



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 698 34 013 T2** 2006.11.02

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 911 073 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 34 013.2**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 308 078.9**

(96) Europäischer Anmeldetag: **05.10.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **28.04.1999**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **29.03.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **02.11.2006**

(51) Int Cl.⁸: **B01D 67/00** (2006.01)

(30) Unionspriorität:

58631 **10.04.1998** **US**

958654 **27.10.1997** **US**

(73) Patentinhaber:

Pall Corp., East Hills, N.Y., US

(74) Vertreter:

derzeit kein Vertreter bestellt

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE**

(72) Erfinder:

**Wu, Xiaosong, Pensacola, Florida 32514, US;
Konstantin, Peter, Gulf Breeze, Florida 32561, US;
Shertok, Joel, Pace, Florida 32571, US**

(54) Bezeichnung: **Hydrophile Membran**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft poröse, hydrophile Membranen und Verfahren zu deren Herstellung sowie ihre Verwendung.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0002] In zahlreichen Anwendungen der Filtrationstechnologie wird besonders die Nutzung einer porösen Membran angestrebt, die sowohl hydrophil ist, als auch über wünschenswerte Werkstoffeigenschaften der Gesamtmasse verfügt, wie beispielsweise mechanische Festigkeit, Flexibilität, thermische Stabilität und chemische Stabilität. Da viele der bekannten Polymere, die über wünschenswerte Eigenschaften der Gesamtmasse verfügen, hydrophob sind, ist es darauf angekommen, Membranen zu entwickeln, die die wünschenswerten Eigenschaften der Gesamtmasse der hydrophoben Polymere haben und dennoch über wünschenswerte hydrophile Oberflächeneigenschaften verfügen, die sich von den Eigenschaften des hydrophoben Trägerpolymers drastisch unterscheiden. Wünschenswerte Oberflächeneigenschaften schließen Benetzbarkeit ein, geringe Proteinadsorption, Thromboresistenz, kontrollierte Ionenaustauschkapazität und kontrolliertes chemisches Reaktionsvermögen der Oberfläche.

[0003] Eines der Verfahren zum Herstellen von hydrophilen Membranen umfasst das Pfropfpolymerisieren eines hydrophilen Monomers auf die Oberfläche eines porösen, hydrophoben, polymeren Membransubstrats. Allerdings ist es schwierig, eine Pfropfbeschichtung auf die gesamte Oberfläche des Substrats ohne ein Verstopfen der Poren des Substrats aufzubringen. Ein typisches Beispiel für einen photochemischen Prozess des Pfropfens, wie er zur hydrophilen Modifikation der Oberfläche eines hydrophoben Polymers angewendet wird, wurde in der US-P-5468390 beschrieben. Ein Verfahren zum Pfropfen eines nicht pfropfbaren Substrates wurde in der US-P-5547575 beschrieben. Das Verfahren umfasst das Beschichten des Substrats mit einem N-enthaltenden Polymer, das Halogenieren der Beschichtung zur Erzeugung einer intermediären N-halogenierten Spezies und anschließend das Pfropfen des behandelten Substrats mit einem ethylenisch ungesättigten, hydrophilen Monomer. Obgleich diese Herangehensweise anwendbar sein könnte, ist sie kostspielig und erfordert ein Beschichten sowie ein N-halogeniertes Intermediat, das beim Pfropfen des hydrophilen Monomers nach Möglichkeit verdrängt wird.

[0004] Ein anderes Verfahren, das zur Anwendung gelangen kann, um einem hydrophoben Substrat hydrophile Oberflächeneigenschaften zu vermitteln, besteht darin, dass man eine vorgeformte hydrophobe Membran mit grenzflächenaktiven Mitteln oder wasserlöslichen Polymeren beschichtet, wie beispielsweise Polyvinylpyrrolidon. Diese Vorgehensweise ist im Wesentlichen beschränkt und insbesondere in Folge der Flussverringern, die durch die Verringerung der Porenweite hervorgerufen wird. Besonders schwerwiegend ist die Flussverringern bei Membranen, die Poren mit kleinen Abmessungen haben (z.B. $< 0,1 \mu\text{m}$).

[0005] Ein Versuch, das Problem der Verstopfung der Poren zu lösen, findet sich in der US-P-4976897 (das '897-Patent), worin ein mikroporöser Träger offenbart wird, der mit einem UV-härtbarem Harz beschichtet ist, das über eine ausreichend hohe Viskosität verfügt, um angeblich eine Füllung der Poren beim Auftragen und Härten zu vermeiden. Um ein Verstopfen der Poren zu verringern, muss in dem '897-Patent das Harz zum Beschichten eine Viskosität von mindestens 35.000 Centipoise und bevorzugt 50.000 bis 500.000 Centipoise haben. Als Konsequenz daraus ist diese Vorgehensweise hinsichtlich der Materialien, die zur Beschichtung der Oberfläche der Membran verwendet werden können, verhältnismäßig beschränkt. Ein Harz, das über eine geringe Viskosität verfügt, wird dazu führen, dass sich das Harz in dem Inneren der Poren während des Härtingsprozesses ansammelt, wodurch ein Verstopfen der Poren hervorgerufen wird und der Fluss quer durch die Membran eingeschränkt wird. Darüber hinaus können Harze, die über Viskositäten im oberen Bereich verfügen, in Abhängigkeit von der Aufbringung ungeeignet sein. Wenn der poröse, polymere Träger in Bezug auf die einzelnen Porendurchmesser über eine zu hohe Schwankung verfügt, wird die Beschichtung ungleichmäßig verteilt und einige Poren verstopft und die Oberflächen anderer Poren unzureichend beschichtet. Vor Allem wird selbst dann, wenn die Viskosität des Harzes so ausgewogen ist, dass ein Beschichten der Membran auf ein Maximum gebracht wird, während eine Porenverstopfung auf ein Minimum gehalten wird, die Beschichtung typischer Weise einige Poreninnerräume nicht erreichen. Damit wird lediglich die äußere Oberfläche der Membran hydrophil gemacht. Da der poröse Innenraum den überwiegenden Anteil der Oberfläche einer porösen Membran ausmacht, läßt die hydrophile Modifikation nach dem '897-Patent einen erheblichen Anteil der Oberfläche der Membran (d.h. der Poreninnerräume) hydrophob.

[0006] In der US-P-4618533 (das '533-Patent) wird eine poröse, hydrophobe Membran beschrieben, die mit einem vernetzten, hydrophilen Polymer derart modifiziert ist, dass die gesamte Oberfläche angeblich hydrophil gemacht wird, ohne die Poren zu verstopfen. Die Membran wird hergestellt, indem eine poröse, hydrophobe Membran aus Polyvinylidenfluorid (PVDF) in ein Bad mit einem Reagens eingetaucht wird, das ein radikalisch polymerisierbares Monomer enthält (z.B. Hydroxypropylacrylat), einen Polymerisationsinitiator und ein Vernetzungsmittel (z.B. Tetraethylglykoldiacrylat), so dass das Bad mit dem Reagens die gesamte Oberfläche der porösen Membran benetzt. Die Reaktion der Polymerisation und des Vernetzens wird sodann unter Anwendung hoher Temperaturen ausgeführt (z.B. 95°C). In der US-P-4917793 wird das Verfahren nach dem '533-Patent auf eine Membran aus Polytetrafluorethylen (PTFE) angewendet, um Membranen zu erzeugen, die in wässrigen Medien durchlässig sind.

[0007] In der US-P-5158721 (das '721-Patent) soll eine hydrophile Membran offenbart werden, die aus einem interpenetrierenden Netzwerk eines hydrophoben Polymers und einer hydrophilen, vernetzten monomeren Zusammensetzung erzeugt ist. Die Membran wird hergestellt, indem ein dünner Film der Präkursoren auf ein Substrat vergossen wird und der Film an UV-Licht geringer Intensität exponiert wird, um das interpenetrierende Polymernetzwerk zu erzeugen. Das Polymernetzwerk wird sodann unter Erzeugung einer porösen Membran koaguliert. Anschließend muss die Membran wärmebehandelt werden, um die Oberfläche der resultierenden Membran hydrophil zu machen. Die Wärmebehandlung führt dazu, dass das hydrophobe Polymer stärker kristallin wird, wodurch das hydrophile Polymer von den kristallinen Bereichen ausgeschlossen wird und die Membranoberfläche hydrophil gemacht wird. Obgleich bei dieser Vorgehensweise einige der vorgenannten Nachteile des thermischen Beschichtens vermieden werden, ist nicht desto weniger ein Wärmebehandeln der Membran bei hoher Temperatur beteiligt, um die Kristallisation in dem Massepolymer auszulösen. Ferner lehrt das '721-Patent, dass die hydrophoben Polymere, die in dem offenbarten Verfahren zum Einsatz gelangen, kristalline Polymere sein müssen, um die Membranoberfläche nach dem Wärmebehandeln hydrophil zu machen. Die Forderung nach einem kristallinen Massepolymer ist in sofern von Nachteil, dass sie die Verwendung einer großen Zahl von nicht kristallinen Massepolymeren mit hervorragenden Eigenschaften ausschließt (z.B. mechanische Festigkeit, chemische Beständigkeit und Oxidationsbeständigkeit).

