebildet werden und anschließend werden bestimmte Abschnitte der Membran hydrophob oder hydrophil beschichtet, was selektiv für bestimmte Abschnitte geschehen kann. Sogenannte Bubble Point freie Filter können daher direkt in eine Mikropumpe integriert werden, indem am Einlass der Mikropumpe ein Filterelement mit teilweise hydrophober und hydrophiler Beschichtung montiert wird.

[0059] Blasentolerante Partikelfilter gemäß Ausführungsbeispielen können auch wie folgt zusammengefasst werden. Die Membranen sind parallel zur Flussrichtung ausgelegt – beispielsweise gegenüberliegend. Dabei ist die Anordnung der Membran derart, dass die Funktion vollständig lageunabhängig ist, so dass auch beispielsweise bei Drehungen um 180° um eine horizontale Achse der Filter immer noch genauso funktioniert. Die hydrophile Membran **140** kann wie ein Schwamm wirken und Wasser aufsaugen. Die Spaltdicke (Abstand) d kann beispielsweise derart gewählt sein, dass sie so groß ist wie die kleinste vorkommende Gasblase **210**, wobei die Membranen auch aufeinander liegen können. Alternativ kann der Abstand d derart gewählt sein, dass zumindest 80% der vorkommenden Gasblasen einen größeren Durchmesser aufweisen als der Abstand d . Die Membranen können auch keilförmig oder taschenförmig oder trichterförmig angeordnet sein, wobei die keilförmige Anordnung ebenfalls sicherstellt, dass die kleinste Gasblase **210** in Kontakt zu dem hydrophoben Membranbereich **140** bekommt. Durch die Abmessung des Spaltes **160** oder des Kanals können ferner Kapillarkräfte genutzt werden, um den Flusswiderstand weiter zu mindern. Generell ist ein sehr niedriger Druckabfall bei Ausführungsbeispielen vorhanden, die daher für mikrofluidische Zwecke sehr gut geeignet sind (z. B. für Mikropumpen).

[0060] Damit vermeiden Ausführungsbeispiele nicht nur, dass Luftblasen an bestimmten Stellen des Kanals sich sammeln können, sondern dass gleichzeitig auch kleine Teilchen sich an hydrophoben Stellen ablagern können, die die Blasentolerante Funktion des Filters einschränken könnten oder sogar verhindern würden. Damit lassen sich die Nachteile von konventionellen Lösungen vermeiden, bei denen eine Drehung um 180° um eine horizontalen Drehachse zu einem Blockieren des Filters führt und zwar genau dann, wenn sich die hydrophile Membran oben befindet und sich daher Luft oben ansammelt und kein Wasser mehr durchgelassen werden kann.

[0061] Bei Ausführungsbeispielen kann der Abstand d derart gewählt werden, dass er auf jedem Fall kleiner ist als der Durchmesser der vorkommenden Blase oder der kleinsten vorkommenden Blase. Beispielsweise kann der Abstand d auch ca. $200\ \mu\text{m}$, oder ungefähr $100\ \mu\text{m}$ oder in einem Bereich unterhalb von $100\ \mu\text{m}$ liegen. Die keil- oder kegelförmig angeordnete Membrankonfiguration, wie sie in der [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) gezeigt sind, können beispielsweise einen Winkel an der Spitze **312**, **412** aufweisen, der von der hydrophoben Membran **140** und der hydrophilen Membran **150** aufgespannt wird und in einem Bereich liegt zwischen 5 und 50° oder aber zumindest kleiner ist als 180° . Die Porengröße kann dabei flexibel eingestellt werden, wobei beispielsweise Poren in der Größenordnung von $0,2\ \mu\text{m}$ liegen können oder aber auch die Poren eine Größe aufweisen können, die zwischen $0,1\ \mu\text{m}$... $20\ \mu\text{m}$ oder zwischen $5\ \mu\text{m}$ und $10\ \mu\text{m}$ liegt.

[0062] Ausführungsbeispiele umfassen ebenfalls ein Filterarrangement, bei dem eine Strömungsverzweigung durch ein Filterelement mit je einem hydrophoben und hydrophilen Abschnitt realisiert wird und die nach der Verzweigung wieder zusammengeführt werden. Bei weiteren Ausführungsbeispielen ist das Filtermaterial der hydrophilen Abschnitte gegenüber dem Filtermaterial der hydrophoben Abschnitte liegt, so dass sich ein enger Fluidspalt zwischen beiden Membranfiltern ergibt.

