

DE 102004032375 A1

Anmeldeland: DE
Anmeldenummer: 102004032375
Anmeldedatum: 30.06.2004
Veröffentlichungsdatum: 26.01.2006
Hauptklasse: D01F 8/00
Nebeklasse: B01D 63/02
Nebeklasse: B01D 69/08
Nebeklasse: C02F 1/46
Nebeklasse: C02F 1/461
Nebeklasse: C08J 5/22
MCD-Nebeklasse: A61K 9/00(2006.01,A)
MCD-Nebeklasse: B01D 63/02(2006.01,A)
MCD-Nebeklasse: B01D 69/08(2006.01,A)
MCD-Nebeklasse: B01D 71/02(2006.01,A)
MCD-Nebeklasse: C02F 1/46(2006.01,A)
MCD-Nebeklasse: C02F 1/461(2006.01,A)
MCD-Nebeklasse: C08J 5/22(2006.01,A)
MCD-Nebeklasse: C12M 3/06(2006.01,A)
MCD-Nebeklasse: D01F 8/00(2006.01,A)
MCD-Nebeklasse: G02B 6/02(2006.01,A)
MCD-Nebeklasse: H01L 35/00(2006.01,A)
MCD-Nebeklasse: H01M 8/10(2006.01,A)
CPC: B01D 69/08
CPC: B01D 67/0072
CPC: B01D 67/0088
CPC: B01D 71/021
CPC: B01D 71/027
CPC: B01D 2325/08
CPC: C02F 1/46104
ECLA: B01D 67/00 M24
ECLA: B01D 67/00 R14
ECLA: B01D 69/08
ECLA: B01D 71/02 C
ECLA: B01D 71/02 P4
ECLA: C02F 1/461 B
Entgegenhaltung (PL): JP 000S58197311 A
Entgegenhaltung (PL): JP 000S62110916 A
Entgegenhaltung (PL): JP 00000S616306 A
Erfinder: Rennebeck, Klaus, Dr., 73240 Wendlingen, DE
Anmelder: Rennebeck, Klaus, Dr., 73240 Wendlingen, DE
Anmelder: Scheller, Albert, Dr., 73240 Wendlingen, DE

[DE]Faser, insbesondere Hohlfaser und deren Verwendung

[DE]Die Erfindung betrifft eine Faser, insbesondere Hohlfaser (1), wobei die Faser beziehungsweise Hohlfaser (1) eine Mehrzahl von benachbart zueinander angeordneten, nebeneinander verlaufenden und durch Wände (4) voneinander getrennten Hohlräumen (3) mit einem hydraulisch gleichwertigen Innendurchmesser von maximal 1 mm aufweist und die Wände (4) zweier benachbarter Hohlräume (3) durch eine gemeinsame Wand (4) und/oder durch zwei stoffschlüssig miteinander verbundene Wände (4) gebildet ist.

Seite 2 --- ()

[0001] Die Erfindung betrifft eine Faser, insbesondere eine Hohlfaser, mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1.

[0002] Aus der DE 101 18 651 A1 ist eine Anordnung einer Vielzahl von Mikro- oder Nano-Hohlfasern bekannt, welche Teil einer Brennstoffzelle ist. Dabei besteht die Brennstoffzelle aus einer oder mehreren Einzelzellen, wobei eine Einzelzelle eine Elektrolyt-Elektrodeneinheit, Mitteln zur Gasverteilung der Reaktanten an die Elektroden, sowie eine elektrische Kontaktierung der Einzelzelle umfasst. Dabei umfassen die Elektroden elektrisch leitfähige, regelmäßig angeordnete mikro- oder nanoskalige nadel- oder röhrenförmige Elektrodenelemente (Nanowhisker bzw. Nanotubes), welche auf einem gasdurchlässigen Trägersubstrat verankert und mit einem Katalysator beschichtet sind. Dabei sind die Elektrodenelemente außen ganz oder teilweise vom Material des Elektrolyten umschlossen und die katalytischen Reaktionszonen an den Elektrodenelementen sind über das gasdurchlässige Trägersubstrat mit den Mitteln zur Gasverteilung verbunden, und die Elektrodenelemente sind untereinander und mit der elektrischen Kontaktierung der Einzelzelle elektrisch leitfähig verbunden.

[0003] Eine derartige Anordnung lässt noch Wünsche offen, insbesondere in Hinblick auf die Herstellung.

[0004] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zu Grunde, eine Faser der eingangs genannten Art zu verbessern. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Faser mit den Merkmalen des Anspruches 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0005] Erfindungsgemäß ist eine Faser, insbesondere Hohlfaser, vorgesehen, die eine Mehrzahl von benachbart zueinander angeordneten, nebeneinander verlaufenden und durch Wände voneinander getrennte Hohlräume mit einem hydraulisch gleichwertigen Innendurchmesser von maximal 1 mm aufweist, wobei die Wände zweier benachbarter Hohlräume durch eine gemeinsame Wand und/oder durch zwei stoffschlüssig miteinander verbundene Wände gebildet ist. Im Folgenden wird unter Hohlraum ein Lumen verstanden, das beidseitig offen ist. Die Gestalt des Hohlraums ist anwendungsfallabhängig, in der Regel ist der Hohlraum jedoch etwa kreisförmig, etwa oval oder wabenförmig, d.h. sechseckig, gegebenenfalls auch achteckig. Dadurch, dass die einzelnen Wände miteinander verbunden sind, ergibt sich ein guter Zusammenhalt, und die Position der Hohlräume ist festgelegt. Die Wandstärke im Verbindungsbereich kann hierbei verringert ausgebildet sein, so dass - trotz der stoffschlüssigen

Verbindung zweier getrennt hergestellter Wände - sich beim Verbinden insgesamt eine etwa gleichbleibende Wandstärke ergibt. Eine derartige Faser, insbesondere Hohlfaser, ist deutlich einfacher handhabbar als eine entsprechende Anzahl einzelner (Basis-)Hohlfasern.

[0006] Die Wände können eine wabenförmige Gestalt aufweisen, welche durch eine Mehrzahl miteinander in mehrfachem, insbesondere stoffschlüssigem Linienkontakt stehenden Folien gebildet ist.

[0007] Alternativ können die Wände durch in einer oder mehreren Reihen benachbart angeordnete und mittels stoffschlüssigem Linien- oder Flächenkontakt stehenden Hohlfasern gebildet sein.

[0008] Die Wände können in Verbindung mit den dazwischen angeordneten Hohlräumen gemeinsam eine Folie bilden, das heißt, es erfolgt eine flächige Anordnung der einzelnen Basishohlfasern.

[0009] Bevorzugt bilden die Wände in Verbindung mit den dazwischen angeordneten Hohlräumen gemeinsam eine Hohlfaser, insbesondere eine Hohlfaser höherer Ordnung. Dies kann durch eine direkte entsprechende Anordnung der einzelnen Basishohlfasern oder durch ein Wickeln einer aus Basishohlfasern gebildeten Folie erfolgen.

[0010] Besonders bevorzugt schneiden sich die Längsachsen der Hohlräume etwa in der Längsachse der Faser, wobei eine Vielzahl von Basishohlfasern in Längsrichtung der Längsachse vorgesehen sind, so dass eine "offene" Hohlfaser aus den Basishohlfasern gebildet wird.

[0011] Alternativ können die Längsachsen der Hohlräume parallel oder wendelförmig bezüglich der Längsachse der Faser angeordnet sein.

[0012] Die Wände bestehen vorzugsweise zumindest bereichsweise aus Kohlenstoff, aus Diamant, aus mit Bor dotiertem Diamant, aus Zirkoniumoxid, Aluminiumoxid, Saphir und/oder Leukosaphir, insbesondere beschichtet mit Diamant, mit Bor dotiertem Diamant oder Silizium, Gold oder Platin, Zellulose, Stärke und/oder Proteinen. Dabei hängt die Materialauswahl von dem Verwendungszweck ab.