[0008] Die EP-A-0430082 bezieht sich auf eine poröse Membran, die aus einem interpenetrierenden Polymernetzwerk, aus einem hydrophoben Polymer und einer polymerisierten und vernetzten hydrophilen, monomeren Zusammensetzung erzeugt wird. Es wird eine Lösung des Polymers und der monomeren Zusammensetzung vergossen, an ultravioletter Strahlung exponiert, koaguliert und getrocknet. Die resultierende, getrocknete Membran wird wärmebehandelt, um ihre Oberfläche hydrophil zu machen.

[0009] Es bleibt daher ein Bedarf nach einer porösen, hydrophilen Membran, die über die gewünschten Eigenschaften der Gesamtmasse verfügt, wie sie üblicher Weise in hydrophoben Polymeren angetroffen werden, und die auch über hydrophile Oberflächeneigenschaften verfügt, die gleichförmig über die gesamte Oberfläche der Membran verteilt sind. Ferner besteht ein Bedarf nach einer hydrophilen Membran, die "hydrophil dauerhaft" in sofern ist, dass sie ihren hydrophilen Charakter unter Bedingungen eines längeren und/oder häufigen Kontaktes mit einem hydrophilen Fluid bewahrt. Darüber hinaus besteht ein Bedarf nach einem wirksamen Verfahren zum Herstellen derartiger Membranen. Die vorliegende Erfindung gewährt eine solche poröse, hydrophile Membran, sowie ein Verfahren zu ihrer Herstellung. Diese und andere Aufgaben der vorliegenden Erfindung werden an Hand der detaillierten Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung offensichtlich, wie sie nachfolgend ausgeführt wird.

KURZE ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0010] Die vorliegende Erfindung gewährt eine hydrophile Membran mit einer Porenweite von 0,02 µm bis 10 µm, wobei die Membran ein interpenetrierendes Polymernetzwerk aus einem nicht kristallinen, hydrophoben Polymer aufweist, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus Polyethersulfon und Polysulfon, sowie ein hydrophiles Acrylat-Polymer aufweist, das deriviert ist von einem Polyalkylenglykoldiacrylat, wobei die Polyalkylenglykol-Kette eine relative Molekülmasse von mindestens 200 hat. Wahlweise wird das hydrophile Acrylat-Polymer von einem Polyalkylenglykoldiacrylat deriviert, worin die Polyalkylenglykol-Kette eine relative Molekülmasse von mindestens 200 hat, und von einem hydrophilen Monoacrylat.

[0011] Die vorliegende Erfindung gewährt ferner eine Vorrichtung zur Filtration, die ein Gehäuse aufweist, sowie die hydrophile Membran der vorliegenden Erfindung. Ebenfalls wird ein Verfahren zum Behandeln eines Fluids gewährt, wobei das Verfahren das Kontaktieren eines Fluids mit der hydrophilen Membran der vorliegenden Erfindung umfasst.

[0012] Die vorliegende Erfindung gewährt ferner ein Verfahren zum Herstellen einer hydrophilen, porösen Membran, wobei eine Reaktionslösung, die ein Lösemittel aufweist, ein nicht kristallines hydrophobes Polymer, das ausgewählt ist aus der Gruppe, bestehend aus Polysulfon und Polyethersulfon, ein hydrophiles Polyalkylenglykoldiacrylat mit einer Polyalkylenglykol-Kette einer relativen Molekülmasse von mindestens etwa 200, einem Porenbildner und einem Initiator für die Polymerisation in der Wärme, bis zu einer ausreichenden Temperatur erhitzt wird, um zu ermöglichen, dass das hydrophile Polyalkylenglykoldiacrylat eine Polymerisation und/oder ein Vernetzen in situ eingeht. Auf diese Weise wird eine Gießlösung erzeugt, die vergossen wird, um die hydrophile Membran der vorliegenden Erfindung zu schaffen. Wahlweise wird das hydrophile Monoacrylat auch in der Reaktionslösung genutzt.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0013] Die vorliegende Erfindung gewährt eine hydrophile, poröse Membran, die ein Netzwerk aus einem nicht kristallinen, hydrophoben Polymer und einem hydrophilen Acrylat-Polymer aufweist. Die hydrophile, poröse Membran der vorliegenden Erfindung ist vorzugsweise eine mikroporöse Membran. Für einen Durchschnittsfachmann auf dem Fachgebiet ist ohne weiteres ersichtlich, dass die kleinste Porenweite, mit der sich beispielsweise eine mikroporöse Membran von einer Ultrafiltrationsmembran unterscheidet, auf dem Fachgebiet nicht eindeutig definiert ist. Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung wird eine poröse Membran im Allgemeinen als mikroporös angesehen, wenn die Porenweite kleiner ist als etwa 10 µm. Vorzugsweise hat die Membran der vorliegenden Erfindung eine Porenweite von etwa 0,02 µm bis etwa 10 µm und mehr bevorzugt von etwa 0,02 bis etwa 5 µm und am Meisten bevorzugt von etwa 0,02 µm bis kleiner als etwa 1 µm. Für die Aufgaben der vorliegenden Erfindung wird davon ausgegangen, dass eine poröse Membran zu einer Ultrafiltrationsmembran wird und nicht mehr länger als "mikroporös" hierin beschrieben wird, wenn die Porenweite unter etwa 0,02 µm abfällt.

[0014] Das nicht kristalline, hydrophobe Polymer kann jedes beliebige geeignete Polymer, Copolymer, Blend, Mischung oder Kombination von Polymeren sein, die über geeignete Eigenschaften der Gesamtmasse verfügen unter der Voraussetzung, dass das Polymer, Copolymer, Blend, die Mischung oder die Kombination von Polymeren unter den bei der Herstellung der Membran zum Einsatz gelangenden Bedingungen nicht kristallin wird. Nicht kristalline Polymere schließen glasartige Polymere und Polymere ein, die in Folge von sterischen Faktoren, unzureichenden sekundären Molekularkräften in der Polymerstruktur oder der Unfähigkeit, sich zu einem kristallinen Zustand zu ordnen, keine allgemeine Neigung zum Kristallisieren unter mäßigen Kristallisationsbedingungen haben, wobei Extremwerte von Zeit, Temperatur und Druck ausgeschlossen sind.

[0015] Geeignete, nicht kristalline, hydrophobe Polymere schließen Polymere ein, wie beispielsweise Polyethersulfone, Polysulfone, Polyarylsulfide, Arylpolyimide und dergleichen. Ein bevorzugtes, nicht kristallines hydrophobes Polymer, ist ein Polymer, das ausgewählt ist aus der Gruppe, bestehend aus Polyethersulfon oder ein Polysulfon.

[0016] Das nicht kristalline, hydrophobe Polymer kann ein Blend von Polymeren sein, worin eine der Komponenten ein teilkristallines oder kristallines Polymer ist, wie beispielsweise ultrahochmolekulares Polyethylen, Polytetrafluorethylen und Poly(vinylidenfluorid) unter der Voraussetzung, dass das Blend daraus nicht zu der Kristallinität des hydrophoben Polymers führt. Vorzugsweise wird das nicht kristalline Polymerblend weniger als 10 Gew.% einer kristallinen Polymerkomponente enthalten. Mehr bevorzugt wird das nicht kristalline Polymerblend weniger als 3 Gew.% einer kristallinen Polymerkomponente enthalten. Am Meisten bevorzugt wird das nicht kristalline Polymer mit lediglich einer Spurenmenge von kristalliner Polymerkomponente compoundiert. Wahlweise wird die nicht kristalline Polymerkomponente mit überhaupt keiner kristallinen Polymerkomponente compoundiert.

[0017] Das nicht kristalline, hydrophobe Polymer kann auch ein nicht kristallines Copolymer sein. Das Copolymer kann ein Copolymer aus mindestens zwei nicht kristallinen Polymeren sein oder ein Copolymer aus einem nicht kristallinen Polymer und einem kristallinen Polymer. Bevorzugt enthält das Copolymer weniger als 10 Gew.% kristalline Copolymer-Einheiten) und mehr bevorzugt weniger als 3 Gew.% kristalline Copolymer-Einheit(en). Am Meisten bevorzugt ist das Copolymer ein Copolymer von mindestens zwei nicht kristallinen Copolymer-Einheiten und enthält keinerlei kristalline Copolymer-Einheit(en).

[0018] In der hydrophilen, porösen Membran der vorliegenden Erfindung sind das hydrophile Acrylat-Polymer und das nicht kristalline hydrophobe Polymer in einem interpenetrierenden Polymernetzwerk integriert. Anders als bei einer Beschichtung oder einer Oberflächenbehandlung besitzt das Polymernetzwerk der vorliegenden Erfindung im Inneren der Membran eine ausgeprägte Querschnittshomogenität in Bezug auf die Verteilung des

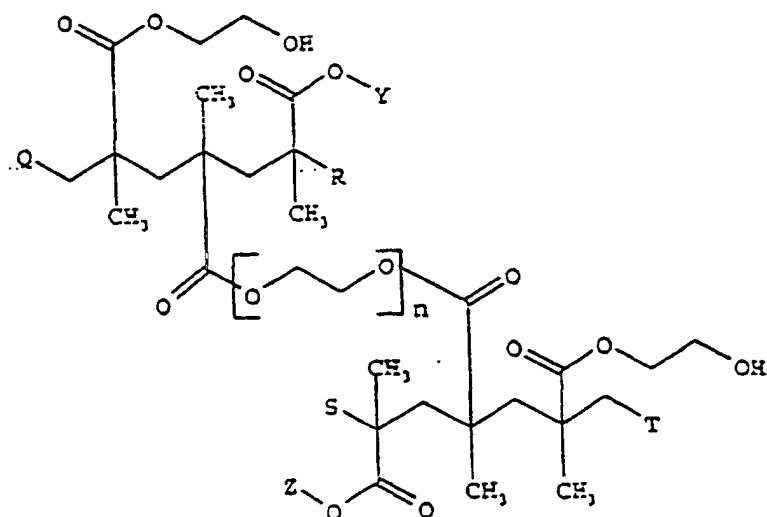
hydrophilen Polymers und des nicht kristallinen, hydrophoben Polymers. Obgleich man nicht an irgendeine spezielle Theorie gebunden sein will, geht man davon aus, dass das Polymernetzwerk zum Teil von den physikalischen Eigenschaften des hydrophilen Polymers in Verbindung mit der Tatsache resultiert, dass die Membran aus einer homogenen Gießlösung hergestellt wird. Ebenfalls wird angenommen, dass die Membraneigenschaften, wie beispielsweise Homogenität des Netzwerkes und Oberflächeneigenschaften, in Abhängigkeit von der Struktur des hydrophilen Polymers variieren.

