



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2005 005 231 A1** 2006.08.10

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 005 231.2**

(22) Anmeldetag: **31.01.2005**

(43) Offenlegungstag: **10.08.2006**

(51) Int Cl.⁸: **F16K 24/00** (2006.01)
B01D 19/00 (2006.01)

(71) Anmelder:
**Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
 angewandten Forschung e.V., 80686 München, DE**

(74) Vertreter:
PFENNING MEINIG & PARTNER GbR, 10719 Berlin

(72) Erfinder:
**Koltay, Peter, 79232 March, DE; Litterst, Christian,
 79115 Freiburg, DE; Eccarius, Steffen, 79106
 Freiburg, DE**

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

DE 101 95 996 T1

US 69 10 339 B2

US2002/00 62 736 A1

US 61 13 223 A

US 68 43 281 B1

US 63 60 775 B1

EP 03 62 889 A2

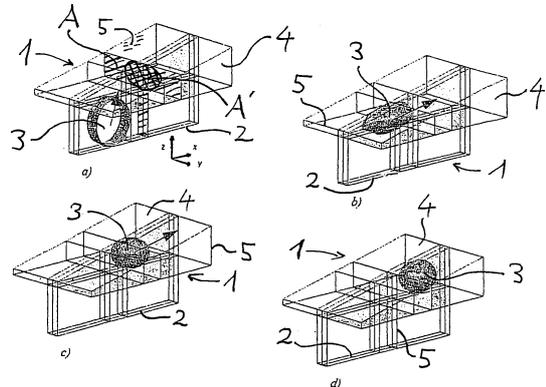
JP 05-0 49 809 AA

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung mit einem ein Medium führenden Kanal und Verfahren zur Entfernung von Einschlüssen**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung mit einem ein strömbares Medium führenden Kanal (1), wobei ein bestimmungsgemäßer Betrieb und/oder eine Wartung der Vorrichtung mit einer Bildung von Einschlüssen (3) eines vom genannten Medium unterscheidbaren Fluids oder Gases in dem Kanal (1) verbunden ist, wobei der Kanal (1) so gestaltet ist, dass die Einschlüsse (3) durch Kapillarkräfte zu einem Kanalausgang (4) hin bewegt werden. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zur Entfernung von Einschlüssen (3) aus entsprechenden Vorrichtungen.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung mit einem ein strömbares Medium, also typischerweise eine Flüssigkeit oder auch ein Gas, führenden Kanal, bei der ein bestimmungsgemäßer Betrieb und/oder eine Wartung mit einer Bildung von Einschlüssen in dem Kanal verbunden ist, nach dem Oberbegriff des Hauptanspruchs. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zur Entfernung von Einschlüssen aus einer entsprechenden Vorrichtung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 15.

Stand der Technik

[0002] Bei der gattungsgemäßen Vorrichtung kann es sich beispielsweise um eine Brennstoffzelle, einen Stromabnehmer oder eine Bipolarplatte für eine Brennstoffzelle, einen Brennstoffzellenstapel oder einen anderen chemischen Reaktor oder Mikroreaktor handeln. Das Problem eingeschlossener Gas- oder Flüssigkeitsblasen in fluidischen Strukturen und insbesondere in chemischen Reaktoren und Mikroreaktoren lässt sich auf verschiedene Ursachen zurückführen. Einerseits können Gasblasen durch eine schlechte Belüftung eines Systems oder durch eine ungünstige geometrische Auslegung entstehen und im System verbleiben. Andererseits können Einschlüsse eines Gases oder eines anderen vom durch den Kanal geführten Medium unterscheidbaren Fluids nicht nur bei einer Wartung, sondern auch bei einem bestimmungsgemäßen Betrieb einer derartigen Vorrichtung entstehen. Als Beispiele können das Ausgasen einer Flüssigkeit durch Erhitzen und eine reaktionsbedingte Gasbildung in chemischen Reaktoren genannt werden. Ein wichtiges Beispiel einer Anwendung, bei der Gas freigesetzt wird, ist durch Brennstoffzellen gegeben. So entsteht beispielsweise bei einer Direkt-Methanol-Brennstoffzelle anodenseitig CO_2 .

[0003] Eine Bildung von Einschlüssen beschriebener Art ist zwar häufig nicht zu vermeiden, in aller Regel aber nachteilig, weil die Einschlüsse eine Strömung des von dem Kanal geführten Mediums und in manchen Fällen auch eine erwünschte chemische Reaktion behindern. Daher wurden im Stand der Technik bereits verschiedene Wege eingeschlagen, um derartige unerwünschte Einschlüsse, beispielsweise Gaseinschlüsse, möglichst effektiv zu beseitigen. So ist es beispielsweise bekannt, ein strömbares Medium führende Kanäle in gattungsgemäßen Vorrichtungen mit zu einer Umgebung hin offenen Durchlassöffnungen zu versehen, die ein Ausgasen zulassen. Auch wurde der vergleichbare Weg eingeschlagen, ein Austreten eines die Einschlüsse bildenden Gases durch systembegrenzende gasdurchlässige Membranen zu ermöglichen. In beiden Fällen findet eine Entgasung an Orten statt, an denen die Einschlüsse auch entstehen. Das hat zur Folge, dass

ein kompakter Aufbau entsprechender Vorrichtungen unmöglich oder erheblich erschwert wird, weil große freiliegende Flächen erforderlich sind.

Aufgabenstellung

[0004] Der vorliegenden Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, eine entsprechende Vorrichtung vorzuschlagen, die eine zügige und möglichst vollständige Entfernung von entstehenden Einschlüssen eines Fluids (bspw. eines Gases) erlaubt, auch wenn aufgrund eines erwünschten kompakten Aufbaus der Vorrichtung ein Transport der Einschlüsse über längere Strecken erforderlich ist. Der Erfindung liegt ferner die Aufgabe zugrunde, ein entsprechendes Verfahren zur Entfernen von Einschlüssen vorzuschlagen.

[0005] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch eine Vorrichtung mit den kennzeichnenden Merkmalen des Hauptanspruchs in Verbindung mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Hauptanspruchs sowie durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 15. Vorteilhafte Weiterentwicklungen und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich mit den Merkmalen der Unteransprüche.

[0006] Bei einer hier vorgeschlagenen Vorrichtung mit einem ein strömbares Medium führenden Kanal, deren bestimmungsgemäßer Betrieb und/oder Wartung mit einer Bildung von Einschlüssen eines vom genannten Medium unterscheidbaren Fluids (typischerweise eines Gases, evtl. aber auch einer Flüssigkeit) in dem Kanal verbunden ist, lassen sich zunächst für jeden auf einer Längsrichtung des Kanals senkrecht stehenden Querschnitt des Kanals ein Flächeninhalt A und eine Umfangslänge 1 dieses Querschnitts sowie ein Flächeninhalt A' und eine Länge $1'$ einer Umfangslinie einer innerhalb dieses Querschnitts liegenden zusammenhängenden Fläche angeben, wobei die zuletzt genannte Fläche dadurch definiert ist, dass ein Verhältnis $A'/1'$ einen – verglichen mit allen anderen in dem Querschnitt liegenden zusammenhängenden Flächen – maximalen Wert annimmt. Erfindungsgemäß ist der Kanal nun so ausgeführt, dass das Verhältnis $A'/1'$ und/oder ein als $A/1$ definiertes Verhältnis von Flächeninhalt zu Umfangslänge des Querschnitts des Kanals selbst und/oder, wenn sich bei einem Einschluss an einer durch den Querschnitt definierten Stelle des Kanals zwischen dem strömbaren Medium und dem den Einschluss bildenden Fluid an einer Kanalwand (5) ein Kontaktwinkel θ einstellt, dieser Kontaktwinkel θ und/oder, wenn $\theta > \pi/2$ gilt, eine als $-A/1$ und/oder eine als $-A'/1'$ definierte Größe längs des Kanals zu einem Kanalausgang hin monoton zunimmt. Der auch als Randwinkel bezeichnete Kontaktwinkel θ sei dabei vorliegend so definiert, dass er vollständig im zuerst genannten strömbaren Medium außerhalb des Einschlusses (3) liegt, so dass also im Fall eines voll-