[0013] Bevorzugt entsprechen die Außenabmessungen der Faser beziehungsweise der Hohlfaser einem hydraulisch gleichwertigen Durchmesser von bis zu maximal 10 mm, insbesondere von bis zu maximal 1 mm, so dass sie bevorzugt textile Eigenschaften aufweist und entsprechend weiterverarbeitet werden kann.

Seite 3 --- ()

[0014] Besonders bevorzugt wird eine derartige Faser, insbesondere eine Hohlfaser, zur elektrochemischen Wasserreinigung und/oder Abwasserbehandlung verwendet. Eine derartige Faser, insbesondere eine derartige Hohlfaser kann ferner in einer Brennstoffzelle, einem Elektrolyseur oder einem Wasserstoffspeicher verwendet werden.

[0015] Die Hohlfaser zweiter Ordnung kann bei entsprechender Ausgestaltung, das heißt entsprechenden Abmessungen und verwendeten Materialien, auch zur Herstellung eines bionischen Organersatzes verwendet werden, wobei auf der äußeren Oberfläche der Faseranordnung insbesondere Zellkulturen anzüchtbar sind. Hierfür wird auf die WO 00/06218 A1 verwiesen.

[0016] Ebenfalls ist die Verwendung entsprechend der DE 199 08 863 A1 als Vorrichtung zur Gewinnung von Synthesegas und entsprechend der DE 100 16 591 C2 als Vorrichtung zur Gewinnung von Wasserstoff möglich.

[0017] Dabei kann mindestens eine, gegebenenfalls auch alle der miteinander verbundenen Hohlfasern aus mindestens zwei Fasern bestehen, wobei mindestens eine Faser mit einem offenen Hohlprofil eine zweite Faser zumindest teilweise umgreift und in ihrem Hohlraum aufnimmt. Bevorzugt ist die zweite Faser ebenfalls als eine Faser mit einem offenen Hohlprofil ausgebildet, und insbesondere weist die Faseranordnung insgesamt ein Hohlprofil auf.

[0018] Hierbei wird aus mehreren Fasern, bevorzugt aus zwei Fasern mit seitlich offenen Hohlprofilen, eine Faseranordnung zusammengesetzt, die vorzugsweise einen durchgehenden, endseitig offenen Hohlraum (Lumen) aufweist. Die Fasern sind hierbei vorzugsweise gegeneinander verspannt, vorzugsweise auf Grund einer elastischen Verformung, bevorzugt der äußeren Faser.

[0019] Fasern mit einem derartigen C-förmigen Profil, wie sie bei einer entsprechenden Faseranordnung verwendet werden, können beispielsweise gegossen, extrudiert oder gesponnen und gegebenenfalls anschließend gestreckt werden, so dass minimale Abmessungen bis hin zu Mikro- oder gar Nanofasern möglich sind. Die Fasern, sofern es sich um keramische Fasern handelt, können beispielsweise nach dem in der EP 1 015 400 B1 oder der DE 197 01 751 A1 offenbarten Verfahren hergestellt werden. Die Herstellung eines C-förmigen Profils kann auch durch Abschaben der Faser von einem massiven Block bestehend aus dem Ausgangsmaterial, vergleichbar mit dem Abschaben einer Butterflocke, erfolgen. Ebenfalls ist ein Rollen eines entstehend ausgebildeten Folienstreifens oder einer Folie mit nachfolgendem Abtrennen des die Faser bildenden Streifens möglich. Ferner kann ein Ätzen einer Faser mit Voll- oder Hohlprofil erfolgen.

[0020] Plastische, grüne oder braune keramische Fasern oder Folien können oberflächenbehandelt werden und anschließend in einem thermischen Prozess getempert, gegläht, gebrannt oder gesintert und anschließend zur Faseranordnung zusammengesetzt werden.

[0021] Das Zusammenfügen der Fasern zu einer Faseranordnung erfolgt, indem die äußere Faser aufgeweitet und die innere Faser eingezogen wird. Das Aufweiten und Einziehen im Falle von Mikro- und Nanostrukturen erfolgt insbesondere mittels einer Sonde eines Tunnelelektronenmikroskops (Kraftmikroskop), welche insbesondere eine Spitze bestehend aus einem einzigen Molekül hat.

[0022] Prinzipiell ist ein Auseinandernehmen der Faseranordnung, gegebenenfalls auch bei einer Integration in eine Hohlfaser zweiter Ordnung, Behandeln der einzelnen Fasern und erneutes Zusammensetzen möglich.

[0023] Bei entsprechender Ausgestaltung der einzelnen Fasern können auch mehr als zwei Fasern zusammengefügt und anschließend zu einer Hohlfaser zweiter Ordnung verbunden werden. Hierbei sollte jedoch die äußerste Faser derart bemessen sein, dass ein ausreichendes Umgreifen der nächstinneren Faser möglich ist.

[0024] Der Vorteil einer zusammengefügten Faseranordnung gegenüber einer Hohlfaser liegt insbesondere darin, dass verschiedene Materialien mit unterschiedlichen Längenausdehnungen kombiniert und dass Strukturen einfacher auf der Innenmantelfläche angebracht werden können. Dabei wird eine Innenbeschichtung, insbesondere bei Mikro- und Nanostrukturen, vereinfacht oder in vielen Fällen auch erst möglich. Diese Vorteile gelten entsprechend bei einer aus mehreren Faseranordnungen gebildeten Hohlfaser zweiter oder gar höherer Ordnung.

[0025] Die Fasern können auch vor oder nach dem Zusammenfügen, vor oder nach dem Zusammenfügen zu einer Hohlfaser zweiter Ordnung, bearbeitet und/oder mit Oberflächenbeschichtungen, beispielsweise mit bioaktiven und/oder elektrisch leitenden Oberflächenbeschichtungen, versehen werden. Insbesondere können elektrisch leitende Strukturen ein- und/oder aufgebracht werden.

[0026] So kann eine derartige Faseranordnung/Hohlfaser zweiter Ordnung bei entsprechender Ausgestaltung als Thermoelement, insbesondere als Thermogenerator, verwendet werden. Dabei handelt es sich beispielsweise um eine Bipolar-Ausführung, insbesondere mit zwei distanzierten Isolationschicht-Flächenfolien. Zwischen den Folien befindet

Seite 4 --- ()

sich das oder die Thermoelemente und die sonstige Installation mit einer Höhe von vorzugsweise bis zu ca. 100 µm (Wandstärke), jedoch sind auch größere Abmessungen möglich. Dabei wird die Nano- oder Mikro-Röhrchen Ausformung durch eine zuvor genannte Faseranordnung gebildet, wobei eine entsprechende Kontaktierung vorgesehen ist. Insbesondere sind hierbei zwei Serien-Thermoelemente vorgesehen, wobei der Durchmesser einem hydraulisch gleichwertigen Durchmesser von ca. 70 µm entspricht und hierbei noch textile Eigenschaften aufweist. Die menschliche Hautoberflächen-

Temperatur wird durch Direktkontaktauflage gefühlt und mit der distanzierten Folientemperatur (Umgebungstemperatur) verglichen. Als Ergebnis der Temperaturdifferenz fließt in Folge des Seebeck-Effekts ein elektrischer Strom. Mit bekannten Folien-Thermogeneratoren ist eine derartig große Ladungsdichte auf dem kleinen Raum nicht erreichbar und damit die textile Ausführung eine wesentliche Verbesserung. Ferner behindert die isolierenden Folien gemäß dem Stand der Technik, direkt auf der menschlichen Haut angelegt, die Aspiration und ist für den Träger unangenehm. Durch einen aus zuvor genannten Faseranordnungen hergestellten Stoff, insbesondere ein Gewebe, kann die Haut jedoch atmen und der Tragekomfort wird deutlich erhöht, so dass auch großflächige Textilien mit entsprechend höherer elektrischer Leistung ohne Störung des Komforts möglich sind. Die Thermogeneratoren gehören zu den besonders ökologischen Elektrostromerzeugern, ohne jede Emission. Das Halbleitermaterial, vorzugsweise Silizium, kommt nach Sauerstoff in der Erdkruste am zweithäufigsten vor und ist deshalb günstig. Silizium als Rein-Silizium weist einen besonders großen Seebeck-Koeffizienten auf, der bei der Thermogenerator-Nutzung wünschenswert ist.