[0019] Ebenfalls wird für einen Durchschnittsfachmann auf dem Gebiet selbstverständlich sein, dass das Polymernetzwerk über einen unterschiedlichen Grad der Querschnittsheterogenität in Bezug auf die Verteilung von Polymeren verfügt, da das hydrophile Polymer und das nicht kristalline hydrophobe Polymer unterschiedliche Affinitäten zueinander haben. Beispielsweise kann das nicht kristalline hydrophobe Polymer zu sich selbst eine größere Affinität als zu Molekülen des hydrophilen Acrylat-Polymers und umgekehrt haben. Damit kann das Polymernetzwerk Bereiche einer Phasentrennung besitzen, wie beispielsweise heterogene Phasen, die durch Taschen des hydrophilen Acrylat-Polymers begrenzt sind, die sich im Inneren eines Bereiches des hydrophoben Polymers befinden. In der Membran der vorliegenden Erfindung muss die Struktur des Polymernetzwerkes so beschaffen sein, dass sich das hydrophile Polymer auf der Außenseite der Membran und auf den Oberflächen der Poreninnerenräume befindet.

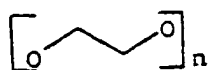
[0020] Bei dem hydrophilen Acrylat-Polymer der vorliegenden Erfindung handelt es sich um ein vernetztes Acrylat-Polymer, das deriviert ist von einem Polyalkylenglykoldiacrylat, begrenzt durch zwei Acrylat-Gruppen die über Esterbindungen an gegenüberliegenden Enden einer hydrophilen Polyalkylenglykol-Kette gebunden sind. Wahlweise ist das hydrophile Acrylat-Polymer ein vernetztes Polymer, das deriviert ist von einem hydrophilen Monoacrylat und einem Polyalkylenglykoldiacrylat, das durch zwei Acrylat-Gruppen begrenzt ist, die sich über Esterverbindungen an gegenüberliegenden Enden einer hydrophilen Polyalkylenglykol-Kette befinden. Obgleich nicht erforderlich, ist das hydrophile Acrylat-Polymer vorzugsweise von dem vorgenannten Polyalkylenglykoldiacrylat und einem hydrophilen Monoacrylat deriviert.

[0021] Ein Durchschnittsfachmann auf dem Gebiet wird erkennen, dass Polymere, die von Diacrylat-Vernetzungsmitteln deriviert sind, wie beispielsweise das Polyalkylenglykoldiacrylat der vorliegenden Erfindung, dreidimensionale Netzwerke sind, die untereinander copolymerisieren und/oder vernetzen können. Das hydrophile Monoacrylat kann, sofern vorhanden, mit sich selbst polymerisiert werden und/oder mit dem Polyalkylenglykoldiacrylat der vorliegenden Erfindung vernetzt werden. Ebenfalls wird für den Durchschnittsfachmann auf dem Gebiet selbstverständlich sein, dass man mit den gegenwärtig zur Charakterisierung auf dem Fachgebiet der Polymere angewendeten Methoden, wie beispielsweise spektroskopische Methoden, die Molekularstruktur des hydrophilen Acrylatpolymer-Netzwerkes, wie es in der Membran der vorliegenden Erfindung vorkommt, nicht genau bestimmen kann. Das hydrophile Acrylat-Polymer der vorliegenden Erfindung kann unabhängig davon, ob das hydrophile Monoacrylat vorhanden ist oder nicht, in der Struktur regellos sein und muss nicht aus ähnlichen repetierenden Einheiten aufgebaut sein.

[0022] Zur Veranschaulichung einer der möglichen, strukturellen Anordnungen, mit Hilfe derer beispielsweise ein Polyethylenglykoldimethacrylat mit sich selbst vernetzt werden kann und/oder mit 2-Hydroxyethylmethacrylat, wird das nachfolgende Strukturfragment dargestellt:



Worin

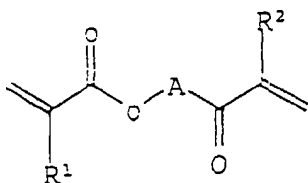


eine Polyethylenglykol-Kette darstellt; Y und Z sind gleich oder verschieden und sind jeweils Hydroxyethyl oder sind Teil einer anderen Polyethylenglykoldimethacrylat-Einheit; und Q, R, S und T sind gleich oder verschieden und jedes an dem Acryloyl-Rest einer 2-Hydroxyethylmethacrylat-Einheit oder einer Polyethylenglykoldimethacrylat-Einheit gebunden. Die vorstehende, strukturelle Darstellung dient lediglich für veranschaulichende Zwecke und soll eine von zahlreichen möglichen, molekularen Anordnungen darstellen, in denen das hydrophile Acrylat-Polymer der vorliegenden Erfindung vernetzt und/oder copolymerisiert werden kann.

[0023] Überraschender Weise ist entdeckt worden, dass Membran-Hydrophilie und -Stabilität drastisch verbessert werden können, wenn die relative Molekülmasse der Polyalkylenglykol-Kette erhöht wird. Die Membran ist dann nicht nur stärker hydrophil, sondern auch in sofern in höherem Maße dauerhaft, dass sie ihren hydrophilen Charakter beispielsweise selbst nach stark beschleunigten Beaufschlagungen mit refluxierendem Isopropanol bewahrt. Angestrebt wird eine Polyalkylenglykol-Kette mit einer relativen Molekülmasse von mindestens etwa 200. Vorzugsweise beträgt die relative Molekülmasse der Polyalkylenglykol-Kette mindestens etwa 400 und mehr bevorzugt mindestens etwa 600. Es kann jedes geeignete Polyalkylenglykoldiacrylate in der Membran der vorliegenden Erfindung zur Anwendung gelangen. Geeignete Polyalkylenglykoldiacrylate schließen beispielsweise ein: Polyethylenglykoldiacrylate, Polyethylenglykoldimethacrylate, Polypropylenglykoldiacrylate, Polypropylenglykoldimethacrylate, Poly(1,3-propandiol)diacrylate, Poly(1,3-propandiol)dimethacrylate und dergleichen. In einer bevorzugten Ausführungsform ist das Polyalkylenglykol ein Polyethylenglykoldiacrylat. Geeignete Polyethylenglykoldiacrylate schließen beispielsweise ein: Polyethylenglykoldiacrylate, Polyethylenglykoldi(alkyl)acrylate und Kombinationen davon. Geeignete Polyethylenglykoldi(alkyl)acrylate schließen Verbindungen ein, wie beispielsweise Polyethylenglykoldimethacrylat, Polyethylenglykoldiethacrylat und geeignete Kombinationen davon.

[0024] Zahlreiche Vertreter von Polyethylenglykoldiacrylaten lassen sich synthetisch erhalten oder kommerziell, wobei die mittlere, relative Molekülmasse der Polyethylenglykol-Kette, die die Verknüpfung zwischen den zwei Acrylat-Gruppen aufweist, in einen mittleren festgelegten Bereich fällt. Kommerziell erhalten derartige Polyethylenglykoldiacrylate eine "PEG"-Zahl, mit der die mittlere relative Molekülmasse der Polyethylenglykol-Kette angegeben wird, die die Verknüpfung zwischen den Acrylat-Teilen aufweist. Beispielsweise ist die mittlere relative Molekülmasse der Polyethylenglykol-Ketten, die die Methacrylat-Einheiten in dem Polyethylenglykol-200-dimethacrylat verknüpfen, näherungsweise 200 (damit wird die Verbindung bezeichnet als "PEG 200"). Andere Ethylenglykoldiacrylate mit vorgegebener PEG-Zahl, wie beispielsweise Polyethylenglykol-400-diacrylat (auch bezeichnet als Poly(ethylenglykol-400-diacrylat), Polyethylenglykol-400-dimethacrylat und Polyethylenglykol-600-dimethacrylat sind kommerziell verfügbar bei der Aldrich Chemical Company, Milwaukee, Wisconsin. Vorzugsweise ist das Polyethylenglykoldiacrylat ein Polyethylenglykoldimethacrylat mit einer PEG-Zahl von 200 oder größer (z.B. größer als PEG 200 oder sogar PEG 300). Mehr bevorzugt ist das Polyethylenglykoldiacrylat ein Polyethylenglykoldimethacrylat einer PEG-Zahl von 400 oder größer. Am Meisten bevorzugt ist das Polyethylenglykoldiacrylat ein Polyethylenglykoldimethacrylat einer PEG-Zahl von 600 oder größer.