[0063] Bei weiteren Ausführungsbeispielen kann der hydrophobe und hydrophile Filter gegenüber mit einem engen Spalt **160** dazwischen liegen, wobei ein hohes Aspektverhältnis des Spaltes **160** Kapillarkräfte sicherstellt, so dass im Spalt **160** vor dem hydrophilen Filter **150** nur Flüssigkeit verbleibt und nach dem Durchtritt der Gasblase **210** durch den hydrophoben Filter **140** keine Luftbläschen mehr vor dem hydrophilen Filter **150** sind.

[0064] Somit werden zwei (oder mehrere) Filtermaterialien mit unterschiedlichen Kontaktwinkeln parallel angeordnet, wobei der eine Filter gegenüber der zu fördernden Flüssigkeit benetzend ist (und daher beim Befüllen nur einen geringen Befülldruck aufweist), während das andere Filtermaterial gegenüber der Flüssigkeit einen größeren Befülldruck aufweist und nicht benetzt (also im zweiten Filter Luft verbleibt). Der Strömungspfad teilt sich vor den Filtern und vereinigt sich dahinter. Tritt nun eine Luftblase ein, so nimmt diese den Weg durch den zweiten hydrophoben Filter, ohne dass hier ein Blockierdruck messbar wird.

[0065] Da die Filteranordnung tolerant gegenüber Gasblasen ist, so dass diese den Filter (z. B. am Eingang einer Mikropumpe) ohne oder ohne nennenswerten Widerstand passieren können, sollte die Filteranordnung keine direkte Öffnung zur Umgebung aufweisen, um ein Ansaugen von Umgebungsluft zu vermeiden. Die Filteranordnung sollte demnach von der Umgebungsluft geschlossen sein.

ZITATE ENHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- US 2003/0042211 [0007]
- US 5997263 [0007]
- US 4278084 [0008]
- GB 1510072 [0008]

Patentansprüche

1. Filteranordnung mit folgenden Merkmalen:
einem Einströmweg (105), einem ersten Ausströmweg (110) und einem zweiten Ausströmweg (120);
einem hydrophoben Membranfilter (140) zwischen dem Einströmweg (105) und dem ersten Ausströmweg (110);
einem hydrophilen Membranfilter (150) zwischen dem Einströmweg (105) und dem zweiten Ausströmweg (120),
dadurch gekennzeichnet, dass sich zumindest ein Abschnitt des hydrophoben Membranfilters (140) und des hydrophilen Membranfilters (150) mit einem Abstand (d) von nicht mehr als 1 mm gegenüberliegen, so dass eine Gasblase (210), die sich mit einem in dem Einströmweg (105) strömenden Mediums (220) bewegt, während der Bewegung in Kontakt mit dem hydrophoben Membranfilter (140) kommt.
2. Filteranordnung nach Anspruch 1, bei der der hydrophobe Membranfilter (140) und der hydrophile Membranfilter (150) parallel, flächenförmig gegenüberliegend zueinander angeordnet sind.
3. Filteranordnung nach Anspruch 2, die einen Spalt (160) zwischen dem hydrophoben Membranfilter (140) und dem hydrophilen Membranfilter (150) aufweist und der Spalt (160) zumindest 5 mal tiefer ist als der Abstand (d).
4. Filteranordnung nach Anspruch 1, bei der der hydrophobe Membranfilter (140) und der hydrophile Membranfilter (150) einen sich in Strömungsrichtung verjüngenden Keil bilden.
5. Filteranordnung nach Anspruch 1, bei der das hydrophobe Membranfilter (140) und das hydrophile Membranfilter (150) einen sich in Strömungsrichtung verjüngenden Kegel bilden.
6. Filteranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei stromabwärts des Mediums (220) mehrere gegenüberliegend angeordnete Abschnitte des hydrophoben und hydrophilen Membranfilter (140, 150) ausgebildet sind, so dass stromabwärts des Mediums (220) hydrophobe und hydrophile Abschnitte (140, 150) einander abwechseln.
7. Filteranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei stromabwärts der hydrophobe und der hydrophile Membranfilter (140, 150) von einer Abschlusswand (310) voneinander getrennt sind und die Abschlusswand (310) ausgebildet ist, so dass sich an der Abschlusswand (310) kein Stauraum für Luftblasen (210) bildet.
8. Filteranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der der Abstand (d) derart gewählt ist, dass zumindest 80% der vorkommenden Luftblasen in dem Medium (210) einen größeren Durchmesser aufweisen als der Abstand (d).
9. Filteranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der der hydrophile Membranfilter (150) und der hydrophobe Membranfilter (140) ein gemeinsames Membransubstrat aufweisen, wobei der hydrophile Membranfilter (150) und der hydrophobe Membranfilter (140) eine unterschiedliche Oberflächenbeschichtung des Membransubstrats aufweisen.
10. Filteranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der der hydrophobe Membranfilter (140) ein Material aufweist, mit einem Kontaktwinkel von mehr als 100° und der hydrophile Membranfilter (150) einen Kontaktwinkel von weniger als 80° aufweist.
11. Filteranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der der hydrophobe Membranfilter (140) und der hydrophile Membranfilter (150) eine unterschiedliche Porengröße aufweisen.
12. Mikropumpe zum Pumpen eines Mediums von einer Saugseite zu einer Druckseite, mit:
einer Filteranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei der erste und zweite Ausströmweg (110, 120) der Filteranordnung mit der Saugseite der Mikropumpe verbunden sind.
13. Mikropumpe nach Anspruch 12, bei der die Mikropumpe eine Mikromembranpumpe aufweist.
14. Verfahren zur Herstellung einer Filteranordnung zwischen einem Einströmweg (105), einem ersten Ausströmweg (110) und einem zweiten Ausströmweg (120), mit folgenden Schritten:

Bilden eines hydrophoben Membranfilters (**140**) zwischen dem Einströmweg (**105**) und dem ersten Ausströmweg (**110**); und

Bilden eines hydrophilen Membranfilters (**150**) zwischen dem Einströmweg (**105**) und dem zweiten Ausströmweg (**120**),

dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Abschnitt des hydrophoben Membranfilters (**140**) und ein Abschnitt des hydrophilen Membranfilters (**150**) in einem Abstand (d) von nicht mehr als 1 mm gegenüberliegend zueinander angeordnet werden, so dass eine Luftblase (**210**), die sich mit einem in dem Einströmweg (**105**) strömenden Mediums (**220**) bewegt, während der Bewegung in Kontakt mit dem hydrophoben Membranfilter (**140**) kommt.

15. Verfahren nach Anspruch 14, bei der das Bilden des hydrophoben und des hydrophilen Membranfilters (**140**, **150**) derart ausgeführt wird, dass der hydrophobe und der hydrophile Membranfilter (**140**, **150**) einen Spalt (**160**) bilden, so dass Kapillarkräfte das strömende Medium (**220**) in den Spalt hineinziehen.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

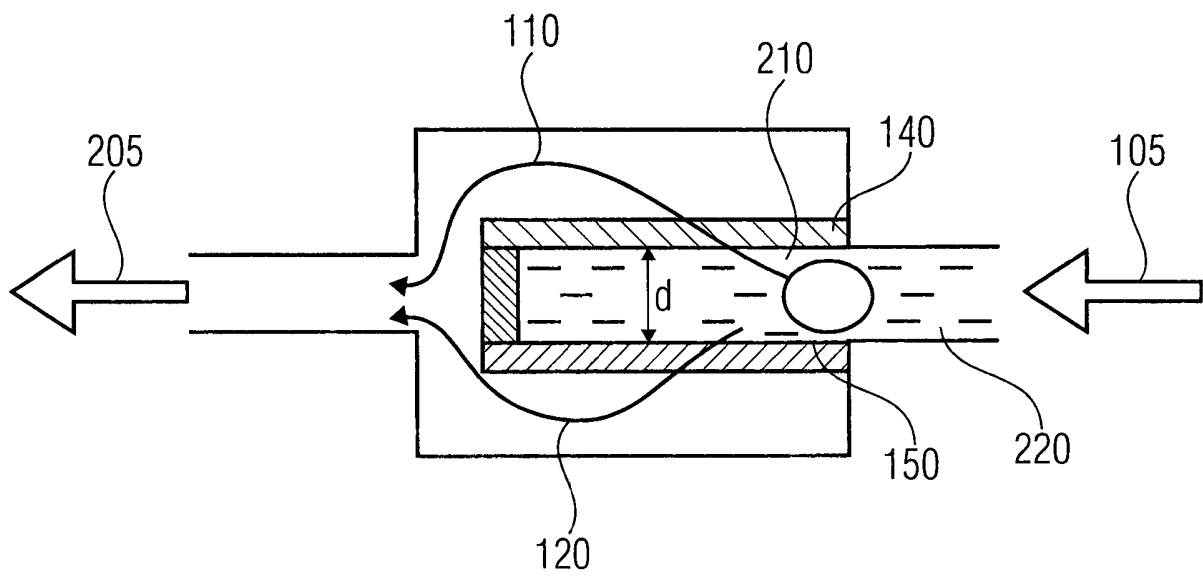


FIG 1

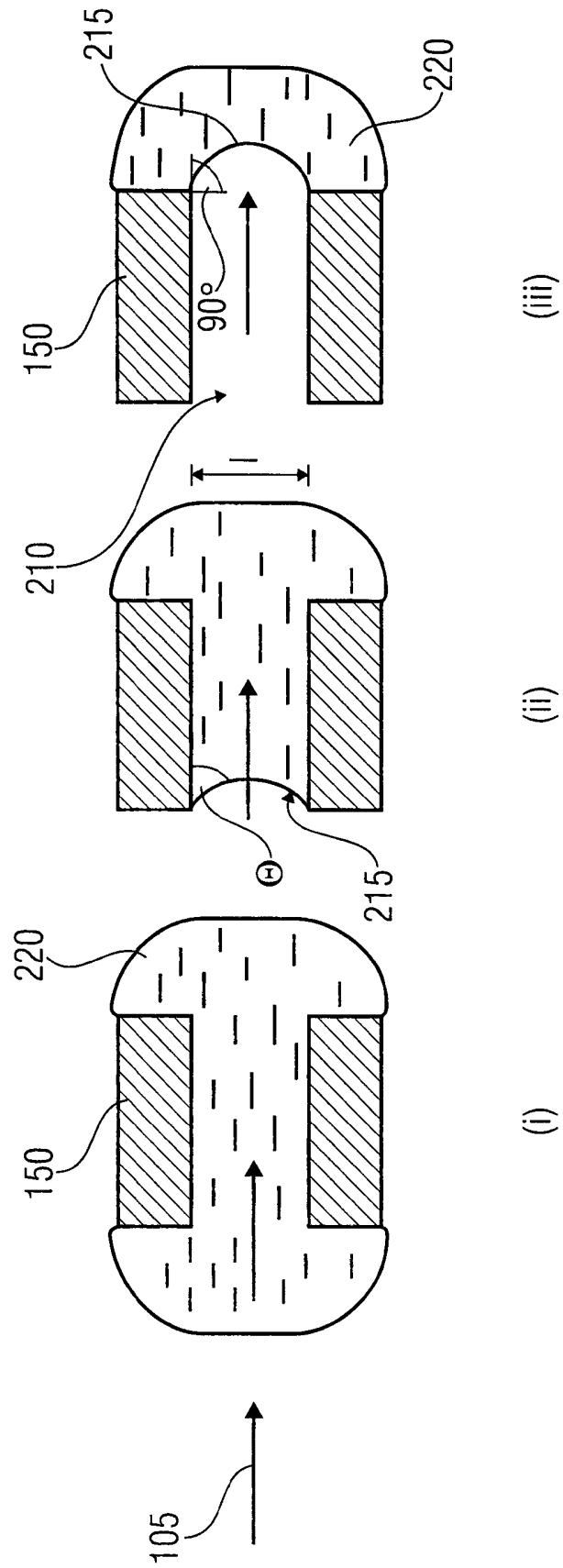


FIG 2

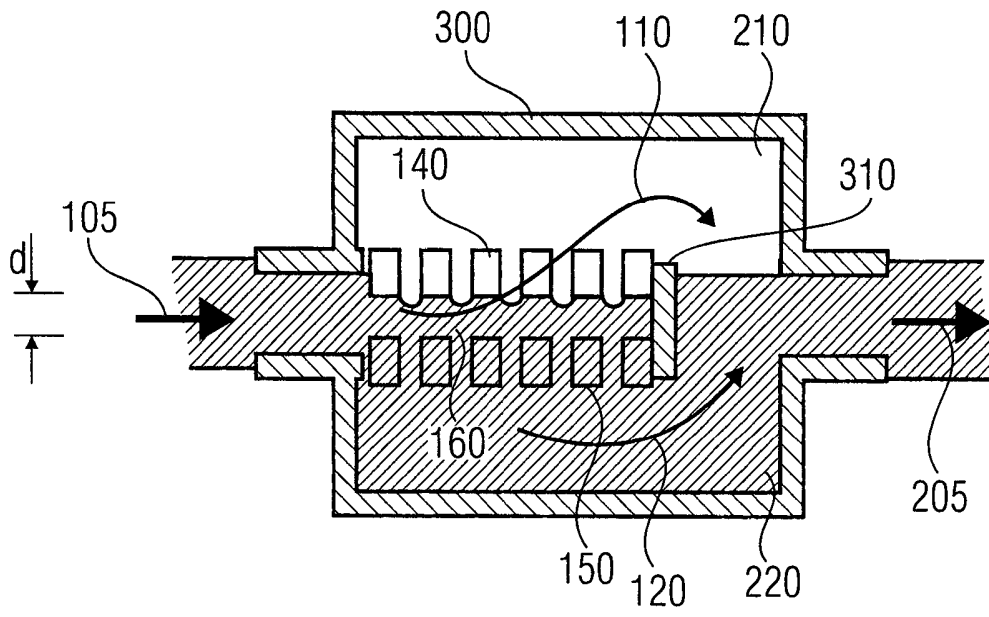


FIG 3

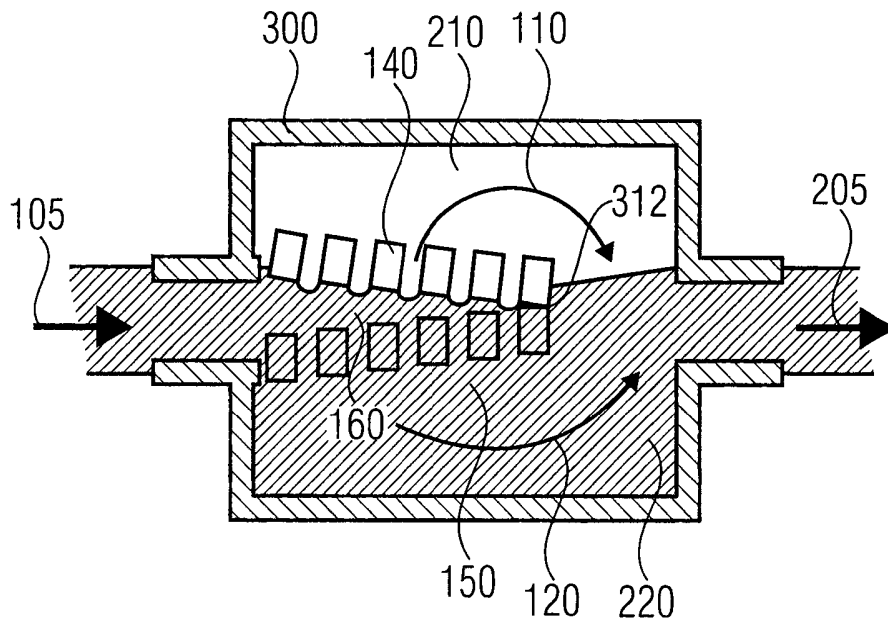


FIG 4

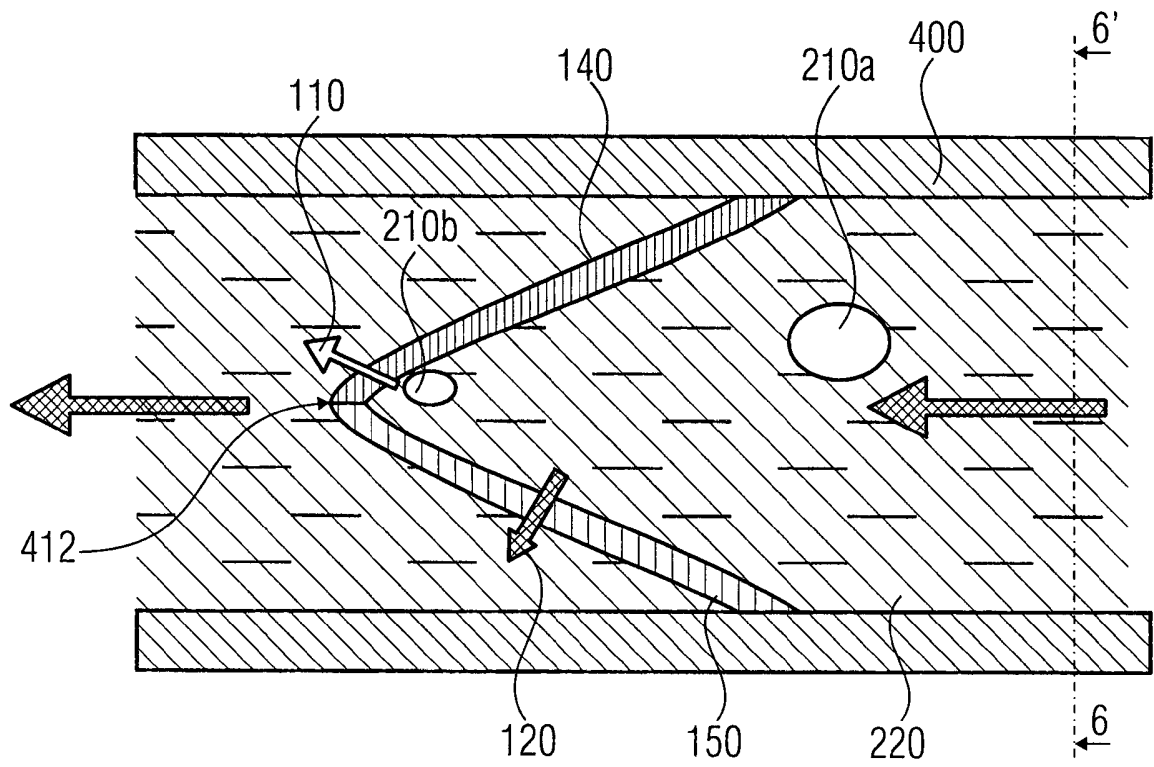


FIG 5

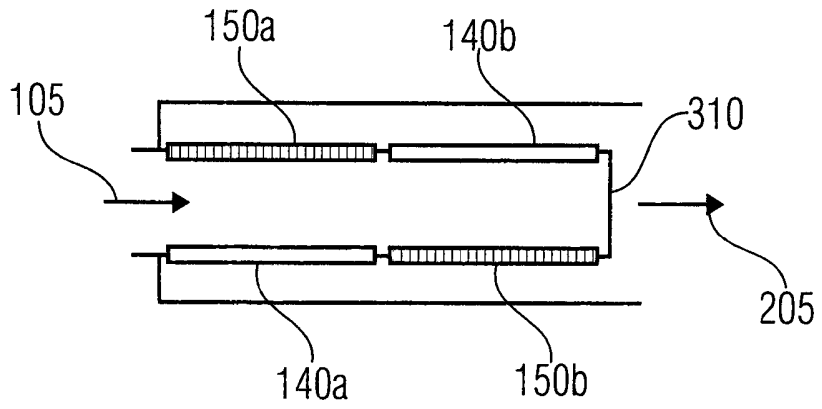


FIG 6A

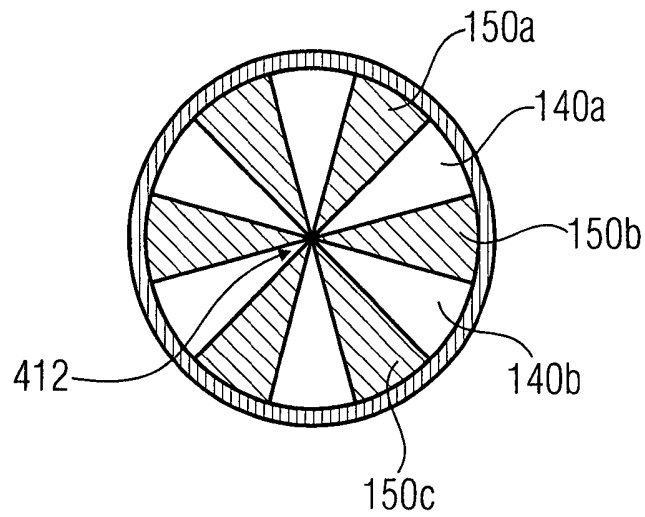


FIG 6B