ständig benetzenden strömbaren Mediums $\theta = 0$ und für ein vollständig benetzendes die Einschlüsse bildendes Fluid $\theta = \pi$ gelten würde. Typische Ausführungen der Erfindung, bei denen die genannte Bedingung durch eine entsprechende Kanalgeometrie erfüllt wird, sehen vor, dass für $\theta < \pi/2$ mindestens eine der Größen $-A/1$ oder $-A'/1'$ und für $\theta > \pi/2$ mindestens eine der Größen $A/1$ oder $A'/1'$ – mit anderen Worten also $\text{sign}(\cos\theta)A/1$ und/oder $\text{sign}(\cos\theta)A'/1'$ – längs des Kanals zum Kanalausgang hin monoton zunimmt.

[0007] Die erfindungsgemäße Auslegung des typischerweise als Kapillare ausgeführten Kanals bringt es mit sich, dass auf einen Einschluss in dem Kanal Kapillarkräfte wirken, die ihn in vorteilhafter Weise zu dem Kanalausgang hin drängen. Dementsprechend sieht das erfindungsgemäße Verfahren zur Entfernung von Einschlüssen aus einer Vorrichtung mit einem ein strömbares Medium führenden Kanal, bei deren Betrieb und/oder Wartung sich ein Einschluss eines Fluids (bspw. eine Blase) in dem strömbaren Medium innerhalb des Kanals bildet, vor, dass der Einschluss durch Kapillarkräfte zu einem Kanalausgang hin bewegt wird. In gleicher Weise kann auch eine größere Zahl von Einschlüssen oder Blasen aus der Vorrichtung entfernt werden, wobei sich eine weitere vorteilhafte Wirkung dadurch erzielen lässt, dass ein in beschriebener Weise durch Kapillarkräfte bewegter Einschluss unterwegs weitere Blasen oder Einschlüsse, die unter Umständen selbst noch nicht groß genug sind, um entsprechenden Kapillarkräften ausgesetzt zu sein, mitnimmt, indem er sie in sich aufnimmt oder vor sich hertreibt. Auch kann eine durch Kapillarkräfte verursachte Bewegung von Einschlüssen beschriebener Art, beispielsweise eine entsprechende Blasenbewegung, einen unter Umständen erwünschten (zusätzlichen) Antrieb einer Strömung des vom Kanal geführten Mediums zur Folge haben.

[0008] Der genannte Randwinkel θ ergibt sich bei gegebenen Oberflächeneigenschaften der Kanalwand eindeutig aus dem vom Kanal geführten Medium und dem die Einschlüsse bildenden Fluid. Da dieses Fluid vorrichtungsspezifisch und daher bestimmbar ist (beispielsweise ein Dampf des strömbaren Mediums, wenn letzteres eine Flüssigkeit ist und die Einschlüsse durch Verdampfen entstehen, oder ein definiertes Reaktionsprodukt, das bei einem bestimmungsgemäßen Betrieb der Vorrichtung entsteht, oder Luft, wenn die Einschlüsse durch ein Füllen der Vorrichtung mit dem strömbaren Medium, insbesondere durch ein Nachfüllen des Mediums, erzeugt werden), ist also auch der Randwinkel θ bestimmbar und gegebenenfalls auch durch eine entsprechende Gestaltung der Kanalwand manipulierbar. Der Randwinkel θ kann also definiert ortsabhängig festgelegt werden kann. Dadurch, am einfachsten aber (und eventuell zusätzlich) durch eine Auslegung des Kanals mit

einer sich längs des Kanals ändernden Geometrie, kann in einfacher Weise die erfindungsgemäß geltende Bedingung erfüllt werden, nach der das Verhältnis $A'/1'$ und/oder das Verhältnis $A/1$ und/oder θ und/oder, wenn $\theta > \pi/2$ gilt, mindestens eine der Größen $-A/1$ oder $-A'/1'$ längs des Kanals zum typischerweise offen endenden Kanalausgang hin monoton zunimmt. In Frage kommen dazu ein sich längs des Kanals (also längs eines Verlaufs des Kanals) änderndes Profil und/oder eine sich längs des Kanals ändernde Querschnittsfläche und/oder eine sich längs des Kanals ändernde Umfangslänge des Kanals.

[0009] Eine bevorzugte Ausführung der Erfindung sieht dabei vor, dass zumindest eines) der genannten monoton zunehmenden Verhältnisse bzw. Größen streng monoton zunimmt, damit an jeder Stelle des Kanals in beschriebener Weise vorteilhafte Kapillarkräfte auf Einschlüsse wirken können. Mit Blick auf einen möglichst einfachen und platzsparenden Aufbau und möglichst günstige Strömungseigenschaften mit geringen Strömungswiderständen ist es ferner vorteilhaft, wenn sich die genannten Verhältnisse und Größen dabei längs des Kanals nur stetig ändern. Eine Entfernung von Einschlüssen, typischerweise ein Ausgasen, lässt sich dann besonders gut erreichen, wenn die zur Erzeugung der Kapillarkräfte monoton zunehmende Größe bis zum Kanalausgang streng monoton zunimmt.

[0010] Bei besonders vorteilhaften Ausführungen der Erfindung bildet die Vorrichtung einen chemischen Reaktor oder Mikroreaktor oder einen Bestandteil eines solchen Reaktors oder Mikroreaktors. Insbesondere kann es sich bei der Vorrichtung um einen Stromabnehmer, eine Bipolarplatte, eine Brennstoffzelle, einen Brennstoffzellenstapel oder einen Bestandteil davon handeln. Dabei kann insbesondere ein Kühlmittelkanal und/oder ein Kanal für ein Reaktionsprodukt und/oder für einen Reaktanden oder einer Mischung mehrerer Reaktanden in beschriebener Weise ausgeführt sein. In diesen Fällen können beispielsweise Dampfblasen eines Kühlmittels oder Einschlüsse eines gasförmigen Reaktionsprodukts in beschriebener Weise aus einem entsprechenden System entfernt werden, indem gezielt Kapillarkräfte ausgenutzt werden.

[0011] Durch eine erfindungsgemäße Auslegung des entsprechenden Kanals bildet dieser eine passive Struktur, durch die die beispielsweise als Blasen vorliegenden Einschlüsse derart geformt werden, dass eine Vorzugsrichtung entsteht, in welche sich die Einschlüsse (vorzugsweise ausschließlich) aufgrund der auftretenden Kapillarkräfte selbständig bewegen. Ein Transport der Einschlüsse kann in beschriebener Weise durch passive fluidische Strukturen bewirkt werden unter Ausnutzung natürlicher Kapillarkräfte des entsprechenden Fluids oder Gases,

das in dem entsprechenden Kanal von dem im Kanal geführten Medium umgeben wird.