[0027] Durch Umkehrung, d.h. durch die Anlegung einer entsprechenden elektrischen Spannung, lassen sich gezielt Flächen eines Stoffes erwärmen oder aber abkühlen (Thermoelement).

[0028] Mit Temperaturdifferenzen-Elektrostromgewinnung liegt die Thermogenerator-Technologie bei einem Tausendstel der heutigen spezifischen Feststoffelektrolyten der Brennstoffzellentechnologie-Oberfläche, wobei die Brennstoffzelle ca. 10 000 bis 15 000 W/m² liefert und durch C_nH_m-Auffoxidation auch Luft als Betriebsstoff benötigt. Im Vergleich hierzu liefert beispielsweise ein Quadratmeter Silizium Thermogenerator-Oberfläche 10 bis 15W, bei einer Temperaturdifferenz von ca. 5 K.

[0029] Bevorzugt werden auf elektrisch isolierenden Konfektions-Textilien n- und p-dotierte Thermogeneratoren an- bzw. aufgebracht und elektrisch in der textilen Struktur verschaltet. Vorzugsweise werden auf Synthese-Filament-Faser-Oberflächen die Hohlfilamentfasern angebracht, die aus den zuvor genannten anorganischen oder auch organischen Werkstoffen bestehen. Nano-, Mikro-Hohlfasern aus Nitritkeramik, Glas, Oxidkeramik und sterilisierbaren Polymeren sind bevorzugt.

[0030] Vorzugsweise werden für die Thermogeneratoren Silizium und andere geeignete Halbleiterwerkstoffe als Nano- oder Mikrofasern eingesetzt.

[0031] Die Textilien sind vorzugsweise hydrophil sensibilisiert, um die Differenzen der aspirationspsychometrischen Daten von Trockenkugel- und Feuchtkugel-Temperaturen am Thermogenerator für die Elektrostromgewinnung mit verwerten zu können.

[0032] So ist auch die Nutzung des Ambiente-Wärmeinhalts (Enthalpie) aus der Luft nach den h-x Diagrammdifferenzen zur Elektro-Gleichstromgewinnung möglich.

[0033] Vorzugsweise werden Silber oder Messing in Filamentfaserform als Elektrostrom-Ausleiter mit geeigneten physiologischen und hygienischen Eigenschaften an die Thermogeneratoren geführt. Silber und Messing haben fungizide, bakterizide und viruzide Eigenschaften, bei guter menschlicher Hautverträglichkeit. Andere entsprechend elektrisch leitende Materialien, wie beispielsweise Gold, sind ebenfalls möglich.

[0034] Bevorzugt werden die n- und p-dotierten Thermogeneratoren in den Lumen, d.h. in das Innere, der Faseranordnung eingebracht, wobei die Faseranordnungs-Außenumfangsflächen die Isolierung der Thermogeneratoren im Filamentfaserlumen bilden.

[0035] Vorzugsweise kann der elektrische Ausleiter auch durch die Faserwandung durchgeleitet werden, vorzugsweise mit Silber- oder Messing-Filamenten im Nano- oder Mikro-Isolationsfilament-Hohlfaserlumen. Auch andere geeignete, elektrisch leitenden Werkstoffe sind möglich.

[0036] Bevorzugt ist der Faseranordnungs-Umfang in zwei Umfangoberflächen, vorzugsweise in Richtung der Längsachse, aufgeteilt, wobei jede Faser einen Teil hiervon bildet. Dabei bilden geometrische Längsverstärkungen die Wandungsverdickungen und beeinflussen so die Wärmeleitung. Auf diese Art und Weise wird die warme und kalte Seite am Isolationsumfang aufgeteilt. Vorzugsweise ist eine Streifenversteifung am Umfang vorgesehen, die, vorzugsweise um 180° versetzt, parallel verstärkend als Längsstreifen aufgetragen oder ausgebildet ist, zur Aufteilung des Umfangs in eine kalte und eine warme Hälfte. Dies erfolgt vorzugsweise durch zwei Ausstülpungen der äußeren Faser.

[0037] Vorzugsweise werden als Trägeroberflächen für die n- und p-dotierten Thermogeneratoren vor

Seite 5 --- ()

zugsweise Materialien aus Silizium in/an Polyvinyl-, Alkoholat-, Zellulose-, Styrol-, Viskose-, Acryl-, Gelatine-, Gel-, Solgel- und Proteine-Nano- und Mikro-Hohlfasern eingesetzt. Als Trägerwerkstoffe sind Zirkoniumoxid mit anderen Oxiden besonders geeignet, sowie Aluminiumoxide und Mischoxide, Glas und Spinelle, und als elektrische Leiter auch Graphit, Ruß und Eisenbestandteile.

[0038] Gemäß einer anderen Verwendung wird der Thermogenerator zur Erzeugung von Energie für Implantate, z.B. Hör- oder Sehhilfen, vorgesehen.

[0039] Der Thermogenerator kann mit Betriebsstoff-Medien um- oder durchströmt werden, z.B. wie ein Wärmetauscher, um die kalte und warme Seite des Thermogenerators zu beeinflussen oder zu regeln in Hinblick auf die Strom- und Spannungserzeugung. Damit kann auch eine Funktions- und Betriebsüberwachung bzw. -sicherung erfolgen.

[0040] Ebenfalls können zwei Fasern Elektroden bilden und zwischen sich eine Feststoff-Elektrolyt-Membran, welche eine dritte Faser bildet oder als elastische Folie zwischen den beiden Fasern eingespannt ist, aufnehmen. Dies ermöglicht die Verwendung der Faseranordnung in einer Brennstoffzelle. Auch lassen sich so Oberflächenbeschichtungen auf dem Feststoff-Elektrolyten besser optimieren, verglichen mit einer Anordnung in einer Hohlfaser mit durchgehendem Hohlprofil.

[0041] Gemäß einer weiteren Verwendung der Faseranordnung ist die innere Faser mit einem Medium gefüllt und die äußere Faser dient als Verschluss. In Längsrichtung der Faseranordnung sind vorzugsweise Unterteilungen des Lumens vorgesehen, so dass die Faseranordnung als eine Reihe von Speichern dient. Bei einer Verwendung von Faseranordnungen in einer Hohlfaser zweiter Ordnung können unterschiedliche Stoffe, insbesondere Wirkstoffe, getrennt eingebracht und getrennt voneinander bis zur Verwendung aufbewahrt werden. Dies ermöglicht beispielsweise bei der Verwendung im medizinischen Bereich eine schnelle Bestimmung der gewünschten Verabreichungsmenge. Die gewünschte Menge kann aseptisch abgetrennt und gegebenenfalls vereinzelt werden. Das Abtrennen kann durch Abschneiden oder Abreißen erfolgen. Zur einfachen Trennung sind vorzugsweise Perforationen und/oder Schlitze und/oder Einkerbungen oder Vertiefungen im Bereich zwischen zwei Speichern vorgesehen, welche Sollriß- oder Sollbruchstellen bilden. Auf diese Weise lässt sich einfach eine aseptische Trennung oder Vereinzeln ermöglichen. Sollbruchstellen zwischen einer bestimmten Anzahl von Speichern können als Dosierungshilfe andersartig ausgebildet sein, so dass die Trennung an diesen Stellen bevorzugt erfolgt. Ein Abzählen erübrigt sich. Vielmehr kann über eine Länge oder einen Längenvergleich mit einer Art Lehre die Dosierung bemessen werden.