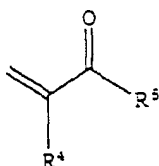
[0025] Ein bevorzugtes hydrophiles Polyalkylenglykoldiacrylat der vorliegenden Erfindung lässt sich auch mit Hilfe der folgenden Formel darstellen:



Worin R^1 und R^2 gleich oder verschieden sind und jedes H, CH_3 , CH_2CH_3 , $(CH_2)_2CH_3$, $CH(CH_3)_2$, Hydroxyalkyl, Arylalkyl, Fluoralkyl, Aryl oder Heteroaryl ist; und A ist eine hydrophile Polyalkylenglykol-Kette der Formel $(CH_2CHR^3O)_n$ oder $(CH_2CH_2CH_2O)_n$, worin R^3 H oder CH_3 ist und n mindestens 5 beträgt. Vorzugsweise sind R^1 und R^2 gleich und jeweils H oder CH_3 und A ist $(CH_2CH_2O)_n$ oder $(CH_2CH(CH_3)O)_n$.

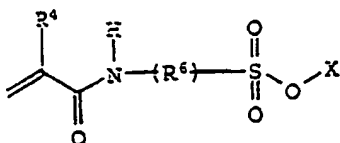
[0026] Wahlweise und bevorzugt ist das hydrophile Acrylat-Polymer ein Polymer/Copolymer, das deriviert ist von dem Polyalkylenglykoldiacrylat der vorliegenden Erfindung und einem hydrophilen Monoacrylat. Es kann jedes beliebige geeignete, hydrophile Monoacrylat eingesetzt werden. Geeignete hydrophile Monoacrylate schließen beispielsweise unsubstituierte Monoacrylate und substituierte Monoacrylate ein, zum Beispiel Methacrylate und dergleichen. Geeignete hydrophile Monoacrylate schließen außerdem beispielsweise neutrale Monoacrylate ein, Monoacrylate mit einem sauren Substituenten, Monoacrylate mit einem positiv geladenen Substituenten und Monoacrylate mit einem basischen Substituenten. Ein Durchschnittsfachmann auf dem Gebiet wird erkennen, dass die Beschaffenheit des Substituenten an dem hydrophilen Monoacrylat einen bedeutenden Einfluss auf die Oberflächenmerkmale der Membran haben kann. Beispielsweise vermittelt die Verwendung eines Monoacrylats mit einem sauren Substituenten der resultierenden Membran Kationenaustauschereigenschaften, während die Verwendung eines Acrylats mit einem positiv geladenen Substituenten der Membran Anionenaustauschereigenschaften vermittelt.

[0027] Geeignete neutrale Monoacrylate schließen beispielsweise ein: 2-Hydroxyethylacrylat, 2-Hydroxyethylmethacrylat, Polyethylenglykolmonoacrylat, Polyethylenglykolmonomethacrylat, Hydroxypropylacrylat, Hydroxypropylmethacrylat, Polypropylenglykolmonoacrylat, Polypropylenglykolmonomethacrylat, 2-Methoxyethylacrylat, 2-Phenoxyethylacrylat, 2-Phenoxyethylmethacrylat und Kombinationen davon. Das Hydroxyalkylacrylat lässt sich allgemeiner mit Hilfe einer Verbindung der Formel darstellen:



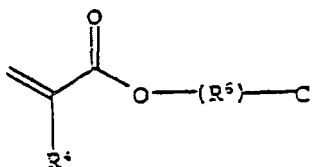
Worin R^4 H ist, CH_3 , CH_2CH_3 , $(CH_2)_2CH_3$, $CH(CH_3)_2$, C_1 - C_3 -Hydroxyalkyl, C_1 - C_3 -Arylalkyl, C_1 - C_3 -Fluoralkyl oder -Aryl und R^5 ist $(OCH_2CHR^3)_nOH$ oder $(OCH_2CH_2CH_2)_nOH$, worin R^3 H ist oder CH_3 und n ist eine ganze Zahl von 1 bis 15. Wenn R^5 $(OCH_2CH_2)_nOH$ ist, ist R^4 vorzugsweise H oder CH_3 und mehr bevorzugt CH_3 . In einer der bevorzugten Ausführungsformen ist R^4 CH_3 und R^5 $(OCH_2CH_2)_nOH$, worin n 1 beträgt. Wenn R^4 CH_3 ist und R^5 ist $(OCH_2CH_2)_nOH$ ist, beträgt n vorzugsweise mindestens 5 und am Meisten bevorzugt mindestens 10. Wenn R^5 $(OCH_2CHR^3)_nOH$ ist, ist R^3 vorzugsweise CH_3 .

[0028] Geeignete saure Monoacrylate schließen beispielsweise Acrylamidocarbonsäuren ein, Acrylamidophosphonsäuren und Acrylamidosulfonsäuren. Acrylamido-organische Säuren schließen Acrylamidoalkyl-organische Säuren und Acrylamidoaryl-organische Säuren ein. Wahlweise können die sauren Gruppen in ihre entsprechenden Metallsalze und/oder Ammoniumsalze umgewandelt werden. Vorzugsweise ist das saure Monoacrylat eine Acrylamidosulfonsäure, die im günstigen Fall eine Verbindung der Formel ist:



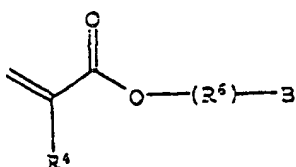
Worin R^4 H ist, CH_3 , CH_2CH_3 , $(CH_2)_2CH_3$, $CH(CH_3)_2$, C_1 - C_3 -Hydroxyalkyl, C_1 - C_3 -Arylalkyl, C_1 - C_3 -Fluoralkyl oder -Aryl; R^5 ist ein C_1 - C_3 -Alkyl-zweifacher Rest oder ein -Aryl-zweifacher Rest; und X ist H, ein Alkalimetall, Ammonium oder Tetraalkylammonium.

[0029] Geeignete Monoacrylate mit einem geladenen Aminosubstituenten schließen (Trialkylammonium)alkylacrylate ein, wie beispielsweise 2-(Dimethylamino)ethylacrylat, Methylsulfat eines quaternären Ammoniumsalzes und 2-(Dimethylamino)ethylmethacrylat, ein Methylsulfat eines quaternären Ammoniumsalzes. Bevorzugt ist das positiv geladene, hydrophile Monoacrylat ein (Trialkylammonium)alkylacrylat der Formel:



Worin R^4 H ist, CH_3 , CH_2CH_3 , $(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3$, $\text{CH}(\text{CH}_3)_2$, C_1 - C_3 -Hydroxyalkyl, C_1 - C_3 -Arylalkyl, C_1 - C_3 -Fluoralkyl oder -Aryl; R^6 ist ein C_1 - C_3 -Alkyl-zweifacher Rest oder ein -Aryl-zweifacher Rest; und C ist eine Trialkylammonium-Spezies.

[0030] Geeignete basische Monoacrylate schließen Aminoalkylacrylate ein, wie beispielsweise (Dialkylamino)alkylacrylate. Beispiele für (Dialkylamino)alkylacrylate schließen Verbindungen ein, wie beispielsweise 2-(Dimethylamino)ethylacrylat, 2-(Dimethylamino)ethylmethacrylat, 2-(Diethylamino)ethylmethacrylat. Weitere Beispiele für (Dialkylamino)alkylacrylate schließen Alkylacrylate ein, die einen zyklischen Aminosubstituenten besitzen, wie beispielsweise Morpholinoethylacrylat, Morpholinoethylmethacrylat und dergleichen. Vorzugsweise ist das basische, hydrophile Monoacrylat ein (Dialkylamino)alkylacrylat der Formel:



Worin R^4 H ist, CH_3 , CH_2CH_3 , $(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3$, $\text{CH}(\text{CH}_3)_2$, C_1 - C_3 -Hydroxyalkyl, C_1 - C_3 -Arylalkyl, C_1 - C_3 -Fluoralkyl oder -Aryl; R^6 ist ein C_1 - C_3 -Alkyl-zweifacher Rest oder ein -Aryl-zweifacher Rest; und B ist ein Dialkylamino-Substituent der Formel NR^6R^7 , worin R^6 und R^7 gleich oder verschieden sind und jeweils H sind, CH_3 , CH_2CH_3 , $(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3$, $\text{CH}(\text{CH}_3)_2$, Hydroxyalkyl, Arylalkyl, Fluoralkyl oder -Aryl oder ist ein zyklischer Aminosubstituent der Formel:



Worin n eine ganze Zahl von 4 bis 6 ist und X ist O, NR^4 , S, SO oder SO_2 .