[0012] Von dem beschriebenen Vorteil der Erfindung kann man besonders gut profitieren, wenn der Kanal – selbstverständlich kann eine entsprechende Vorrichtung auch mehrere derart gestaltete Kanäle aufweisen – zumindest streckenweise an einer aktiven Fläche und/oder an einer katalytischen Membran oder einem anderen Katalysator, beispielsweise an einer Elektrolytmembran einer Brennstoffzelle oder einem daran anliegenden Katalysator, oder an einer daran angrenzenden Diffusionslage anliegend verläuft. Insbesondere kann streckenweise ein Teil der Kanalwand durch eine entsprechende Lage gebildet sein. In einem derartigen Kanal bilden sich typischerweise betriebsbedingt Einschlüsse, in der Regel Einschlüsse eines Reaktionsprodukts, die wiederum reaktionshinderlich sind, wenn sie nicht zügig abtransportiert werden, was durch die vorliegende Erfindung gewährleistet wird.

[0013] Insbesondere bei einer Verwendung derartiger Kanäle in Brennstoffzellenstapeln oder ähnlichen Stapelanordnungen chemischer Reaktoren und insbesondere chemischer Mikroreaktoren wird in besonders vorteilhafter Weise ein effektiver Abtransport von Einschlüssen bei einer besonders kompakten Geometrie der entsprechenden Vorrichtung erreicht. Dabei können die Kanäle in einfacher Weise so ausgeführt sein, dass sie in einer Ebene verlaufen, die durch eine Brennstoffzelle aufgespannt wird, um an einem Rand des Brennstoffzellenstapels zu enden. Die Einschlüsse werden dann durch die beschriebenen Kapillarkräfte bis zum Rand des Brennstoffzellenstapels transportiert, wo sie austreten können. Dadurch können viele Brennstoffzellen übereinander gestapelt werden, ohne dass die Entfernung der Einschlüsse behindert wird. Die Erfindung erlaubt auf diese Weise z.B. einen kompakten Aufbau von Brennstoffzellensystemen bei gleichzeitig effektiver Entgasung.

[0014] Es ist auch möglich, Vorrichtungen ganz anderer Art im Sinne der vorliegenden Erfindung auszuführen. Als Beispiel seien nachfüllbare Tinten- oder Farbstoffpatronen genannt, in denen sich bei einem Nachfüllen leicht Einschlüsse, typischerweise Luftblasen, bilden. Auch eine solche Patrone kann mit vorzugsweise kapillarartigen Kanälen ausgestattet werden, die in beschriebener Weise ausgeführt sind und beispielsweise von einem Vorratsbehälter aus nach außen führen, so dass die Einschlüsse durch diese Kanäle entweichen können.

[0015] Erfahrungsgemäß erlauben insbesondere Kanäle mit einem T-Profil oder einem ein T-Profil enthaltenden Profil einen vorteilhaft widerstandsarmen Transport von Einschlüssen. Besonders vorteilhaft ist es, wenn der mindestens eine Kanal der Vorrichtung

beschriebener Art nicht nur ein T-Profil oder ein ein T-Profil enthaltendes Profil aufweist, sondern zusätzlich ein Querbalken dieses Profils so ausgeführt ist, dass er sich zumindest zu einem Ende hin, vorzugsweise zu zwei Enden hin verjüngt. Dadurch kann erreicht werden, dass Blasen, die in einem Bereich des Querbalkens im Profil des Kanals entstehen, sich ebenfalls durch Kapillarkräfte angetrieben zu einer Stelle hin bewegen, an der ein weiterer Balken des Profils des Kanals am Querbalken ansetzt und von wo aus ein besonders guter Weitertransport der Blasen möglich ist. Alternativ oder zusätzlich kann es vorgesehen sein, dass sich der am Querbalken ansetzende weitere Balken des Profils vom Querbalken weg verbreitert. Dadurch kann erreicht werden, dass ein Einschluss durch Kapillarkräfte in diesen weiteren Balken hineinbewegt wird, so dass der Querbalken weitgehend von Einschlüssen freigehalten wird. Aus dem Gesagten ergibt sich, dass eine entsprechende Ausführung insbesondere dann von Vorteil ist, wenn der Querbalken des vom Kanal gebildeten oder im Kanal enthaltenen T-Profils an einer aktiven Fläche und/oder einer katalytischen Membran, einem anderen Katalysator oder einer Diffusionslage anliegend angeordnet ist. Eine Blasenbildung wird dann typischerweise hauptsächlich in einem durch den Querbalken definierten Bereich vorliegen, während ein Abtransport der Blasen weitgehend in einem Bereich des weiteren Balkens erfolgen kann, wodurch ein andernfalls durch die Blasen verursachtes Blockieren oder Behindern einer erwünschten chemischen Reaktion effektiv vermieden wird.

[0016] Bei dem Kanal wird es sich typischerweise um eine Kapillare handeln. Die beschriebenen vorteilhaften Effekte sind besonders ausgeprägt, wenn der Flächeninhalt A des Querschnitts des Kanals dabei Werte zwischen $25\ 000\ \mu\text{m}^2$ und $0,25\ \text{mm}^2$ und/oder ein größter Durchmesser dieses Querschnitts Werte zwischen $25\ \mu\text{m}$ und $1\ \text{mm}$ annimmt.

[0017] Eine erfindungsgemäß vorgesehene monotone Zunahme mindestens einer der Größen $A'/1'$, $A/1$, θ , $\text{sign}(\cos\theta)A'/1'$ oder $\text{sign}(\cos\theta)A/1$ kann auf verschiedene Weise realisiert sein. Beispielsweise kann es vorgesehen sein, dass dazu der Flächeninhalt des Querschnitts des Kanals A und/oder der Flächeninhalt A' der genannten innerhalb des Querschnitts liegenden Fläche längs des Kanals monoton und vorzugsweise streng monoton und/oder stetig zum Kanalausgang hin zunimmt. Dabei kann der Kanal unter Umständen ein sich ähnlich bleibendes Profil aufweisen. Es ist aber auch möglich, dass das Profil eine sich ändernde Form aufweist und beispielsweise längs eines Verlaufs des Kanals gestreckt wird, so dass ein größter Durchmesser des Querschnitts des Kanals und/oder eine Abmessung dieses Querschnitts in einer auf jenem Durchmesser senkrecht stehenden Richtung längs des Verlaufs des Kanals monoton zunimmt. Es kann aber auch vorgesehen

sein, dass sich das Profil des Kanals längs des Verlaufs des Kanals derart ändert, dass ein als $A/1^2$ und/oder ein als $A'/1^2$ definiertes Verhältnis längs des Kanals monoton zunimmt. Das Profil wird in diesem Fall längs des Kanals bauchiger, wodurch eine Zunahme der Verhältnisse $A/1$ und/oder $A'/1$ sogar nicht nur bei gleich bleibenden; sondern auch bei abnehmenden Flächeninhalten A bzw. A' möglich wird.