[0042] Gemäß einer Ausführungsform ändert sich das Volumen der Speicher in Abhängigkeit von einer Veränderung der erforderlichen Dosierung, wobei die Volumenänderung durch eine Durchmesseränderung und/oder eine Längenänderung der einzelnen, miteinander verbundenen Speicher bewirkt werden kann. Im Falle einer Durchmesseränderung ändern sich die Abmessungen der die Faseranordnung bildenden Fasern entsprechend. Auch kann bei einer gleichzeitigen Verabreichung unterschiedlicher Wirkstoffe die Dosierung der einzelnen Wirkstoffe beliebig aufeinander abgestimmt sein. Eine zeitlich gestreckte Freigabe der Wirkstoffe kann durch eine gezielte Veränderung der Wandstärke ermöglicht werden. Die einzelnen Speicher, d.h. die Hohlfaser zweiter Ordnung, können auch Sollbruchstellen aufweisen, durch welche bei Bedarf der im Speicher enthaltene Stoff freigegeben werden kann. Die Sollbruchstellen können bevorzugt gezielt geöffnet werden, beispielsweise durch ein Zusammenwirken mit einem entsprechenden Wirkstoff. Bevorzugt werden als Stoffe biologische sowie medizinische Wirkstoffe und vorzugsweise homöopathische Wirkstoffe oder Nahrungsergänzungsmittel in den Speicher eingebracht. Die Einbringung anderer Stoffe/Wirkstoffe ist möglich. Besonders bevorzugt werden Zytostatika oder Virostatika, sowie Wirkstoffe zur Abwehr von Xenomikroorganismen verwendet. So sind Ribavirin, Azido-Azethyl-Thymidin,

Cancerostatika, vorzugsweise mit Spindel, *Boswellia Serrata*, RFT RAS Farnesyltransferasehemmer bevorzugte Wirkstoffe, die im Speicher enthalten sind. Die Speicher sind unter anderem auch für die Vakzination, beispielsweise für die Malaria-Prophylaxe oder Influenz-Prophylaxe, geeignet. Ferner sind extrem geringe Mengen von Wirkstoffen, beispielsweise zum Intrazellzugang von Substanzen oder zum Verhindern von Zellteilungen möglich, die freigesetzte DNA und RNA blockiert hierbei bösartiges Wachstum sequentiell durch den freigesetzten Wirkstoff. Die Speicher können ferner Leichtmetalle und/oder seltene Erden und/oder Leichtmetall-Salze und/oder deren Ionen und/oder fluoreszierende Wirkstoffe und/oder phosphoreszierende Wirkstoffe und/oder sulphonierende Wirkstoffe und/oder Hämatit und/oder Magnit und/oder Artemisinin und/oder Ionen- und/oder Protonenleiter enthalten. Die Verwendung von fluoreszierenden, phosphoreszierenden und/oder sulphonierenden Wirkstoffen ermöglicht die Spurenerkennung und kann die Überwachung der Funktion unterstützen. Die Wirkstoffe, die in durch eine Hohlfaser zweiter Ordnung gebildete Speichern abgefüllt und eingeschlossen sind, werden vorzugsweise in einem menschlichen oder tierischen Körper freigesetzt. Insbesondere soll nach Verabreichung die Reaktionszeit bestimmbar sein, die Wirksamkeit kalkulierbar sein und die Verabreichung in vivo oder korporal stattfinden. Eine intravenöse Verabreichung, insbesondere von vereinzelt

Seite 6 --- ()

Speichern, ist ebenso wie eine orale Verabreichung möglich. Die Speicher können auch in den menschlichen oder tierischen Körper eingesetzt werden, beispielsweise in einem Stent. Bevorzugt liegen die Wirkstoffummantelungsstoffe, das heißt die Hohlfaser, in löslicher, d.h. auflösbarer, peptisierbarer, d.h. von Gelen in Sole rückverwendbarer, Form vor, synthetisch hergestellt oder in natürlicher Form.

[0043] Gemäß einer weiteren Verwendung ist eine Strahlungsquelle mit Elektroden vorgesehen, wobei die Elektroden und gegebenenfalls auch ein Reflektor in einer Faseranordnung oder einer Basishohlfaser der Hohlfaser zweiter Ordnung angeordnet sind, das heißt, die Strahlungsquelle hat die Form der Faseranordnung oder der Basishohlfaser. Die Form der Faseranordnung/Basishohlfaser ist nicht näher beschränkt. So können neben im Wesentlichen runden Faseranordnungen/Basishohlfasern auch beispielsweise im Wesentlichen ovale oder mehreckig ausgebildete Faseranordnungen/Basishohlfasern verwendet werden, natürlich auch in Wabenform.

[0044] Bevorzugt hat die Hohlfaser zweiter Ordnung einen Außendurchmesser oder im Falle einer nichtzylinderförmigen Ausgestaltung einen hydraulisch gleichwertigen Außendurchmesser von 0,1 µm bis 100 µm, insbesondere bevorzugt von 5 µm bis 200 µm. Bei derartigen Abmessungen sind Hohlfasern mit textilen Eigenschaften möglich, so dass die Strahlungsquelle, gegebenenfalls auch gebündelt, beispielsweise verstrickt oder verwoben werden kann. Dabei ist ein derart exaktes Verstricken oder Verweben möglich, dass die Strahlung beispielsweise nur auf einer Seite eines Stoffes austritt, insbesondere bei entsprechend "flacher" Ausbildung der Faseranordnung.

[0045] Die Faseranordnung, welche Teil einer Hohlfaser zweiter Ordnung ist, weist eine Ausstrahlöffnung auf, welche bevorzugt durch eine der Fasern gebildet ist und die bevorzugt mit Phosphor beschichtet ist. Eine Beschichtung mit anderen fluoreszierenden Materialien ist möglich. Die Beschichtung kann jedoch auch die gesamte Innenfläche der Faseranordnung bedecken. Insbesondere ist auch eine Beschichtung mit 1-3 Atomschichten Platin oder anderer Elemente der 8-ter-Nebengruppe möglich, welche in dieser Schichtdicke fluoreszierende Eigenschaften aufweisen. Im Bereich der Elektroden ist bevorzugt ein Dielektrikum vorgesehen. Dabei weist das Dielektrikum bevorzugt kleinste Öffnungen, insbesondere Bohrungen im nano-Bereich, auf. Bei entsprechender Orientierung der Ausstrahlöffnung kann beispielsweise ein Medium, das im Innenraum der Hohlfaser zweiter Ordnung strömt, gezielt bestrahlt werden.

[0046] Bevorzugt sind die Elektroden aus Molybdän oder einem Element der 8-ter Nebengruppe gefertigt. Die Elektroden können auch aus dotiertem Kohlenstoff, insbesondere dotiertem Diamant, oder aus elektrisch leitenden Polymeren bestehen. Die Faser(n) besteht vorzugsweise aus $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$, insbesondere Glas, Keramik, Porzellan, dotiertem Kohlenstoff, Diamant, Saphir, Leukosaphir, Opal, Smaragd, Spinell, Zirkonoxid, Polyester, Polymer, fluoriertem Polymer, PTFE, PEEK, Makrolon oder Plexiglas. Der Reflektor besteht vorzugsweise aus Eloxal, Silber, Aluminium oder Platin. Er bedeckt bevorzugt mindestens die Hälfte der Innenfläche der Faseranordnung, wobei sich der Reflektor insbesondere in Längsrichtung der Faseranordnung erstreckt. Ein Reflektor ist insbesondere bei einer Verwendung als Laser erforderlich. Soll keine gerichtete Strahlung erzeugt werden, so kann auf einen Reflektor verzichtet werden und im Wesentlichen der gesamte Umfang der Faseranordnung als Ausstrahlöffnung verwendet werden.

[0047] Derartige Hohlfasern zweiter Ordnung mit integrierten Faseranordnungen können als Infrarot-Lichtquellen, UV-Lichtquellen oder Laser-Lichtquellen genutzt werden. Als Verwendung derartiger Hohlfasern, insbesondere in Form von UV-Lichtquellen, kommt unter anderem die Herstellung von aseptischen Tischplatten für den OP-Bereich in Frage. Dabei können die Hohlfasern beispielsweise räumlich verstrickt oder verwoben und anschließend eingegossen werden. Es können mittels Stricken räumliche, zum Beispiel bienenwabenartige, Formen erzeugt, mittels einer strahlungsdurchlässigen Gussmasse fixiert und oben und/oder unten mit strahlungsdurchlässigen Prepregs abgedeckt werden (Sandwich-Honeycomb), wobei die Hohlfasern auch in den Prepregs vorgesehen sein können. Derartige Hohlkörper weisen ein geringes Gewicht bei hoher Festigkeit auf.