[0031] Die poröse Membran der vorliegenden Erfindung ist hydrophil, womit sie sich von einer hydrophoben Membran unterscheidet, die einen gewissen Grad an Hydrophilie besitzt. Der Durchschnittsfachmann auf dem Gebiet wird leicht erkennen, dass eine hydrophobe Membran, die einen gewissen Grad an Hydrophilie besitzt, wie beispielsweise eine hydrophile Beschichtung, immer noch über hydrophobe Merkmale verfügen kann und nicht notwendiger Weise hydrophil ist (sie kann nichts desto weniger Wasser abweisen oder lässt sich nicht ohne Weiteres in Wasser benetzen). Im Gegensatz dazu ist die Membran der vorliegenden Erfindung vollständig hydrophil und wird in Wasser sofort benetzt. Darüber hinaus ist die Membran der vorliegenden Erfindung in einem solchen Maße hydrophil, dass sie sich selbst in einem verdünnten, wässrigen Natriumchlorid sofort benetzen lässt. Darüber hinaus und überraschend ist entdeckt worden, dass die Membran der vorliegenden Erfindung über eine hervorragende Beständigkeit verfügt. Eine der Methoden, die auf dem Fachgebiet zur Vorhersage der Nutzungsdauer einer hydrophilen Membran angewendet wird, besteht in der Messung des Verlustes an Benetzbarkeit in Abhängigkeit von der Zeit, wenn die Membran eine Extraktion in einem Apparat nach Soxhlet mit Isopropanol unterworfen wird. Das Nachlassen der Membran wird typischer Weise durch den Verlust der Benetzbarkeit mit Wasser nachgewiesen. Vorzugsweise bewahrt die Membran der vorliegenden Erfindung ihre Wasserbenetzbarkeit nach etwa 6 Stunden Soxhlet-Extraktion mit Isopropanol bei Atmosphärendruck (etwa 100 kPa). Mehr bevorzugt ist die Membran der vorliegenden Erfindung in 10%-igem, wässrigen Natriumchlorid nach einer Extraktion von etwa 6 Stunden im Soxhlet-Apparat mit Isopropanol bei Atmosphärendruck (etwa 100 kPa) benetzbar. Am Meisten bevorzugt ist die Membran der vorliegenden Erfindung in 10%-igem, wässrigen Natriumchlorid nach etwa 48 Stunden Soxhlet-Extraktion mit Isopropanol bei Atmosphärendruck (etwa 100 kPa) benetzbar.

[0032] Die vorliegende Erfindung gewährt ferner eine Vorrichtung zur Filtration, in der die hydrophile, poröse Membran der vorliegenden Erfindung zum Einsatz gelangt. Die Vorrichtung zur Filtration kann jede beliebige Form annehmen, wie beispielsweise eine Patrone, einen Plattenfilter, eine Platte und dergleichen. Die Vorrichtung zur Filtration umfasst ein Gehäuse und die hydrophile, poröse Membran der vorliegenden Erfindung. Die Membran kann in jeder beliebigen geeigneten Form vorliegen und kann beispielsweise als integraler Bestandteil eines Filterelementes genutzt werden.

[0033] Die vorliegende Erfindung gewährt ferner ein Verfahren zum Behandeln eines Fluids, indem ein Fluid mit der hydrophilen, porösen Membran der vorliegenden Erfindung kontaktiert wird. Mit der Membran der vorliegenden Erfindung lässt sich jedes beliebige, geeignete Fluid behandeln. Geeignete Fluids schließen beispielsweise wässrige Flüssigkeiten, organische Flüssigkeiten oder Kombinationen davon ein. Geeignete wässrige Flüssigkeiten schließen wässrige Suspensionen und Lösungen ein; biologische Fluids, wie beispielsweise Blut, Plasma, Dialysefluids und intravenöse Fluids; Nahrungsmittel, wie beispielsweise Trinkwasser, Milch und Bier; wässrige Abflüsse, wie beispielsweise Abwasser; und wässrige, nicht genießbare Materialien, wie beispielsweise Tinte, Farbe und Farbstoffezeugnisse. Geeignete organische Flüssigkeiten schließen beispielsweise organische Lösemittel ein und Lacke und Druckfarben auf Ölbasis. In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst das Verfahren zum Behandeln eines Fluids gemäß der vorliegenden Erfindung das Kontaktieren eines wässrigen Fluids mit der erfindungsgemäßen Membran, das Durchleiten des Fluids durch die Membran, um ein Filtrat zu liefern, und die Gewinnung des Filtrats und/oder des zurückgehaltenen Stoffes.

[0034] Die vorliegende Erfindung gewährt ferner ein Verfahren zum Herstellen einer hydrophilen Membran, worin eine Reaktionslösung ein Lösemittel aufweist, ein nicht kristallines, hydrophobes Polymer, das ausgewählt ist aus der Gruppe, bestehend aus Polysulfon und Polyethersulfon, einem hydrophilen Polyalkylenglykoldiacrylat, das durch zwei Acrylat-Gruppen begrenzt ist, die über Esterbindungen an gegenüberliegenden Enden einer hydrophilen Polyalkylenglykol-Kette mit einer relativen Molekülmasse von mindestens etwa 200 gebunden sind, einen Porenbildner und einen Initiator für die Polymerisation in der Wärme, die bis zu einer ausreichenden Temperatur erhitzt wird, um zu ermöglichen, dass das hydrophile Polyalkylenglykoldiacrylat einer in situ-Polymerisation und/oder einer Vernetzung entsprechend der vorstehend beschriebenen Weise unterzogen wird. Auf diese Weise wird eine Gießlösung bereitgestellt, die unter Erzeugung einer hydrophilen, porösen Membran vergossen wird, die ein Netzwerk eines nicht kristallinen, hydrophoben Polymers aufweist und eines hydrophilen Acrylat-Polymers, das von einem Polyalkylenglykoldiacrylat deriviert ist, das durch zwei Acrylat-Gruppen begrenzt ist, die über Esterbindungen an gegenüberliegenden Enden einer hydrophilen Polyalkylenglykol-Kette gebunden sind, wobei die Polyalkylenglykol-Kette eine relative Molekülmasse von mindestens etwa 200 hat.

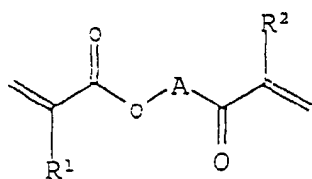
[0035] Die vorliegende Erfindung gewährt ferner ein Verfahren zum Herstellen einer hydrophilen Membran, wobei eine Reaktionslösung ein Lösemittel aufweist, ein nicht kristallines, hydrophobes Polymer, das ausgewählt ist aus der Gruppe, bestehend aus Polysulfon und Polyethersulfon, einem hydrophilen Polyalkylenglykoldiacrylat, das durch zwei Acrylat-Gruppen begrenzt ist, die über Esterbindungen an gegenüberliegenden Enden einer hydrophilen Polyalkylenglykol-Kette gebunden sind, die eine relative Molekülmasse von mindestens etwa 200 hat, einem hydrophilen Monoacrylat, einem Porenbildner und einem Initiator zur Polymerisation in der Wärme, die bis zu einer ausreichenden Temperatur erhitzt wird, um zu ermöglichen, dass das hydrophile Polyalkylenglykoldiacrylat und das hydrophile Monoacrylat einer in situ-Polymerisation und/oder einem Vernetzen entsprechend der vorstehend beschriebenen Weise unterworfen werden. Auf diese Weise wird eine Gießlösung bereitgestellt, die vergossen wird, um eine hydrophile, poröse Membran zu erzeugen, die ein Netzwerk eines nicht kristallinen, hydrophoben Polymers aufweist und eines hydrophilen Acrylat-Copolymers, das deriviert ist von einem hydrophilen Monoacrylat und einem Polyalkylenglykoldiacrylat, das durch zwei Acrylat-Gruppen begrenzt ist, die über Esterbindungen an gegenüberliegenden Enden einer hydrophilen Polyalkylenglykol-Kette gebunden sind, wobei die Polyalkylenglykol-Kette eine relative Molekülmasse von mindestens etwa 200 hat.

[0036] In beiden der vorgenannten Verfahren (d.h. unabhängig davon, ob ein hydrophiles Monoacrylat in der Reaktionslösung verwendet wird oder nicht) kann jedes beliebige, geeignete nicht kristalline, hydrophobe Polymer verwendet werden. Geeignete nicht kristalline Polymere schließen beispielsweise Blends und Copolymer ein, wie sie vorstehend diskutiert wurden. Vorzugsweise wird das nicht kristalline, hydrophobe Polymer nicht compoundingiert oder copolymerisiert mit irgendeiner kristallinen Polymerkomponente. Am Meisten bevorzugt ist das nicht kristalline, hydrophobe Polymer, ein Polymer, das ausgewählt ist aus der Gruppe, bestehend aus Polyethersulfon oder einem Polysulfon. Es kann jede beliebige, geeignete Konzentration des nicht kristallinen, hydrophoben Polymers in der Reaktionslösung zur Anwendung gelangen. Vorzugsweise liegt das nicht kristalline, hydrophobe Polymer in der Reaktionslösung mit etwa 5 Gew.% bis etwa 40 Gew.% und mehr be-

vorzugt von etwa 10 Gew.% bis etwa 30 Gew.% und am Meisten bevorzugt von etwa 10 Gew.% bis etwa 20 Gew.% vor. In einer bevorzugten Ausführungsform ist das nicht kristalline, hydrophobe Polymer Polyethersulfon, das mit etwa 15 Gew.% der Reaktionslösung vorliegt.

[0037] Unabhängig davon, ob ein hydrophiles Monoacrylat in der Reaktionslösung verwendet wird oder nicht, kann jedes beliebige geeignete, hydrophile Polyalkylenglykoldiacrylat in dem Verfahren der vorliegenden Erfindung verwendet werden. Bevorzugt ist das hydrophile Polyalkylenglykoldiacrylat ein Polyalkylenglykoldiacrylat, wie es vorstehend festgelegt wurde. Nach Möglichkeit ist das Polyalkylenglykoldiacrylat ein Polyethylenglykoldiacrylat mit einem PEG-Wert von 200 oder größer und mehr bevorzugt ein Polyethylenglykoldime-thacrylat mit einem PEG-Wert von 200 oder größer. Am Meisten bevorzugt hat das Polyethylenglykoldime-thacrylat einen PEG-Wert von 400 oder mehr, oder sogar einen PEG-Wert von 600 oder mehr.