[0018] Querschnittsänderungen des Kanals der im vorhergehenden Absatz beschriebenen Art führen zu auf Einschlüsse einwirkenden Kapillarkräften gewünschter Orientierung, wenn θ einen Wert kleiner $\pi/2$ annimmt, also insbesondere dann, wenn es sich bei dem strömbaren Medium um ein benetzendes Medium, typischerweise um eine benetzende Flüssigkeit handelt. In dem weniger typischen Fall, dass θ einen Wert größer $\pi/2$ hat, wenn also beispielsweise das die Einschlüsse bildende Fluid benetzende Eigenschaften hat, kann es vorgesehen sein, dass die im vorhergehenden Absatz genannten Größen bzw. Verhältnisse längs des Kanals zum Kanalausgang hin monoton abnehmen anstatt zuzunehmen, wodurch dann eine monotone Zunahme der Größe $\text{sign}(\cos\theta)A/1$ (in diesem Fall gleich $-A/1$) und/oder $\text{sign}(\cos\theta)A'/1$ (in diesem Fall gleich $-A'/1$) erreicht wird.

[0019] Alternativ oder zusätzlich zu Querschnittsänderungen der beispielhaft erläuterten Art können die erwünschten Kapillarkräfte auch dadurch hervorgerufen oder verstärkt werden, dass der Kanal Kanalwände mit sich längs des Kanals ändernden Oberflächeneigenschaften aufweist, so dass der Randwinkel θ einen sich längs des Kanals ändernden, vorzugsweise zum Kanalausgang hin zunehmenden Wert hat. Unter Umständen kann der Kanal dann auch einen längs seines Verlaufs gleich bleibenden Querschnitt haben. Die sich definiert ändernden Oberflächeneigenschaften können dazu beispielsweise durch eine sich längs des Kanals ändernde Beschichtung der Kanalwände realisiert werden. Sollte der Randwinkel innerhalb eines Querschnitts nicht konstant sein, sondern an verschiedenen Stellen der den Querschnitt begrenzenden Kanalwand unterschiedliche Werte annehmen, so sei Θ in der vorliegenden Schrift stets als über die Umfangslänge gemittelter Wert des Randwinkels definiert.

[0020] Damit durch die vorliegende Erfindung Kapillarkräfte erzeugt werden, die hinreichend groß sind, um eine zügige Bewegung von Einschlüssen hervorzurufen und dabei auch Widerstandskräfte zu überwinden, ist es schließlich vorteilhaft, wenn zumindest eine der Größen $A'/1$, $A/1$, θ , $\text{sign}(\cos\theta)A'/1$ oder $\text{sign}(\cos\theta)A/1$ längs einer Kanalstrecke von 5 mm um einen Faktor von mindestens 1,5, mit Blick auf eine einfach zu realisierende Geometrie vorzugsweise um einen Faktor von zwischen 2 und 3 zunimmt. Unter Umständen genügt aber bereits eine sehr geringe

Querschnittsänderung, um die gewünschten Kapillarkräfte hinreichender Größe zu verursachen. Beispielsweise kann dazu eine Verkipfung einer Kanalwand oder mehrerer Kanalwände um $0,001^\circ$ (oder mehr) gegenüber einer Kanallängsrichtung und die damit verbundene Querschnittsänderung ausreichen.

[0021] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im Folgenden anhand der [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) erläutert. Es zeigt

[0022] [Fig. 1](#) eine perspektivische Ansicht eines Kanalabschnitts aus einer erfindungsgemäßen Vorrichtung mit einem Einschluss zu vier aufeinander folgenden Zeitpunkten,

[0023] [Fig. 2](#) einen Querschnitt durch einen Kanal in einer anderen Ausführung der Erfindung mit Einschlüssen zu sechs aufeinander folgenden Zeitpunkten sowie eine Seitenansicht desselben Kanals mit einem Einschluss zu zwei aufeinander folgenden Zeitpunkten,

[0024] [Fig. 3](#) jeweils einen Längsschnitt durch einen Kanal aus zwei anderen Ausführungsbeispielen der Erfindung und

[0025] [Fig. 4](#) wiederum jeweils einen Längsschnitt durch zwei Kanäle weiterer Ausführungsbeispiele.

[0026] In [Fig. 1](#) ist viermal der gleiche Kanal **1** abgebildet, der in einen selbst nicht abgebildeten chemischen Mikroreaktor integriert ist und dort mit einer in der Figur jeweils unten liegenden Seitenfläche **2** an einer katalytischen Membran anliegend angeordnet ist. Der Kanal **1** führt ein strömbares Medium, bei dem es sich vorliegenden Fall um eine Flüssigkeit handelt. Ein bestimmungsgemäßer Betrieb des chemischen Mikroreaktors ist mit einer Bildung von Gas an der katalytischen Membran verbunden, das an der Seitenfläche **2** in den Kanal **1** eintritt und dort Blasen bildet. Ein durch eine solche Blase gebildeter Einschluss **3** ist in der [Fig. 1](#) in den mit a), b), c) und d) gekennzeichneten Abbildungen zu vier aufeinander folgenden Zeitpunkten dargestellt, wobei **Abb. b)** einen 0,000755 s, die **Abb. c)** einen 0,001175 s und die **Abb. d)** einen 0,00301 s nach dem in **Abb. a)** gezeigten Zeitpunkt wiedergibt.

[0027] Bei anderen, ähnlich ausgeführten Vorrichtungen könnten die Einschlüsse **3** auch durch ein Fluid gebildet sein, das von dem durch den Kanal **1** geführten Medium unterscheidbar ist. Auch wäre es möglich, dass jenes strömbare Medium nicht als Flüssigkeit, sondern als Gas vorläge. Im hier beschriebenen Fall handelt es sich bei dem strömbaren Medium um einen flüssigen Reaktanden, der dem Kanal **1** von einem in [Fig. 1](#) jeweils links liegenden Ende zugeführt wird. An einem in [Fig. 1](#) jeweils

rechts liegend abgebildeten Endedes Kanals **1** weist dieser einen offen endenden Kanalausgang **4** auf, durch den das den Einschluss **3** bildende Gas in eine Umgebung des Mikroreaktors entweichen kann.

[0028] Der Kanal **1** hat einen Querschnitt, der ein T-Profil bildet, wobei die Seitenfläche **2** einen von einem Querbalken des T-Profiles abstehenden weiteren Balken abschließt. Aufgrund von Kapillarkräften, die eine Minimierung einer Oberflächenenergie des Einschlusses **3** bewirken, steigt der an der Seitenfläche **2** gebildete Einschluss **3** zunächst auf bis zu einer Stelle, an der der genannte weitere Balken den Querbalken berührt, wodurch der Einschluss **3** von der an der Seitenfläche **2** anliegenden katalytischen Membran entfernt wird.

[0029] Zusätzlich weist nun der Kanal **1** eine Geometrie auf, die den Einschluss **3** in eine Form zwingt, in der wiederum Kapillarkräfte auf ihn wirken, die den Einschluss **3** längs des Kanals **1** zum Kanalausgang **4** hin bewegen. Diese Geometrie ist dadurch charakterisiert, dass ein Verhältnis A'/l' und ein Verhältnis A/l längs des Kanals **1** zum Kanalausgang **4** hin streng monoton und stetig zunehmen, wobei für jeden auf einer Längsrichtung des Kanals **1** senkrecht stehenden Querschnitt des Kanals **1** die Größe A als Flächeninhalt und die Größe l als Umfangslänge dieses Querschnitts definiert seien, während mit A' ein Flächeninhalt und mit l' eine Länge einer Umfangslinie einer innerhalb dieses Querschnitts liegenden zusammenhängenden Fläche bezeichnet sei, wobei diese Fläche dadurch definiert ist, dass A'/l' verglichen mit allen anderen in dem Querschnitt liegenden zusammenhängenden Flächen einen maximalen Wert annimmt, wobei θ definiert ist als Randwinkel, der auf Höhe des jeweiligen Querschnitts an der Kanalwand **5** zwischen dem vom Kanal **1** geführten strömbar Medium und dem die Einschlüsse **3** bildenden Gas (oder bei anderen Ausführungen der Erfindung flüssigen Fluid) einstellt und vollständig in dem erstgenannten strömbar Medium liegt. Im vorliegenden Beispiel gilt $\theta < \pi/2$, so dass insbesondere $\text{sign}(\cos\theta) = +1$ gilt und damit auch die Größen $\text{sign}(\cos\theta)A'/l'$ und $\text{sign}(\cos\theta)A/l$ längs des Kanals **1** zum offen endenden Kanalausgang **4** hin streng monoton und stetig zunehmen.