[0048] Ebenfalls ist die Herstellung von aseptischen Vorhängen, Beuteln, Zelten, Tüchern oder Verbandsmaterial möglich, wobei die Faseranordnungen beispielsweise als UV-Lichtquellen ausgebildet sind. Somit kann beispielsweise ein Verbandsmaterial zur Verfügung gestellt werden, das die Körpertemperatur eines Schwerverletzten konstant hält.

[0049] Ebenfalls ist die Verwendung derartiger Hohlfasern mit integrierten Faseranordnungen zur integrierten Beleuchtung bei Überdachungen, Dachelementen, Decken, blendfreien Raumausleuchtungen, Hinweis- oder Werbeschilder, Displays, Tastaturen, Vorhänge, Rollos, Planen, Abdeckungen, Textilien usw. möglich.

[0050] Die Verwendung derartiger Hohlfasern mit integrierten Faseranordnungen für Vorrichtungen zum Entkeimen, insbesondere von Luft, Wasser, Lebensmitteln oder Blut, z.B. bei exkorporalen Blut-UV-Therapien, wie sie insbesondere zur Behandlung von Krebs verwendet werden, ist möglich.

Seite 7 --- ()

Vorrichtungen mit entsprechenden Hohlfasern können auch in Venen eingeführt oder perkutan eingebracht und durch eine beispielsweise zeitabhängige Steuerung mit elektrischer Energie versorgt werden. Ist eine gesamte Behandlungsvorrichtung mit entsprechenden Strahlungsquellen versehen, so ist ein kontaminationsfreies Behandeln möglich, insbesondere in Verbindung mit Blut.

[0051] Durch entsprechende Vorrichtungen kann neben einer Entkeimung auch eine Ozonisierung, Ionisierung und/oder elektrische Aufladung zu behandelnder Stoffe erfolgen.

[0052] Die Herstellung der Fasern für derartige Faseranordnungen, welche in einer Hohlfaser zweiter Ordnung verwendet wird, kann beispielsweise mittels einer Mehr-Komponenten-Spinnöse erfolgen, wobei insbesondere die Elektroden und das Dielektrikum direkt in die Faser eingebracht werden können.

[0053] Gemäß einem anderen Herstellungsverfahren wird eine fertige Faseranordnung bereichsweise ionisiert, so dass in diesen Bereichen gezielt Material abgelagert werden kann.

[0054] Ebenfalls ist eine nass-chemische Beschichtung, gegebenenfalls unter Beeinflussung der Oberflächenspannung zur Erzeugung von Strukturen, wie der Elektroden, möglich. Hierbei wird auf einer Seite der Faseranordnung ein Vakuum angelegt, so dass eine Flüssigkeit in die Faseranordnung eingesaugt wird, welche sich an den Wänden oder Bereichen der Wände niederschlägt.

[0055] Auf Grund der Anforderungen sind in der Regel keine besonderen Ansprüche in Hinblick auf die Haftung eines gegebenenfalls vorgesehenen Reflektors an der Innenfläche der Faseranordnung erforderlich.

[0056] Die Faseranordnung kann während oder nach dem Zusammenfügen derart behandelt oder bearbeitet werden, dass die einzelnen Fasern fest miteinander verbunden sind, insbesondere stoffschlüssig. Dabei kann auch eine Naht am Wandumfang vorgesehen sein.

[0057] Bevorzugt weist mindestens eine der Fasern der Faseranordnung einen Außendurchmesser oder hydraulisch gleichwertigen Außendurchmesser von unter 1 mm, insbesondere von 5 µm bis 500 µm auf, das heißt, es handelt sich vorzugsweise um sogenannte Mikrofasern oder gar Nanofasern, wobei insbesondere die Faseranordnung eine Mikro-Hohlfaser oder Nano-Hohlfaser bildet.

[0058] Die Fasern weisen vorzugsweise eine über die Länge etwa gleichbleibende Wandstärke auf, wobei der Wandverlauf gegebenenfalls auch nur bereichs- oder abschnittsweise durchaus faltenbalgartig oder sägezahnartig sein kann, so dass textile Eigenschaften ermöglicht oder unterstützt werden.

[0059] Die Faseranordnung, welche in einer Hohlfaser zweiter Ordnung verwendet wird, weist vorzugsweise ein über die gesamte Länge der Fasern verlaufendes Hohlprofil auf.

[0060] Eine Mehrzahl von miteinander verbundenen Faseranordnungen und/oder auf sonstige Weise ausgebildeten Hohlfasern mit textilen Eigenschaften werden bevorzugt zu einem Stoff, insbesondere einem Gewebe, einem Gestrick oder zu einem Vlies, verarbeitet. Dabei können eine, mehrere oder eine Vielzahl von miteinander verbundenen zu einer Hohlfaser verbundener Faseranordnungen Teil eines Fadens sein. Ferner sind, insbesondere bei der Verwendung in einem Kleidungsstück, Mischfasern oder die gemeinsame Verarbeitung mit herkömmlichen Fasern möglich.

[0061] Im Folgenden ist die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen, teilweise unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung im Einzelnen näher erläutert. In der Zeichnung zeigen:

[0062] Fig. 1 einen schematisch dargestellten, stark vergrößerten Schnitt durch eine Hohlfaser gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel entlang Linie I-I von Fig. 2,

[0063] Fig. 2 einen teilweise dargestellten, stark vergrößerten Längsschnitt der Hohlfaser von Fig. 1,

[0064] Fig. 3 eine Ansicht einer wendelförmig gewickelten Hohlfaser gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel, wobei die Wickelnähte zur Verdeutlichung dicker dargestellt sind,

[0065] Fig. 4 einen Schnitt durch eine auseinandergezogene Anordnung von Nano- und Mikrohöhlräumen, die durch vier Folien gebildet ist, vor Bildung einer Hohlfaser zweiter Ordnung gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel,

[0066] Fig. 5 einen schematisch dargestellten, stark vergrößerten Schnitt durch eine Faseranordnung, welche Teil der erfindungsmäßen Faser sein kann, entlang Linie V-V von Fig. 6, wobei nur die Schnittflächen dargestellt sind,

[0067] Fig. 6 einen teilweise dargestellten, stark vergrößerten Längsschnitt der Faseranordnung von Fig. 5,

[0068] Fig. 7a-7i verschiedene Schnitte durch Faseranordnungen, welche Teil einer erfindungsmäßen Faser sein können,

Seite 8 --- ()

mäßen Faser sein können,

[0069] Fig. 8 eine ausschnittsweise dargestellte Draufsicht auf eine Hohlfaser zweiter Ordnung gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel, und

[0070] Fig. 9 einen teilweise dargestellten Schnitt quer durch die Längsachse einer Hohlfaser zweiter Ordnung gemäß einem letzten Ausführungsbeispiel.

[0071] Gemäß dem in den Fig. 1 und 2 dargestellten ersten Ausführungsbeispiel ist eine erfindungsgemäße Hohlfaser 1 durch eine Mehrzahl miteinander verbundener Hohlfasern 2 von deutlich geringerem Durchmesser gebildet, weshalb auf die Hohlfaser 1 auch als Hohlfaser zweiter Ordnung eingegangen wird, während die Hohlfasern 2, welche die Hohlfaser zweiter Ordnung bilden, im Folgenden auch als Basishohlfasern bezeichnet werden.

[0072] Die Basishohlfasern weisen jeweils ein beidseitig offenes Lumen, im Folgenden als Hohlraum 3 bezeichnet auf, das in radialer Richtung von der die Basishohlfaser bildenden Wand 4 umgeben ist. Zentral ist ein weiterer Hohlraum 5 vorgesehen, welcher durch die Anordnung der Basishohlfasern gebildet wird. Gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel verlaufen die Längsachsen der Basishohlfasern parallel zur Längsachse der Hohlfaser zweiter Ordnung, jedoch sind, wie an späterer Stelle beschrieben, auch andere Anordnungen der Basishohlfasern oder vergleichbarer, ein oder mehrere Lumen aufweisender Strukturen, möglich.