[0038] Vorzugsweise können die hydrophilen Polyalkylenglykoldiacrylate in dem Verfahren der vorliegenden Erfindung auch durch die Formel dargestellt werden:

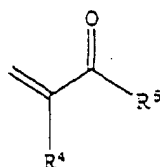


Worin R^1 und R^2 gleich oder verschieden sind und jeweils H sind, CH_3 , CH_2CH_3 , $(CH_2)_2CH_3$, $CH(CH_3)_2$, C_1 - C_3 -Hydroxyalkyl, C_1 - C_3 -Arylalkyl, C_1 - C_3 -Fluoralkyl, -Aryl oder Heteroaryl; und A ist eine hydrophile Polyalkylenglykol-Kette der Formel $(CH_2CHR^3O)_n$ oder $(CH_2CH_2CH_2O)_n$, worin R^1 H oder CH_3 ist und n mindestens 5 beträgt. Vorzugsweise sind R^1 und R^2 gleich und sind jeweils H oder CH_3 , und A ist $(CH_2CH_2O)_n$ oder $(CH_2CH(CH_3)O)_n$.

[0039] In der Reaktionslösung kann jede beliebige, geeignete Konzentration des hydrophilen Polyalkylenglykoldiacrylats verwendet werden. Vorzugsweise liegt das Polyalkylenglykoldiacrylat in einer Konzentration von etwa 0,1 % bis etwa 5 Gew.% und mehr bevorzugt von etwa 0,2% bis etwa 2 Gew.% und am Meisten bevorzugt von etwa 0,3% bis etwa 1 Gew.% vor. In einer bevorzugten Ausführungsform liegt das hydrophile Polyalkylenglykoldiacrylat in einer Konzentration von etwa 0,6 Gew.% der Reaktionslösung vor.

[0040] Wahlweise und bevorzugt wird ein hydrophiles Monoacrylat in dem Verfahren der vorliegenden Erfindung verwendet. Es kann jedes beliebige geeignete, hydrophile Monoacrylat in der Reaktionslösung zur Anwendung gelangen. Geeignete hydrophile Monoacrylate schließen beispielsweise unsubstituierte Acrylate und substituierte Acrylate ein, wie sie vorstehend diskutiert wurden. Geeignete hydrophile Monoacrylate schließen auch neutrale Monoacrylate, Monoacrylate mit einem sauren Substituenten, Monoacrylate mit einem positiv geladenen Substituenten und Monoacrylate mit einem basischen Substituenten ein, wie sie vorstehend diskutiert wurden. Geeignete, neutrale Monoacrylate schließen beispielsweise ein: 2-Hydroxyethylacrylat, 2-Hydroxyethylmethacrylat, Polyethylenglykolmonoacrylat, Polyethylenglykolmonomethacrylat, Hydroxypropylacrylat, Hydroxypropylmethacrylat, Polypropylenglykolmonoacrylat, Polypropylenglykolmonomethacrylat, 2-Methoxyethylacrylat, 2-Phenoxyethylacrylat, 2-Phenoxyethylmethacrylat und Kombinationen davon.

[0041] Bevorzugt ist das hydrophile Monoacrylat eine Verbindung der Formel:



Worin R^4 H ist, CH_3 , CH_2CH_3 , $(CH_2)_2CH_3$, $CH(CH_3)_2$, C_1 - C_3 -Hydroxyalkyl, C_1 - C_3 -Arylalkyl, C_1 - C_3 -Fluoralkyl oder -Aryl, und R^5 ist $(OCH_2CHR^3)_nOH$ oder $(OCH_2CH_2CH_2)_nOH$, worin R^3 H ist oder CH_3 ist und n ist eine ganze Zahl von 1 bis 15. Wenn R^5 $(OCH_2CH_2)_nOH$ ist, ist R^4 vorzugsweise H oder CH_3 und mehr bevorzugt CH_3 . In einer der bevorzugten Ausführungsformen ist R^4 CH_3 und R^5 ist $(OCH_2CH_2)_nOH$, worin n 1 beträgt. Wenn R^4 CH_3 ist und R^5 ist $(OCH_2CH_2)_nOH$, beträgt n mehr bevorzugt mindestens 5 und am Meisten bevorzugt mindestens 10. Wenn R^5 $(OCH_2CHR^3)_nOH$ ist, ist R^3 vorzugsweise CH_3 . Das hydrophile Monoacrylat liegt in der Regel in der Reaktionslösung in Konzentrationen von etwa 0,05% bis etwa 5 Gew.% vor und bevorzugt von 0,1% bis etwa 2 Gew.% und mehr bevorzugt von etwa 0,1% bis etwa 0,5 Gew.%.

[0042] Wie der Durchschnittsfachmann auf dem Gebiet erkennen wird, können Porenbildner, Co-Lösemittel, Viskositätsregler und Nicht-Lösemittel als Komponenten in der Reaktionslösung der vorliegenden Erfindung zur Anwendung gelangen. In beiden vorgenannten Verfahren wird ein geeigneter Porenbildner in der Reaktionslösung verwendet. In einer bevorzugten Ausführungsform schließt die Reaktionslösung Polyethylenglykol ein, die in Konzentrationen im Bereich von etwa 30% bis etwa 85 Gew.% und bevorzugt von etwa 40% bis etwa 75 Gew.% und mehr bevorzugt von etwa 55% bis etwa 70 Gew.% vorliegt.

[0043] In dem Verfahren der vorliegenden Erfindung zur Herstellung einer hydrophilen, porösen Membran kann jedes beliebige, geeignete Lösemittel verwendet werden. Geeignete Lösemittel schließen beispielsweise N-Methylpyrrolidon, Dimethylacetamid, Dimethylformamid, Dimethylsulfoxid und dergleichen ein. Das Lösemittel liegt in der Regel in der Reaktion im Bereich von etwa 1% bis etwa 60 Gew.% und bevorzugt von etwa 5% bis etwa 40 Gew.% und mehr bevorzugt von etwa 10% bis etwa 30 Gew.% vor. In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens der vorliegenden Erfindung ist das Lösemittel N-Methylpyrrolidon.

[0044] Der Polymerisationsinitiator kann jeder beliebige geeignete Initiator sein, der die radikalische Polymerisation der vernetzbaren Reaktionsteilnehmer in der Reaktionslösung fördert. Geeignete Polymerisationsinitiatoren schließen thermische Initiatoren und photochemische Initiatoren ein. Geeignete thermische Initiatoren schließen beispielsweise 4,4'-Azobis(4-cyanovalerianäure) ein, Ammoniumpersulfat, Natriumpersulfat und dergleichen. Geeignete photochemische Initiatoren schließen beispielsweise ein: Benzoinether, zum Beispiel Isopropylbenzoinether und Butylbenzoinether und dergleichen; Benzophenone, zum Beispiel Benzophenon und Michler's-Keton; Acetophenone, zum Beispiel 2-Hydroxy-2-methyl-1-phenylpropan-1-on, α,α -Dimethoxy- α -hydroxyacetophenon und dergleichen. Der Initiator kann in jeder beliebigen, geeigneten Konzentration verwendet werden, die die Ausbreitung freier Radikale fördert. Photochemische Initiatoren werden in der Regel in Konzentrationen im Bereich von etwa 0,1 % bis etwa 10 Gew.% und bevorzugt von etwa 1% bis etwa 5 Gew.% verwendet. Thermische Initiatoren werden in der Regel in Konzentrationen im Bereich von etwa 0,01% bis etwa 5 Gew.% und bevorzugt von etwa 0,05% bis etwa 0,5 Gew.% verwendet. Vorzugsweise ist der Polymerisationsinitiator ein thermischer Initiator, bei dem es sich noch mehr bevorzugt um einen Persulfat-Initiator handelt, der am Meisten bevorzugt Natriumpersulfat oder Ammoniumpersulfat ist.

[0045] Die Bedingungen, die eine in situ-Polymerisation und/oder Vernetzung der Acrylat-Monomere fördern, schließen die Anwendung jeder beliebigen konventionellen Energiequelle für den Start der radikalischen Polymerisation ein, wie beispielsweise Wärme, ultraviolettes Licht, Gammastrahlung, Elektronenstrahlung oder dergleichen. Die Reaktionsbedingungen, die dazu führen, dass die Acrylat-Monomere eine Polymerisation und/oder Vernetzung in situ eingehen, sind thermische. Vorzugsweise wird die Vernetzungsreaktion thermisch und bevorzugt bei einer Temperatur von etwa 18°C (54°F) bis etwa 50°C (122°F) ausgeführt. Mehr bevorzugt liegt die Temperatur im Bereich von etwa 25°C (77°F) bis etwa 40°C (104°F) und mehr bevorzugt von etwa 30°C (86°F) bis etwa 40°C (104°F).

[0046] Die Gießlösung wird vergossen, um die hydrophile, poröse Membran der vorliegenden Erfindung zu schaffen. Eine Wärmebehandlung oder Kristallisation ist erforderlich um die Membranoberfläche hydrophil zu machen. Selbstverständlich läßt sich die Membran mit Hilfe einer Vielzahl von Methoden gießen, die in der Fachwelt bekannt sind, wie beispielsweise Gießen in einer Kammer mit geregelter Umgebung oder durch Abschrecken in einem Nicht-Lösemittel. Die allgemeine Methode zum Gießen einer Harzlösung und zur Erzeugung einer porösen Membran ist in der Fachwelt gut bekannt. Beispielsweise wurden derartige Methoden in der US-P-4707266 beschrieben.