[0030] Die monotone Zunahme der genannten Größen bzw. Verhältnisse längs des Kanals **1** zum Kanalausgang **4** hin ist im vorliegenden Fall dadurch realisiert, dass der Flächeninhalt A des Querschnitts des Kanals **1** und damit auch der Flächeninhalt A' der genannten innerhalb des Querschnitts liegenden Fläche, die in guter Näherung der Fläche entspricht, die ein Einschluss **3** innerhalb des Querschnitts einzunehmen bestrebt ist, längs des Kanals monoton zunimmt. Erreicht wird eine Zunahme jener Flächen A und A' längs des Kanals **1** dabei dadurch, dass eine Abmessung des Querschnitts in einer zum Querbalken

des erwähnten T-Profiles senkrecht stehenden Richtung längs des Kanals **1** monoton zunehmend gestaltet ist, was durch eine im Verlauf des Kanals **1** zunehmende Streckung eines den Querbalken bildenden Teils des T-Profiles in zum Querbalken senkrechter Richtung und eine damit verbundene Profiländerung realisiert wird. Der jeweils den Querbalken des T-Profiles bildende Teil des Kanals **1** erhält dadurch eine Keilform. Es wären auch andere Geometrien des Kanals **1** denkbar, bei denen ein größter Durchmesser des Querschnitts des Kanals **1** und/oder eine Abmessung dieses Querschnitts in einer auf jenem Durchmesser senkrecht stehenden Richtung längs des Kanals **1** monoton zunimmt, um dadurch eine Bewegung von Einschlüssen **3** in eine Vorzugsrichtung durch Kapillarkräfte zu induzieren. Im vorliegenden Fall des Kanals **1** aus der [Fig. 1](#) ergibt sich in beschriebener Weise eine Profiländerung, bei der auch ein als A/l^2 und ein als A'/l'^2 definiertes Verhältnis längs des Kanals **1** zum Kanalausgang **4** hin stetig und streng monoton zunimmt.

[0031] Schließlich wäre es auch möglich, die Kanalwand **5** des Kanals **1** alternativ oder zusätzlich zu einer Profiländerung mit sich längs des Kanals ändernden Oberflächeneigenschaften auszuführen, beispielsweise durch eine ortsabhängige Beschichtung, so dass der Randwinkel θ , der eine Funktion des die Einschlüsse **3** bildenden Gases, des vom Kanal **1** geführten strömbar Mediums und der Oberflächeneigenschaften der Kanalwand **5** ist, einen sich längs des Kanals **1** ändernden Wert hat und dass die Einschlüsse **3** dadurch in eine Form gebracht werden, welche die die Einschlüsse **3** zum Kanalausgang **4** hin bewegendes Kapillarkräfte verursacht oder verstärkt.

[0032] Der in der [Fig. 1](#) nicht maßstabsgetreu abgebildete Kanal ist ferner so dimensioniert, dass der Flächeninhalt A des Querschnitts des Kanals **1** an einem Kanalbeginn einen Wert von $25\,000\ \mu\text{m}^2$ hat und über eine Strecke einer Länge von $0,7\ \text{mm}$ längs des Kanals **1** gleichmäßig bis zu einem Wert von $95\,000\ \mu\text{m}^2$ am Kanalausgang **4** zunimmt. Dabei hat der Kanal **1** eine durch eine Länge des Querbalkens des erwähnten T-Profiles gegebene und im vorliegenden Fall konstante Breite von $500\ \mu\text{m}$. Möglich wäre auch eine entsprechende Gestaltung einer Kapillare, bei der eine Querschnittsänderung lediglich durch eine Verkipfung mindestens einer der Kanalwände **5** um nur etwa $0,001^\circ$ realisiert wird.

[0033] Bei einem Betrieb des Mikroreaktors, der den abgebildeten Kanal **1** enthält, entstehen die Einschlüsse **3**, von denen in der [Fig. 1](#) einer abgebildet ist, an der Seitenfläche **2**, wobei das die Einschlüsse **3** bildende Gas eine aufgrund der vorrichtungsbedingt an der Seitenfläche **2** bzw. an der dort anliegenden katalytischen Membran stattfindenden Reaktion eindeutig festgelegte chemische Zusammensetzung

hat. Damit ist auch der zuvor zur Beschreibung von Eigenschaften des Kanals **1** herangezogene Randwinkel θ festgelegt. Aufgrund der beschriebenen Geometrie des Kanals **1** werden die Einschlüsse **3** nun ausschließlich durch Kapillarkräfte angetrieben zu dem Kanalausgang **4** hin bewegt.

[0034] Außer in chemischen Mikroreaktoren können strömbare Medien führende Kapillare der Art des zuvor beschriebenen Kanals **1** auch in anderen Vorrichtungen insbesondere zum Zweck einer Entgasung oder einer Entfernung anderer Einschlüsse vorgesehen werden, beispielsweise in Vorrichtungen, die nachfüllbare Flüssigkeiten enthalten und bei denen ein Nachfüllen typischerweise mit einer Blasenbildung verbunden ist. Als Beispiel seien nachfüllbare Tintenpatronen genannt.

[0035] Ein ähnlicher Kanal **1**, der zum Transport eines flüssigen Reaktanden in einer Bipolarplatte eines Brennstoffzellenstapels dient und ähnliche Abmessungen wie der zuvor beschriebene Kanal **1** hat, ist in der [Fig. 2](#) als Querschnitt (**Abb. a**) bis f)) und als Seitenansicht (**Abb. g**) und g)) dargestellt. Der selbst nicht abgebildete Brennstoffzellenstapel besteht im vorliegenden Fall aus Direkt-Methanol-Brennstoffzellen, wobei der abgebildete Kanal **1** primär zum Transport von den genannten Reaktanden bildendem Methanol dient.