[0073] Eine derartig ausgebildete Hohlfaser 1 zweiter Ordnung weist eine deutlich größere Oberfläche als herkömmliche Hohlfasern auf, was für eine Vielzahl von Anwendungsfällen von Vorteil ist. Ferner ist sie leichter als vergleichbare herkömmliche Hohlfasern. Entsprechendes gilt auch für eine Ausbildung als Vollfaser, die durch eine Vielzahl entsprechend angeordneter Basishohlfasern gebildet ist.

[0074] Die Herstellung der Basishohlfasern kann auf eine beliebige im Prinzip bekannte Weise erfolgen, abhängig von den gewünschten Abmessungen und verwendeten Materialien. Diesbezüglich wird ausdrücklich auf die EP 1 015 400 A1 verwiesen, deren Offenbarungsgehalt, insbesondere in Hinblick auf die Herstellung und die offenbaren Materialien, wie insbesondere oxidische, nitridische und/oder karbidische Materialien, vorzugsweise Zirkoniumoxid, Aluminiumoxid, insbesondere in der Form von Saphir oder Leukosaphir, Magnesiumoxid, Siliciumoxid, Titandioxid und/oder Berylliumoxid, ausdrücklich mit einbezogen wird. Die in der EP 1 015 400 A1 offenbarten Hohlfasern haben einen Außendurchmesser von 0,5 bis 35 µm und eine Wandstärke von 0,01 bis 15 µm, jedoch stellen diese Angaben zu bevorzugende Abmessungen aber keine Grenzwerte dar.

[0075] Ebenso können Hohlfasern mit einem Innendurchmesser von 1 bis 100 nm und einer Länge von beispielsweise 30 bis 40 cm unter Verwendung eines Elektrospinnverfahrens (electro spinning) hergestellt werden. Dieses Verfahren ermöglicht eine exakte Definition innerer und äußerer Morphologien. Dabei wird ein später zu entfernender Kern beschichtet, wobei dieser vor Aufbringen der eigentlichen wandbildenden Schicht beschichtet worden sein kann, beispielsweise mit einem Halbmetall oder einer metallhaltigen Schicht. Als Wandmaterialien kommen beispielsweise Kunststoffe und Bipolymere, wie auch Glas, keramische Materialien, Metalle, Metalloxide und Legierungen in Frage.

[0076] Insbesondere Nano-Hohlfasern können auch mit Hilfe von 3D-Lithographie hergestellt werden. So kann in einem ersten Schritt, ausgehend von Alkoxysilanen durch Hydrolyse/Polykondensationsreaktionen zunächst ein organisch funktionalisiertes Si-O-Si-Netzwerk aufgebaut werden (lagerstabiles Harz). Die Größe der anorganisch-oxidischen Einheiten liegt üblicherweise zwischen 1 und 10 nm, je nach den verwendeten Ausgangsilanen und verwendeten Reaktionsbedingungen (z.B. Katalysator, Konzentration, Temperatur). In einem zweiten Schritt wird das Harz dann zum Beispiel durch Methacryl- oder Styrylgruppen organisch vernetzt. Deren Funktionalität gestattet es, die resultierenden Materialien beispielsweise durch konventionelle Photolithographie oder auch durch Femtosekunden-Laserimpulse zu strukturieren. Dieses 3D-Herstellungsprinzip ist beispielsweise aus dem Artikel "Nanotechnik" aus einer Publikation der AT-Fachverlag GmbH, Juni 2004, Nr. 3 bekannt. Anstelle des beschriebenen Verfahrens sind auch andere Druckverfahren möglich.

[0077] Anschließend an die Herstellung der Basishohlfasern, insbesondere direkt im Anschluss und vor einem vollständigen Erstarren der Außenflächen der Basishohlfasern, insbesondere noch bei Vorhandensein einer offenzelligen, spongiösen Haut, werden die einzelnen Basishohlfasern entsprechend der gewünschten Anordnung nebeneinander angeordnet und - gegebenenfalls unter Hilfe einer entsprechenden Dosierung eines geeigneten Lösungsmittels, das bevorzugt bereits beim Herstellen der Basishohlfasern zugefügt wird - stoffschlüssig miteinander zu einer Hohlfaser 1 zweiter Ordnung verbunden.

[0078] Dabei können die Basishohlfasern gemäß einem ersten Herstellungsverfahren kontinuierlich aus einer Mehrzahl von Düsen extrudiert und direkt entsprechend zueinander positioniert werden, so dass eine "endlose" Hohlfaser 1 zweiter Ordnung entsteht. Gemäß einem alternativen Herstellungsverfahren kann aus einer einzigen Düse eine "endlose" Basishohlfaser extrudiert werden, die mäanderförmig zu einer Hohlfaser 1 zweiter Ordnung gelegt wird. Anschließend werden die oberen und unteren Bögen

Seite 9 --- ()

abgetrennt, so dass die Basishohlfasern beidseitig offen sind. Die endseitigen Hohlfasern werden anschließend miteinander verbunden, wozu die Basishohlfaseranordnung entsprechend gebogen wird, worauf im Folgenden auch als Wickeln Bezug genommen wird.

[0079] Gemäß einem weiteren Herstellungsverfahren werden eine Mehrzahl von Basishohlfasern miteinander verbunden, so dass eine Art Folie aus Basishohlfasern gebildet wird. Diese Folie kann bei Bedarf zugeschnitten werden. Die äußersten Basishohlfasern werden zum Wickeln einer Hohlfaser zweiter Ordnung im Bereich der späteren Verbindungsflächen mit einem Lösungsmittel versehen. Anschließend erfolgt ein Wickeln, wobei die Basishohlfasern sich in Längsrichtung der Mittelachse der Hohlfaser zweiter Ordnung erstrecken können. Alternativ kann, zur Bildung einer "endlosen" Hohlfaser 1, ein wendelartiges Wickeln erfolgen, so dass sich eine Hohlfaser 1 ergibt, wie in **Fig. 3** dargestellt.

[0080] Ebenfalls kann aus einer Vielzahl von Basishohlfasern eine "Voll"-Faser gebildet werden. Natürlich kann auch diese "Voll"-Faser wiederum als Basisfaser für eine Faser, insbesondere eine Hohlfaser, höherer Ordnung dienen.

[0081] Ebenfalls ist auch die mehrschichtige, insbesondere parallele Anordnung von Basishohlfasern möglich, welche zu einer Hohlfaser zweiter Ordnung verarbeitet werden.

[0082] Die Hohlfasern können auch durch eine Mehrzahl wabenartig miteinander verbundener Folien gebildet werden, wie in **Fig. 4** im Schnitt dargestellt, wobei in **Fig. 4** der gestreckte Zustand vor der Bildung einer Hohlfaser zweiter Ordnung dargestellt ist. Die Herstellung derartiger Waben-Basishohlfasern kann beispielsweise auch lithographisch erfolgen. Auch diese Waben-Basishohlfasern lassen sich entsprechend zu einer Hohlfaser zweiter Ordnung formen, wobei diese gegenüber der zuvor genannten mehrschichtigen Hohlfaser zweiter Ordnung den Vorteil hat, dass keine Zwickel zwischen den einzelnen Basishohlfasern/Waben angeordnet sind, so dass die verfügbare Oberfläche optimiert ist. Die Waben-Basishohlfasern lassen sich beispielsweise durch Wickeln zu einer Hohlfaser zweiter Ordnung formen. Dabei erfolgt beim Wickeln gegebenenfalls auch ein Aufziehen, also eine Expansion der Waben, wenn die endseitigen Folien miteinander verbunden werden. Eine andere Ausgestaltung ist als vorletztes Ausführungsbeispiel unter Bezugnahme auf **Fig. 8** beschrieben.