[0047] Das Verfahren der vorliegenden Erfindung kann auf ein Verfahren zum Herstellen einer hydrophilen, porösen Membran angewendet werden, die eine geladene Beschichtung aufweist, worin die Membran der vorliegenden Erfindung mit einem geladenen Harz nachbehandelt wird. Um eine positive Ladung zu vermitteln, läßt sich jedes beliebige geeignete Harz einsetzen, das eine positive Ladung trägt, wie beispielsweise ein Polyaminharz. Um eine negative Ladung zu vermitteln, läßt sich jedes beliebige geeignete Harz einsetzen, das eine negative Ladung trägt, wie beispielsweise ein Polystyrolsulfonsäureharz. Die allgemeine Methode, um einer porösen Membran eine Ladung zu vermitteln, wurde beispielsweise beschrieben in den US-P-5282971, 5151189 und 5137633.

[0048] Die folgenden Beispiele dienen zur weiteren Veranschaulichung der vorliegenden Erfindung, die jedoch in keiner Weise als ihren Geltungsbereich einschränkend auszulegen sind.

BEISPIEL 1

[0049] Dieses Beispiel beschreibt eine spezielle Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Die Membran, die mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens hierin bereitgestellt wird, ist eine hydrophile, poröse Membran, die aus einem Netzwerk von Polyethersulfon und dem hydrophilen Acrylat-Polymer erzeugt wird, das aus der in situ-Polymerisation und der Vernetzung von Polyethylenglykol(400)-dimethacrylat deriviert wird.

[0050] Die in Tabelle 1 angegebenen Komponenten wurden in einen Mischer aus rostfreiem Stahl eingewogen und gemischt, um eine Mischung mit einer vereinten Gesamtmasse von 300 g zu schaffen. Die Mischung wurde für 30 Minuten bei 32° bis 35°C (90-95°F) gerührt.

TABELLE I

| Komponenten | Gew.% |
|--|-------|
| Polyethylenglykol | 68,1 |
| Polyethersulfon | 13 |
| N-Methylpyrrolidon (NMP) | 18 |
| Polyetherglykol (400)- dimethacrylat (PEG(400)DMA) | 0,8 |
| Ammoniumpersulfat | 0,1 |

[0051] Die resultierende Mischung wurde in einer Gießkammer mit geregelter Umgebung vergossen, um eine poröse Membran zu schaffen. Die Gießmembran wurde mit Wasser ausgewaschen und für 30 Minuten bei 85° bis 90°C ofengetrocknet. Die getrocknete Membran war hydrophil. Nach einer 3-stündigen Soxhlet-Extraktion mit Isopropanol (IPA) blieb die Hydrophilie der Membran intakt. Die Oberflächenspannung der Membran lag im Bereich von 75,9 bis 77,7 mN/m (dyn/cm) nach der Soxhlet-Extraktion mit IPA.

[0052] BEISPIEL 2 Mit diesem Beispiel wird die Herstellung zweier Membranen der vorliegenden Erfindung beschrieben. Die hierin mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens bereitgestellten Membranen sind hydrophile, poröse Membranen, die aus einem Netzwerk von Polyethersulfon und dem Produkt erzeugt werden, das aus der in situ-Vernetzung von Polyethylenglykol(400)-dimethacrylat und -2-hydroxyethylmethacrylat deriviert wird.

[0053] Die Membranen wurden in der gleichen Weise hergestellt, wie in Beispiel 1 beschrieben wurde mit der Ausnahme, dass die in diesem Beispiel verwendeten Komponenten in Tabelle 2 angegeben sind. TABELLE 2

| Komponenten | Rezeptur 2A | Rezeptur 2B |
|----------------------------------|-------------|-------------|
| | (Gew.%) | (Gew.%) |
| Polyethylenglykol | 68,1 | 68,1 |
| Polyethersulfon | 13 | 13 |
| NMP | 18 | 18 |
| PEG (400) DMA | 0,5 | 0,5 |
| 2-Hydroxyethylmethacrylat (HEMA) | 0,3 | 0,3 |
| Ammoniumpersulfat | 0,1 | - |
| Natriumpersulfat | - | 0,1 |

Die Komponenten der Rezeptur 2A wurden in der gleichen Weise verwendet, wie in Beispiel 1 ausgeführt wurde, um eine erste Membran (Membran 2A) zu schaffen. Es wurde die gleiche Prozedur unter Verwendung der Komponenten der Rezeptur 2B wiederholt, um eine zweite Membran (Membran 2B) zu schaffen. Beide Membranen waren nach dem Trocknen hydrophil. Nach einer 3-stündigen Soxhlet-Extraktion mit Isopropanol (IPA) blieben die Membranen hydrophil. Nach der Soxhlet-Extraktion in IPA lagen die Oberflächenspannungen bei der Membranen im Bereich von 75,9 bis 77,7 mN/m (dyne/cm).

[0054] BEISPIEL 3

[0055] Dieses Beispiel veranschaulicht die Verbesserung der Stabilität der Membran und die Hydrophilie der hydrophilen Membran der vorliegenden Erfindung als Ergebnis der Erhöhung des PEG-Wertes des Polyethy-

lenglykoldiacrylats.

[0056] Es wurden zwei Membranen, Membran 3A und Membran 3B, hergestellt, die sich lediglich in dem PEG-Wert des Polyethylenglykoldiacrylat-Vernetzers (Polyethylenglykoldimethacrylat), bezeichnet als "PEG(relative Molekülmasse)DMA", unterscheiden. Die zwei Membranen wurden sodann vor und nach der Soxhlet-Extraktion in IPA auf Hydrophilie getestet. Die in der Herstellung dieser Membranen verwendeten Komponenten sind in Tabelle 3 gezeigt.

[0057] TABELLE 3

| Komponenten | Rezeptur 3A (Gew.%) | Rezeptur 3B (Gew.%) |
|-------------------|------------------------|------------------------|
| Polyethylenglykol | 61,9 | 61,9 |
| NMP | 24 | 24 |
| Polyethersulfon | 13 | 13 |
| PEG (400) DMA | 0,7 | - |
| PEG (200) DMA | - | 0,7 |
| HEMA | 0,3 | 0,3 |
| Ammoniumpersulfat | 0,1 | 0,1 |

Die Komponenten der Rezeptur 3A wurden in einem Mischer aus rostfreiem Stahl bei 35° bis 46°C (95-115°F) eingewogen und gemischt. Es wurde eine Membran hergestellt, indem die resultierende Mischung auf ein Substrat in einer Gelierungskammer mit geregelter Umgebung vergossen wurde. Die resultierende Membran wurde sodann in einem Wasserbad gewaschen und in einem konventionellen Ofen getrocknet, um Membran 3A zu schaffen, die einen PEG 400-Polyethylenglykoldimethacrylat-Vernetzer hat. Die identische Prozedur wurde unter Verwendung der Komponenten der Rezeptur 3B wiederholt, um die Membran 3B zu schaffen, die einen PEG 200-Polyethylenglykoldimethacrylat-Vernetzer hat. Die hydrophilen Eigenschaften der zwei Membranen sind in Tabelle 4 gezeigt. Der Wasserdurchlass jeder der Membranen wurde bei einem Druck von 68,9 kPa (10 psi) ermittelt. Das "Benetzen" (Benetzbarkeit) der getrockneten Membran wurde vor und nach einer 3-stündigen Soxhlet-Extraktion mit IPA bestimmt und mit Hilfe des maximalen, prozentualen Gewichtsanteils von wässrigem NaCl (bezogen auf Gewicht) angegeben, das die Membran benetzte.

[0058] TABELLE 4

| | Membran 3A (PEG 400) | Membran 3B (PEG 200) |
|--|-------------------------|-------------------------|
| Wasserblasenpunkt (kPa) [psig] | 289,4 [42,0] | 304,5 [44,2] |
| Wasserdurchsatz (ml/Min./cm ²) | 48,6 | 45,3 |
| Dicke (µm) (mil) | 109 [4,3] | 107 [4,2] |
| Benetzung (vor der Soxhlet-Extraktion) | 15% NaCl (Gew.%) | 10% NaCl (Gew.%) |
| Benetzung (nach der Soxhlet-Extraktion) | 15% NaCl (Gew.%) | 5% NaCl (Gew.%) |

[0059] Die Ergebnisse in Tabelle 4 demonstrieren eindeutig, dass die Membran 3A vor der Soxhlet-Extraktion mit IPA stärker hydrophil ist, als Membran 3B (Membran 3A ist in 15% NaCl gegenüber 10% NaCl bei Membran 3B benetzbar). Diese Daten demonstrieren ferner, dass Membran 3A stabiler ist als Membran 3B (Membran 3A bewahrt 100% ihrer Hydrophilie und spiegelt die Benetzbarkeit nach einer Soxhlet-Extraktion mit IPA nach 3 Stunden bei Atmosphärendruck (etwa 100 kPa) wieder, während die Hydrophilie von Membran 3B nach 3-stündiger Soxhlet-Extraktion mit IPA deutlich verringert ist).