[0036] Der Kanal **1** hat wieder einen ein T-Profil bildenden Querschnitt, wobei ein in der [Fig. 2](#) jeweils unten liegender Querbalken dieses T-Profiles an einer als Katalysator dienenden und ihrerseits an einer Elektrolytmembran anliegenden Diffusionslage anliegt. Diese Diffusionslage bildet eine aktive Fläche **6**, an der bei einem Betrieb des Brennstoffzellenstapels gasförmiges Kohlendioxid entsteht, welches von dem Methanol umgebene Einschlüsse **3** innerhalb des Kanals **1** bildet. Der Querbalken des T-Profiles hat eine sich zu zwei Enden hin verjüngende Form, wobei mittig an dem Querbalken ein von der aktiven Fläche **6** weg weisender weiterer Balken absteht. Die mit a) bis f) gekennzeichneten Abbildungen in der [Fig. 2](#) veranschaulichen, dass diese Form des T-Profiles zur Folge hat, dass sich die wachsenden Einschlüsse **3** aufgrund von Kapillarkräften zu dem genannten weiteren Balken hinbewegen, wobei größere Einschlüsse **3** unterwegs angetroffene kleinere Einschlüsse **3** in sich aufnehmen. Bei anderen Ausführungen der Erfindung kann vorgesehen sein, dass sich der erwähnte weitere Balken, der mittig am Querbalken des T-Profiles ansetzt, vom Querbalken weg verbreitert, wodurch sich eine Bewegung der Einschlüsse **3** aufgrund von Kapillarkräften in den weiteren Balken des T-Profiles hinein und damit von der aktiven Fläche **6** weg induzieren lässt. In ähnlicher Weise könnte der Kanal **1** in einer Abwandlung der Erfindung auch mit einem L-Profil ausgeführt sein (das sich durch Weglassen einer Hälfte des Querbalkens ergäbe) mit ei-

nem an der aktiven Fläche **6** anliegenden Schenkel.

[0037] Wie bei dem zuvor beschriebenen Beispiel hat auch der in der [Fig. 2](#) abgebildete Kanal **1** einen längs des Kanals **1** zu einem Kanalausgang **4** stetig und streng monoton zunehmenden Querschnitt A , wobei auch ein als $A/1$ definiertes Verhältnis zum Kanalausgang **4** hin stetig und streng monoton zunimmt, wobei 1 als Umfangslänge des Querschnitts des Kanals **1** definiert ist. Die Einschlüsse **3** bilden mit einer Kanalwand **5** einen Randwinkel oder Kontaktwinkel θ mit einem kleinen Wert von zwischen 0 und $\pi/2$, weshalb die erwähnte Zunahme des Verhältnisses $A/1$ und die damit verbundene Zunahme des Verhältnisses $A'/1'$ (A' und $1'$ seien wie zuvor im Zusammenhang mit [Fig. 1](#) erläutert definiert) zur Folge hat, dass auf die Einschlüsse **3** diese zum Kanalausgang **4** hin bewegende Kapillarkräfte wirken. Die Zunahme des Querschnitts A und einer in beschriebener induzierte Bewegung eines Einschlusses **3** zum Kanalausgang **4** hin ist in den **Abb. g**) und h)), die zwei aufeinander folgende Zeitpunkte wiedergeben, veranschaulicht. Dort ist auch an einer Stelle der Randwinkel θ eingezeichnet.

[0038] Ähnlich wie der hier beschriebene Kanal **1** kann auch ein Kühlmittelkanal ausgeführt sein, der ein flüssiges Kühlmittel führt und in dem sich bei einem Betrieb des Brennstoffzellenstapels oder eines anderen chemischen Mikroreaktors Dampfblasen des Kühlmittels bilden können. Auch können entsprechende Kanäle **1** nicht nur in Bipolarplatten, sondern auch in anderen Stromabnehmern beispielsweise von Brennstoffzellen angeordnet sein.

[0039] Die [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#), in denen wiederkehrende Merkmale wieder mit den gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet sind, veranschaulichen noch einmal die beschriebenen Effekte eines auf Kapillarkräfte zurückzuführenden Blasen transports. In [Fig. 3](#) links ist ein Kanal **1** mit einem Einschluss **3** eines Fluids, der rechts und links von einem strömbar Medium eingeschlossen ist, gezeigt. Der Kontaktwinkel θ , der als vollständig im strömbar Medium außerhalb des Einschlusses **3** liegend definiert ist, ist hier kleiner als $\pi/2$, so dass eine Zunahme von $A/1$ (und $A'/1'$) zum Kanalausgang **4** (hier nach links) hin einen Blasen transport in diese Richtung bewirkt. In der selben [Fig. 3](#) ist rechts ein anderer Kanal **1** aus einer anderen Vorrichtung abgebildet, in dem sich in ähnlicher Weise Einschlüsse **3** bilden, bei denen sich aber ein Kontaktwinkel θ einstellt, der größer als $\pi/2$ ist. Hier bewirkt eine Abnahme von $A/1$ (und $A'/1'$) zum Kanalausgang **4** (jetzt rechts liegend) hin, dass die Einschlüsse **3** dorthin bewegt werden.

[0040] [Fig. 4](#) veranschaulicht an zwei Beispielen, links für $\theta > \pi/2$ und rechts für $\theta < \pi/2$, wie ein entsprechender Effekt auch bei gleichbleibendem Kanalquerschnitt durch ortsabhängige Werte von θ er-

reicht wird. In beiden Fällen bewirkt eine Zunahme von θ zum Kanalausgang **4** (jeweils links liegend) hin eine auf den jeweiligen Einschluss **3** wirkende Kraft, der diesen zum Kanalausgang **4** hin bewegt. In allen geschilderten Fällen kommt die Bewegung durch unterschiedliche Kapillardrücke an den zwei gegenüberliegenden Enden des jeweiligen Einschlusses **3** zustande, was sich in unterschiedlichen Krümmungen der die Einschlüsse begrenzenden Menisken widerspiegelt. Verursacht ist dieser Effekt bei den Beispielen aus [Fig. 3](#) durch die Kanalgeometrie, bei den Beispielen aus [Fig. 4](#) durch einen ortsabhängigen Kontaktwinkel θ , der durch eine sich längs des Kanals **1** ändernde Oberflächenbeschichtung der Kanalwand **5** realisiert sein kann. Selbstverständlich können die anhand der [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) beschriebenen Effekte auch (durch Kombination der Merkmale) überlagert werden.

[0041] Mit der vorliegenden Erfindung wird nach alledem insbesondere vorgeschlagen, geometrische Strukturen für den Transport von Gasblasen zu nutzen, indem die Geometrie fluidführender Kanäle **1** den jeweiligen Anforderungen entsprechend gestaltet wird. Wird beispielsweise eine Seitenwand **2** des Kanals **1** durch ein Membran gebildet, an der eine Reaktion abläuft, die beispielsweise Gas produziert, welches schnellstmöglich abgeführt werden soll, so kann die Kanalgeometrie dahingehend gestaltet werden, dass das Gas allein aufgrund von Kapillarkräften von der Membran abtransportiert wird. Strukturen der hier vorgestellten Art können also zum passiven Abtransport von Gasvolumina genutzt werden, wobei die Kanäle **1** eine Vorzugsrichtung vorgeben und zum passiven Transport auch über längere Strecken genutzt werden können. Zu einem Austrag der Gasblasen sind dabei keine von außen wirkenden Kräfte und damit auch keine entsprechenden externen Komponenten wie beispielsweise Pumpen erforderlich. Die [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) basieren auf numerischen Strömungssimulationen und zeigen, wie sich Gasvolumina, welche die Einschlüsse **3** bilden, aufgrund einer Minimierung von Oberflächenenergien jeweils in einen bestimmten Ausschnitt eines Querschnitts hineinbewegen und dort aufgrund unterschiedlicher Kapillardrücke in eine Bewegung entlang des Kanals **1** gezwungen werden. Diese Bewegung dauert typischerweise bis zu einem Ablösen des entsprechenden Gasvolumens von den Kanalwänden **5** an einem Kanalausgang **4** an, da dann ein energetisches Minimum erreicht wird.