[0083] Die Fasern oder Hohlfasern 1 zweiter oder höherer Ordnung weisen vorzugsweise textile Eigenschaften auf, das heißt sie sind beispielsweise zu räumlichen Gebilden verstrickbar, welche beispielsweise bei Bremsscheiben oder Zylindern für Motoren in beispielsweise einer Aluminiumlegierung eingespritzter Form Verwendung finden können. Im Folgenden werden beispielhaft verschiedene Verwendungen erfindungsgemäßer Fasern und/oder Hohlfasern näher erläutert.

[0084] Gemäß einer ersten Verwendung derartiger Hohlfasern 1 zweiter Ordnung, wobei alle vorliegend beschriebenen Ausführungsbeispiele bei entsprechender Ausgestaltung verwendet werden können, erfolgt mit Hilfe der Hohlfasern 1 zweiter Ordnung die Reinigung von Wasser und insbesondere die Reinigung von Abwasser und/oder brackigem Wasser. Hierfür weisen die Wände eine polykristalline Diamant-Beschichtung auf, welche mit Bor dotiert ist, so dass sie elektrisch leitfähig ist und als Elektroden dienen. Die Aufbringung kann beispielsweise mittels CVD erfolgen, wobei bei 2500°C aus Methan und Wasserstoff eine dünne kristalline Diamantschicht auf ein leitfähiges Trägermaterial aufgebracht wird. Als Trägermaterial, das heißt als Material oder zumindest äußerste Schicht der Hohlfasern 1 zweiter Ordnung, kann insbesondere ein keramisches Material, Silizium oder Niob dienen. Zur Reinigung der Elektroden kann die Spannung mit umgekehrter Polung angelegt werden.

[0085] Die Hohlfaser 1 zweiter Ordnung, die entsprechend beschichtet ist, bildet eine Elektrode mit veränderten Eigenschaften, wobei die Elektrolyse erst bei wesentlich höheren Spannungen als sonst einsetzt ("Überspannung"). Vor einer Wasserstoff- und Sauerstoff-Bildung entstehen andere Substanzen, vor allem Hydroxylradikale, die das Abwasser ohne weiteres Zutun reinigen und desinfizieren. Diese Hydroxylradikale zerstören alle kohlenstoffhaltigen Substanzen. Zurück bleiben im Idealfall nach der Elektrolyse organischer Stoffe nur harmlose Salze und Kohlendioxid, das entweicht.

[0086] Die Verwendung von Hohlfasern 1 zweiter Ordnung, welche bevorzugt als Basishohlfasern Nanotubes oder Waben mit entsprechenden Innenabmessungen aufweisen, für Hochleistungstransistoren oder LEDs ist ebenso möglich, wie auch für eine Vielzahl anderer Anwendungen vom Bereich der Mikroelektronik, der Energie- oder Wasserstoffherzeugung, wie beispielsweise in der DE 198 60 056 A1 (Brennstoffzelle) oder in der DE 199 08 863 A1 (Elektrolyseur) offenbart, bis hin zur Biochemie, wie beispielsweise in der Form eines bionischen Organersatzes, wie in der WO 00/06218 offenbart.

[0087] Bei einer, mehreren oder allen Basishohlfasern kann es sich auch um zusammengesetzte Faseranordnungen 11 handeln. **Fig. 5** zeigt einen Schnitt durch eine Faseranordnung 11, wie sie auch Teil einer erfindungsgemäßen Anordnung von Nano- und Mikrohöhlräumen sein kann, mit zwei als offene Hohl

Seite 10 --- ()

fasern ausgebildeten Fasern 12, 13, welche jeweils einen C-förmigen Querschnitt aufweisen, wobei die offenen Seiten der Fasern 12 und 13 in entgegengesetzte Richtung zeigen. Hierbei umgreift die äußere Faser 13 die innere Faser 12 derart, dass die innere Faser 12 zu mehr als der Hälfte in der äußeren Faser 13, d.h. in einem durch das Hohlprofil der äußeren Faser 13 definierten Hohlraum, aufgenommen ist und durch die Enden des Profils der Faser 13 gehalten wird. Die Faseranordnung 11 weist in Folge der entgegengesetzten Anordnung der beiden Fasern 12 und 13 und des Umgreifens der einen Faser 13 ein durchgehendes Hohlprofil auf. Vorliegend besteht keine stoffschlüssige Verbindung zwischen den beiden Fasern 12 und 13, sondern die Verbindung hält insbesondere auf Grund des Formschlusses im Endbereich der äußeren Faser 13, der Reibung in den Kontaktbereichen und der Federkraft der äußeren Faser 13. Dabei ist die Verbindung zwischen beiden Fasern 12 und 13 derart sicher, dass auch bei einer gewissen Druckdifferenz zwischen einem im Innenraum strömenden Fluid und einem die Faseranordnung 11 umströmenden Fluid kein Aus- oder Eintreten von Fluid erfolgt.

[0088] Die Abmessungen der Fasern 12 und 13 entsprechen einander, wobei beide Fasern 12 und 13 im getrennten, unverformten Zustand eine im Wesentlichen hohlzylindrische Gestalt mit einem Öffnungswinkel von ca. 45° und einen mittleren Außendurchmesser von ca. 0,5 mm und eine Wandstärke von ca. 0,05 mm aufweisen.

[0089] Wie aus **Fig. 6** zu entnehmen ist, weisen beide Fasern 12 und 13 über ihre Länge einen durchgehend faltenbalgartigen Verlauf auf, so dass sie textile Eigenschaften aufweisen, d.h. beispielsweise verknotbar sind. Hierfür schwankt der Außen- (und Innen-)Durchmesser um +/-0,1 mm, d.h. der maximale Außendurchmesser beträgt 0,6 mm und der minimale Außendurchmesser beträgt 0,4 mm, wobei die Wandstärke im Wesentlichen unverändert bleibt. Die faltenbalgartige Ausgestaltung beider Fasern bewirkt zudem, dass keine Verschiebung in Längsrichtung zueinander erfolgt.

[0090] Gemäß einem zweiten, nicht in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiel in Bezug auf die Faseranordnung ist eine längsseitig etwas offene Faser mit einem ovalen Hohlprofil mit einer entsprechend ausgebildeten, jedoch etwas geringere Abmessungen aufweisenden offenen Faser zu einer Faseranordnung verbunden. Hierbei weisen beide Fasern ein über die Länge im Wesentlichen gleichbleibendes Profil auf. Der maximale Außendurchmesser der äußeren Hohlfaser beträgt ca. 0,1 mm, der minimale Außendurchmesser der äußeren Hohlfaser beträgt ca. 0,05 mm und die

Wandstärke beträgt ca. 0,01 mm. Der maximale Außendurchmesser der inneren Hohlfaser beträgt ca. 0,99 mm, der minimale Außendurchmesser der inneren Hohlfaser beträgt ca. 0,04 mm und die Wandstärke beträgt ca. 0,01 mm, so dass die Abmessungen denen der äußeren Faser abzüglich einer Wandstärke entsprechen.

[0091] Gemäß einem dritten, ebenfalls nicht in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiel in Bezug auf die Faseranordnung ist die innere Faser mit einem C-förmigen offenen Hohlprofil ausgebildet, wobei die Enden etwa parallel zueinander verlaufen. Die äußere Faser ist derart ausgebildet, dass sie die innere Faser entsprechend den zuvor beschriebenen Ausführungsbeispielen umgreift. Hierbei ist vorliegend die innere Faser mit einem Medium gefüllt und die äußere Faser dient als Verschluss.

[0092] Gemäß einem ersten Anwendungsbeispiel des dritten Ausführungsbeispiels in Bezug auf die Faseranordnung werden auf bekannte Weise die beiden Faser, vorliegend Mikrofasern, aus einem lysierbaren Material geformt, wobei die innere Faser eine hydraulisch gleichwirkenden Innendurchmesser von ca. 15 µm und eine Wandstärke von ca. 5 µm aufweist und die äußere Faser geringfügig größer ausgebildet ist. Diese innere Faser wird mit einem Zytostatika gefüllt und mit der äußeren Faser verschlossen. Anschließend wird in einem Abstand von 50 µm der zuvor durchgehende, gefüllte Hohlraum durch einen Umformvorgang verformt, wobei die einander gegenüberliegenden Innenwände miteinander im Kontaktbereich verbunden werden, so dass eine Vielzahl einzelner, miteinander verbundener Speicher gebildet werden. Dabei ist die Durchmesseränderung, das heißt die Verbreiterung, in Folge der Verformung nicht dargestellt. Die einzelnen Speicher können auf einfache Weise vereinzelt werden, ohne dass die Speicher beschädigt werden und der Wirkstoff aus dem Speicher austritt. Hierfür ist der Kontaktbereich entsprechend ausgebildet, gegebenenfalls sogar mit einer Perforation o.ä. versehen.