[0042] Es wird also insbesondere vorgeschlagen, passive Systeme der hier beschriebenen Art zum Transport einer Einschlüsse **3** bildenden Phase (typischerweise Gas) in chemischen Reaktorsystemen einzusetzen. Typische Reaktoren, die für einen Einsatz solcher Strukturen geeignet sind, sind katalytische Reaktoren wie beispielsweise Brennstoffzellen mit katalytischen Membranen, an denen kontinuier-

lich Gasblasen entstehen. Durch einen zügigen Abtransport der Gasblasen wird damit ein Blockieren einer aktiven Membranfläche verhindert, indem diese Membranfläche leer geräumt wird. Die entstehenden Gasblasen sorgen dazu mit Hilfe der speziellen angepassten Geometrie der Kanäle **1** selbständig für eine typischerweise periodische Reinigung der Membranfläche von Gasblasen. Diese Methode gewährleistet eine maximale freie Reaktionsfläche, stellt eine selbsttätige Wiederbefüllung des Reaktors mit den entsprechenden Reaktanden sicher und bietet somit große Vorteile gegenüber dem Stand der Technik.

[0043] Die geometrischen Strukturen, durch die die erwünschten Kapillarkräfte zum passiven Transport der Blasen bildenden Phase hervorgerufen werden, können auch Stege und Verengungen umfassen oder durch solche realisiert sein. Die Geometrie soll dabei so beschaffen sein, dass die Blasen bildende Phase sich aufgrund der Geometrie und aufgrund von Oberflächenbeschaffenheiten der geometrischen Strukturen – angetrieben durch eine Oberflächenspannung der entstehenden Blasen – in eine Vorzugsrichtung bewegt, wobei ein Transport der Blasen typischerweise ausschließlich passiv, d.h. lediglich angetrieben durch die Kapillarkräfte an Phasengrenzen erfolgt.

Patentansprüche

1. Vorrichtung mit einem ein strömbares Medium führenden Kanal (**1**), wobei ein bestimmungsgemäßer Betrieb und/oder eine Wartung der Vorrichtung mit einer Bildung von Einschlüssen (**3**) eines vom genannten Medium unterscheidbaren Fluids in dem Kanal (**1**) verbunden ist und wobei sich für jeden auf einer Längsrichtung des Kanals (**1**) senkrecht stehenden Querschnitt des Kanals (**1**) ein Flächeninhalt A und eine Umfangslänge l dieses Querschnitts angeben lassen sowie ein Flächeninhalt A' und eine Länge l' einer Umfangslinie einer innerhalb des Querschnitts liegenden zusammenhängenden Fläche, für die gilt, dass das Verhältnis A'/l' verglichen mit allen anderen in dem Querschnitt liegenden zusammenhängenden Flächen einen maximalen Wert annimmt, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verhältnis A'/l' und/oder das als A/l definierte Verhältnis und/oder, wenn sich bei einem Einschluss (**3**) an einer durch den Querschnitt definierten Stelle des Kanals (**1**) zwischen dem strömbar Medium und dem den Einschluss (**3**) bildenden Fluid an einer Kanalwand (**5**) ein als vollständig im strömbar Medium außerhalb des Einschlusses (**3**) liegend definierter Kontaktwinkel θ einstellt, dieser Kontaktwinkel θ und/oder, wenn $\theta > \pi/2$ gilt, eine als $-A/l$ und/oder eine als $-A'/l'$ definierte Größe längs des Kanals (**1**) zu einem Kanalausgang (**4**) hin monoton zunimmt.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eines der genannten

Verhältnisse und/oder zumindest eine der genannten monoton zunehmenden Größen streng monoton und/oder stetig zunimmt.

3. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass sie einen chemischen Reaktor oder Mikroreaktor oder einen Bestandteil eines chemischen Reaktors oder Mikroreaktors bildet.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass sie einen Stromabnehmer, eine Bipolarplatte, eine Brennstoffzelle, einen Brennstoffzellenstapel oder einen Bestandteil davon bildet.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Kanal (1) ein Kühlmittelkanal oder ein Kanal (1) für ein Reaktionsprodukt und/oder einen Reaktanden ist.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Kanal (1) zumindest streckenweise an einer aktiven Fläche (6) und/oder an einer katalytischen Membran oder einem anderen Katalysator anliegend verläuft.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Kanal (1) ein T-Profil oder ein ein T-Profil enthaltendes Profil hat.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das T-Profil einen Querbalken aufweist, der sich zu mindestens einem Ende hin verjüngt und/oder an dem ein sich von dem Querbalken weg verbreiternder weiterer Balken ansetzt.

9. Vorrichtung nach Anspruch 6 und einem der Ansprüche 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass das T-Profil einen an der aktiven Fläche (6) und/oder der katalytischen Membran oder dem Katalysator anliegenden Querbalken aufweist.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Flächeninhalt A des Querschnitts des Kanals (1) Werte zwischen $25\ 000\ \mu\text{m}^2$ und $0,25\ \text{mm}^2$ und/oder ein größter Durchmesser dieses Querschnitts Werte zwischen $25\ \mu\text{m}$ und $1\ \text{mm}$ annimmt.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Flächeninhalt A des Querschnitts des Kanals (1) und/oder der Flächeninhalt A' der genannten innerhalb des Querschnitts liegenden Fläche längs des Kanals (1) monoton zunimmt.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass ein als $A/1^2$ und/oder ein als $A'/1^2$ definiertes Verhältnis längs des

Kanals (1) monoton zunimmt.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass ein größter Durchmesser des Querschnitts des Kanals (1) und/oder eine Abmessung dieses Querschnitts in einer auf jenem Durchmesser senkrecht stehenden Richtung längs des Kanals (1) monoton zunimmt.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Kanal (1) Kanalwände (5) mit sich längs des Kanals (1) ändernden Oberflächeneigenschaften hat, so dass der Randwinkel θ einen sich längs des Kanals (1) ändernden Wert hat.

15. Verfahren zur Entfernung von Einschlüssen (3) aus einer Vorrichtung mit einem ein strömbares Medium führenden Kanal (1), wobei bei einem Betrieb und/oder einer Wartung der Vorrichtung zumindest ein Einschluss (3) eines Fluids oder Gases in dem strömbar Medium innerhalb des Kanals (1) gebildet wird, dadurch gekennzeichnet, dass der Einschluss (3) durch Kapillarkräfte zu einem Kanalausgang (4) hin bewegt wird.

16. Verwendung einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14 zur Durchführung eines Verfahrens nach Anspruch 15.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

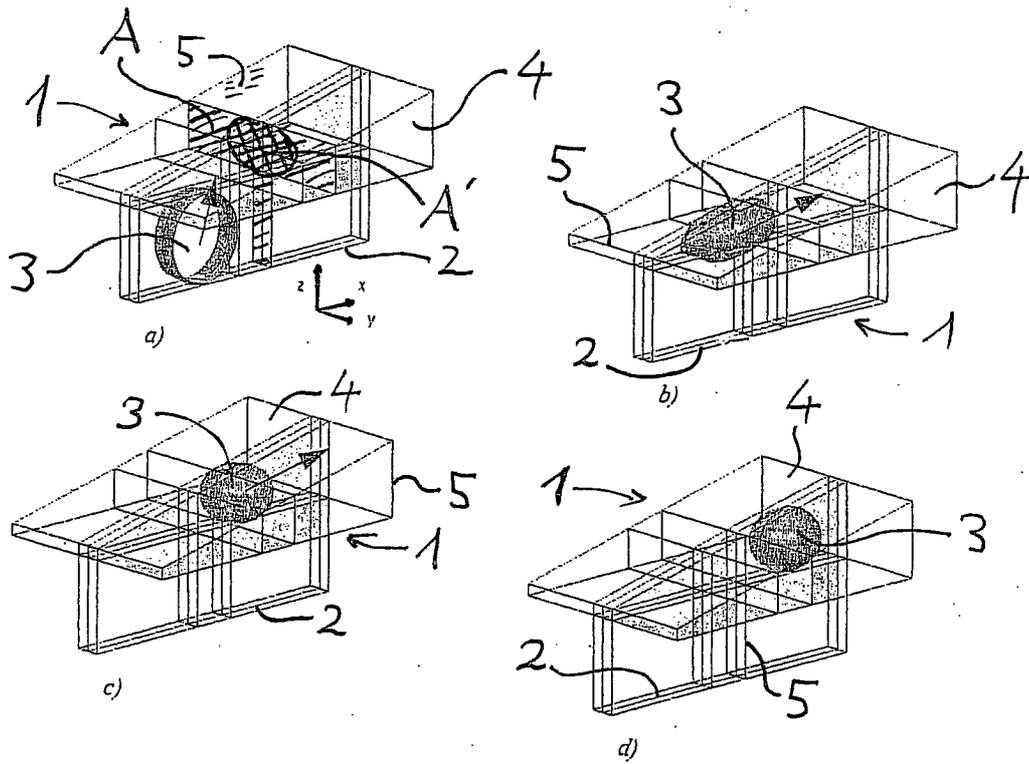


Fig. 1

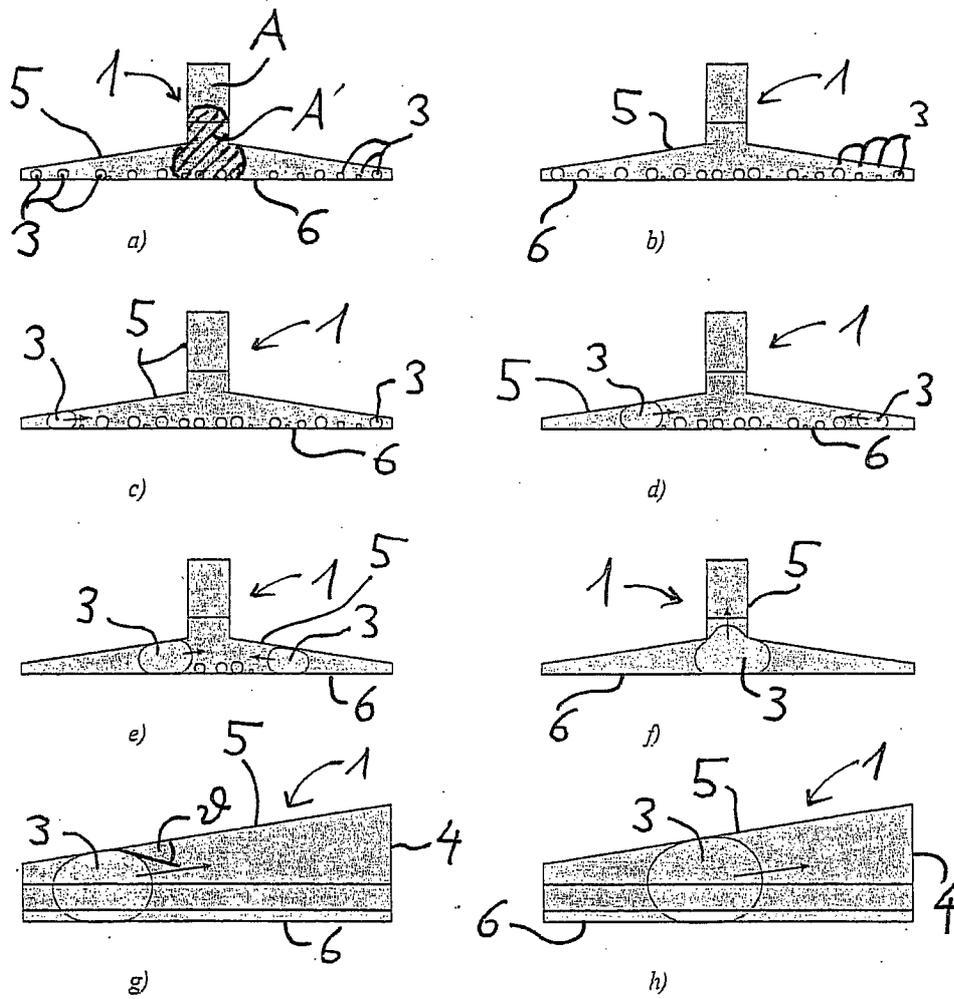


Fig. 2

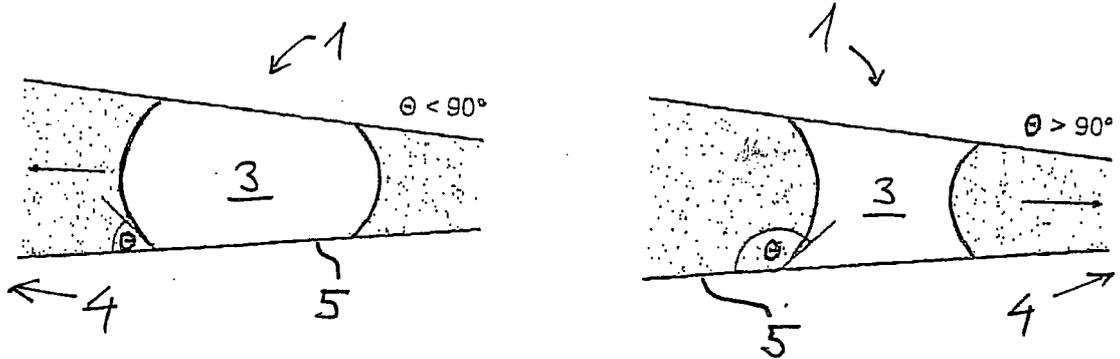


Fig. 3

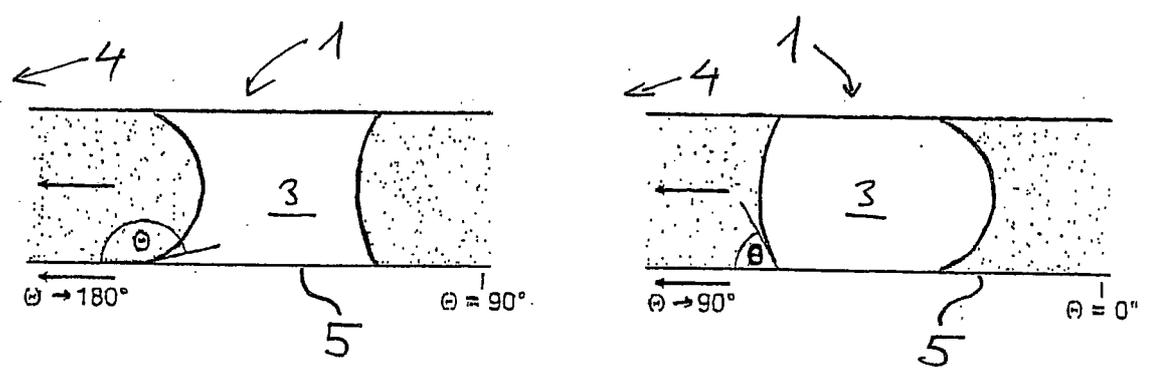


Fig. 4