[0093] Bei einem zweiten Anwendungsbeispiel des dritten Ausführungsbeispiels in Bezug auf die Faseranordnung wird eine peptisierbare Folie derart zugeschnitten und gerollt, so dass sie eine Faser mit einem C-förmigen Profil bildet und durch eine entsprechende Faser abgedeckt. In der inneren Faser ist ein medizinischer Wirkstoff oder ein Nahrungsergänzungsmittel enthalten. Die Unterteilung in einzelne Speicher erfolgt gemäß dem zuvor beschriebenen Anwendungsbeispiel.

[0094] Die Fig. 7a bis 7i zeigen beispielhaft verschiedene Querschnitte von Faseranordnungen, wobei jeweils die innerste Faser auch eine Faser mit einem Vollprofil oder eine gefüllte Faser oder bevorzugt eine Faser mit offenem Hohlprofil sein kann.

[0095] Bei den bisher beschriebenen Ausführungsbeispielen ist das Lumen der Hohlfaser zweiter Ord

Seite 11 --- ()

nung, das heißt der zentrale Hohlraum, durch die Wände der Basishohlfasern geschlossen, wobei es sich jedoch auch um proröse Wände handeln kann, so dass in diesem Fall ein Medium die Wände durchdringen kann. In bestimmten Anwendungsfällen kann es jedoch erwünscht sein, dass über die durch die Basishohlfasern gebildete Wand das Lumen der Hohlfaser zweiter Ordnung mit der Umgebung in Verbindung steht, dass die Wand der Hohlfaser zweiter Ordnung für Stoffströme durchlässig ist, und/oder dass die Hohlfaser zweiter Ordnung eine möglichst große Oberfläche zur Verfügung stellen soll. In diesem Fall können die Basishohlfasern auch in radialer Richtung bezüglich der Längsachse der Hohlfaser zweiter Ordnung angeordnet sein oder schräg mit radialer Komponente angeordnet sein.

[0096] Eine derartige Anordnung ist insbesondere mit der zuvor beschriebenen wabenförmigen Ausgestaltung möglich. Bezug nehmend auf Fig. 4 ist bei Vorsehen einer deutlich größeren Anzahl von Folien, die entsprechend verbunden sind, eine Verbindung der obersten und untersten Folie möglich, wobei ein Auseinanderziehen und anschließendes Verbinden der obersten mit der untersten Folie im Prinzip wie bei einem Lampion, jedoch eine Hohlfaser 1 mit einem zentralen Hohlraum 5 bildend, erfolgt. Eine ausschnittsweise dargestellte Draufsicht ist in Fig. 8 dargestellt.

[0097] Gemäß dem in Fig. 9 dargestellten, letzten Ausführungsbeispiel sind die einzelnen Basishohlfasern 2 sternförmig in radialer Richtung bezüglich der Längsachse der Hohlfaser 1 zweiter Ordnung angeordnet. Als Basishohlfasern 2 können beispielsweise Goldfasern mit 0,6 nm Außendurchmesser und 6 nm Länge dienen, jedoch sind auch deutlich größere Abmessungen der Basishohlfasern 2 möglich, wobei auch die zuvor beschriebenen Faseranordnungen 11 die Basishohlfasern 2 bilden können.

[0098] Eine derartige Struktur oder eine entsprechende wabenförmige Struktur lässt sich beispielsweise an Stelle der in der DE 101 18 651 A1 verwendeten, einzeln stehenden Nadel- oder Röhrenelektroden einer Brennstoffzelle verwenden, wobei beispielsweise die PEM-Schicht im zentralen Hohlraum und die gasdurchlässige Metallfolie und GLD auf der Außenfläche der Hohlfaser zweiter Ordnung vorgesehen sein kann. Alternativ kann auch GLD und Metallfolie innen und die PEM-Schicht außen angeordnet sein. Unter Berücksichtigung dieser geometrischen Veränderungen gegenüber der DE 101 18 651 A1 wird deren Offenbarungsgehalt, insbesondere in Hinblick auf die verwendeten Materialien, die Abmessungen, ausdrücklich mit einbezogen.

- 1 Hohlfaser zweiter Ordnung
- 2 Hohlfaser, Basishohlfaser
- 3 Hohlraum
- 4 Wand
- 5 zentraler Hohlraum
- 11 Faseranordnung
- 12 Faser
- 13 Faser

Faser, insbesondere Hohlfaser (1), dadurch gekennzeichnet, dass die Faser beziehungsweise Hohlfaser (1) eine Mehrzahl von benachbart zueinander angeordneten, nebeneinander verlaufenden und durch Wände (4) voneinander getrennte Hohlräume (3) mit einem hydraulisch gleichwertigen Innendurchmesser von maximal 1 mm aufweist, und dass die Wände (4) zweier benachbarter Hohlräume (3) durch eine gemeinsame Wand (4) und/oder durch zwei stoffschlüssig miteinander verbundene Wände (4) gebildet ist. Faser nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Wände (4) eine wabenförmige Gestalt aufweisen, welche durch eine Mehrzahl miteinander in mehrfachem, insbesondere stoffschlüssigem Linienkontakt stehenden Folien gebildet ist. Faser nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Wände (4) durch in einer oder mehreren Reihen benachbart angeordnete und mittels stoffschlüssigem Linien- oder Flächenkontakt stehenden Hohlfasern (3) gebildet sind. Faser nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Wände (4) in Verbindung mit den dazwischen angeordneten Hohlräumen (3) gemeinsam eine Folie bilden. Faser nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Wände (4) in Verbindung mit den dazwischen angeordneten Hohlräumen (3) gemeinsam eine Hohlfaser (1), insbesondere eine Hohlfaser höherer Ordnung, bilden. Faser nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Längsachsen der Hohlräume (3) sich etwa in der Längsachse der Faser (1) schneiden. Faser nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Längsachsen der Hohlräume (3) parallel oder wendelförmig bezüglich der der Längsachse der Faser (1) angeordnet sind. Faser nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Wände zumindest bereichsweise aus Kohlenstoff, aus Dia

Seite 12 --- ()

mant, aus mit Bor dotiertem Diamant, aus Zirkoniumoxid, Aluminiumoxid, Saphir und/oder Leukosaphir, insbesondere beschichtet mit Diamant, mit Bor dotiertem Diamant oder Silizium, Gold oder Platin, Zellulose, Stärke und/oder Proteinen bestehen. Faser nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass die Faser mindestens eine Faseranordnung (11) aufweist, bestehend aus mindestens zwei Fasern (12 , 13), wobei mindestens eine Faser (13) mit einem offenen Hohlprofil eine zweite Faser (12) zumindest teilweise umgreift und in ihrem Hohlraum aufnimmt. Faser nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Außenabmessungen der Faser beziehungsweise der Hohlfaser (1) einem hydraulisch gleichwertigen Durchmesser von bis maximal 10 mm, insbesondere von bis maximal 1 mm, entsprechen. Verwendung einer Faser, insbesondere einer Hohlfaser, gemäß einem Ansprüche 1 bis 10, zur elektrochemischen Wasserreinigung und/oder Abwasserbehandlung. Verwendung einer Faser, insbesondere einer Hohlfaser, gemäß einem Ansprüche 1 bis 10, in einer Brennstoffzelle, einem Elektrolyseur oder einem Wasserstoffspeicher. Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Seite 13 --- ()

Seite 14 --- ()

Seite 15 --- ()