[0060] BEISPIEL 4 Diese Beispiel veranschaulicht den Einfluss auf die Hydrophilie und Beständigkeit der Membran, wenn die mittlere relative Molekülmasse der Polyethylenglykol-Kette des Polyethylenglykoldimethacrylats von null (d.h. kein Diacrylat-Vernetzer) auf 600 zunimmt.

[0061] Es wurden sechs Membranen, die Membranen 4A-4F, aus den entsprechenden Rezepturen 4A-4F hergestellt, deren Komponenten in Tabelle 5 gezeigt sind.

TABELLE 5

| Komponenten | Rezeptur 4A (Gew.%) | Rezeptur 4B (Gew.%) | Rezeptur 4C (Gew.%) | Rezeptur 4D (Gew.%) | Rezeptur 4E (Gew.%) | Rezeptur 4F (Gew.%) |
|---|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Polyethylenglykoll | 54,1 | 54,1 | 54,1 | 54,1 | 54,1 | 54,1 |
| Polyethersulfon | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| NMP | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| HEMA | 0,8 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | - |
| Polyethylenglykolmonomethacrylat (PEG 360) | - | - | - | - | - | 0,2 |
| EGDMA (« PEG 44 ») (Ethylenglykoldimethacrylat) | - | 0,6 | - | - | - | - |
| PEG (200) DMA | - | - | 0,6 | - | - | - |
| PEG (400) DMA | - | - | - | 0,6 | - | 0,6 |
| PEG (600) DMA | - | - | - | - | 0,6 | - |
| Ammoniumpersulfat | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |

[0062] Für jede der folgenden Rezepturen wurden identische Prozeduren angewendet. Die Komponenten der jeweiligen Rezepturen 4A-4F wurden in einem Mischer aus rostfreiem Stahl gemischt und für 6 Stunden bewegt. Die Temperatur der Reaktionslösung wurde bei $38^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ($100^{\circ}\text{F} \pm 10^{\circ}\text{F}$) gehalten, indem die Geschwin-

digkeit der Bewegung geregelt wurde. Die resultierenden Gießlösungen wurden für 4 Stunden unter Vakuum gasfrei gemacht und in einer Gelierungskammer vergossen, um Membranproben in flächiger Form zu schaffen. Die resultierenden Membranproben wurden mit kaltem Wasser (5 Min.) gewaschen, gefolgt von Ethanol (15 Min.) und anschließend mit heißem Wasser (60°C), um restliche Reaktionsteilnehmer, Lösemittel und/oder Porenbildner zu entfernen. Die gewaschenen Membranen wurden sodann in einen Ofen gegeben und für 2 Stunden bei 80°C getrocknet.

[0063] Die getrockneten Membranen wurden zu 47 mm-Scheiben geschnitten und die Hälfte von Ihnen direkt auf Benetzungsvermögen in Wasser und wässrigem Natriumchlorid getestet (die ungefähre Oberflächenspannung der Testlösung wurde in Klammern angegeben). Die andere Hälfte der Membranen wurde in einen Soxhlet-Extraktor gegeben und einer Extraktion mit Isopropanol (IPA) für 6 Stunden bei Atmosphärendruck (etwa 100 kPa) unterworfen. Die mit IPA extrahierten Membranen wurden mit Wasser gewaschen, um das restliche IPA zu entfernen, und wurden in einen Ofen gegeben und für 2 Stunden bei 80°C getrocknet. Die mit IPA extrahierten, getrockneten Membranen wurden auf Benetzungsvermögen getestet. Das Benetzungsvermögen der Membranen vor und nach der Soxhlet-Extraktion ist in Tabelle 6 gezeigt. In Tabelle 6 wurden die Membranen, die keiner Soxhlet-Extraktion mit IPA unterworfen wurden, bezeichnet mit "vorher", während die mit IPA extrahierten Membranen bezeichnet wurden mit "nachher". Membranen, die in der angegebenen Testlösung sofort benetzbar waren, wurden mit "W" bezeichnet, während Membranen, die in der angegebenen Testlösung nur langsam oder gar nicht benetzt wurden, mit "N" bezeichnet werden.

[0064] TABELLE 6

| wässriges NaCl (Gew.%) (Oberflächenenergie) (mN/m) (dyn/cm) | 0% [72] (Wasser) | 5% [74] | 10% [76] | 15% [77,5] | 20% [79,5] | 25% [82] |
|---|------------------------|------------|-------------|---------------|---------------|-------------|
| Membrane 4A (kein Diacrylat) | | | | | | |
| vorher | W | N | N | N | N | N |
| nachher | N | N | N | N | N | N |
| Membran 4B (PEG 44) | | | | | | |
| vorher | W | W | N | N | N | N |
| nachher | W | N | N | N | N | N |
| Membran 4C (PEG 200) | | | | | | |
| vorher | W | W | W | W | N | N |
| nachher | W | W | N | N | N | N |
| Membran 4D (PEG 400) | | | | | | |
| vorher | W | W | W | W | N | N |
| nachher | W | W | W | N | N | N |
| Membran 4E (PEG 600) | | | | | | |
| vorher | W | W | W | W | N | N |
| nachher | W | W | W | N | N | N |
| Membran 4F (PEG 400) | | | | | | |
| vorher | W | W | W | W | W | W |
| nachher | W | W | W | W | W | N |

[0065] Die Ergebnisse in Tabelle 6 demonstrieren eindeutig die bedeutende Verbesserung der Membraneigenschaften unter Verwendung einer höhermolekularen Polyethylenglykol-Kette in dem Diacrylat-Vernetzer und zwar sowohl hinsichtlich des Umfangs der Hydrophilie als auch der Stabilität bei dieser Hydrophilie. Die Membran 4A (kein Diacrylat) hatte eine nur geringe Hydrophilie vor der Extraktion und wurde nach der Extraktion hydrophob. Die Membran 4B (PEG 44, technisch insofern kein "Poly"-ethylenglykol, als lediglich eine Ethylenglykol-Einheit (MW 44) mit den zwei Methacrylat-Gruppen zusammen verknüpft ist) wurde stärker hydrophil, verlor jedoch ihre Benetzbarkeit in 5%-igem, wässrigen NaCl nach der Soxhlet-Extraktion. Membran 4C (PEG 200) war sogar noch stärker hydrophil und bewahrte ihre Benetzbarkeit in 5%-igem, wässrigen NaCl nach der Soxhlet-Extraktion. Die Membranen 4D beziehungsweise 4E (PEG 400 beziehungsweise PEG 600) hatten eine hervorragende Hydrophilie und bewahrten ihre Fähigkeit zur sofortigen Benetzung in 10%-igem, wässrigen NaCl nach der Soxhlet-Extraktion. Membran 4F, in der das hydrophile Monomer ein Polyethylenglykolmonomethacrylat war, war am Stärksten hydrophil und war nach der Soxhlet-Extraktion in 20%-igem, wässrigen

NaCl benetzbar, was demonstriert, dass die hydrophile Membran und das Herstellungsverfahren der vorliegenden Erfindung ohne Weiteres auf eine Vielzahl von hydrophilen Monoacrylat-Vertretern angewendet werden können.

[0066] Die Stabilität der Membran der vorliegenden Erfindung wurde darüber hinaus durch verlängerte Soxhlet-Extraktionsbelastungen bestätigt. Andere Proben der Membranen 4D und 4E (PEG 400 beziehungsweise PEG 600), die in dem vorliegenden Beispiel hergestellt wurden, wurden für 48 Stunden bei Atmosphärendruck (etwa 100 kPa) einer Soxhlet-Extraktion in IPA unterworfen und wie vorstehend getrocknet und bewahrten nichts desto weniger ihre Fähigkeit zur sofortigen Benetzung in 10%-igem, wässrigen NaCl. Von der Membran 4F lässt sich voraussagen, dass sie mindestens so gut wie die Membranen 4D und 4E arbeitet, nachdem sie einer längeren Soxhlet-Extraktionsbelastung unterworfen wurde.

[0067] Sämtliche Fundstellen, einschließlich Patentschriften und die vorliegende Anmeldung, die hierin zitiert wurden, sind hiermit in ihrer Gesamtheit als Fundstelle einbezogen.

[0068] Obgleich spezielle Ausführungsformen der Erfindung gezeigt worden sind, gilt als selbstverständlich, dass die Erfindung darauf nicht beschränkt ist, da Modifikationen von einem Durchschnittsfachmann auf dem Gebiet und speziell angesichts der vorangegangenen Lehren vorgenommen werden können. An Hand der beigefügten Ansprüche ist daher davon auszugehen, dass diese alle derartigen Modifikationen unter Einbeziehung solcher Merkmale abdecken, die wesentliche Merkmale dieser Verbesserungen im Rahmen des rechtmäßigen Erfindungsgedanken und Schutzzumfanges der Erfindung darstellen.

Patentansprüche

1. Hydrophile Membran mit einer Porenweite von 0,02 bis 10 μm , wobei die Membran ein interpenetrierendes Polymernetzwerk aus einem nichtkristallinen hydrophoben Polymer aufweist, das ausgewählt ist aus der Gruppe, bestehend aus Polyethersulfon und Polysulfon, und einem hydrophilen Acrylatpolymer, deriviert von einem Polyalkylenglykoldiacrylat, das definiert ist durch zwei Acrylat-Gruppen, die über Ester-Verknüpfungen an gegenüberliegenden Enden einer hydrophilen Polyalkylenglykol-Kette mit einer relativen Molekülmasse von mindestens 200 gebunden sind, wahlweise ein hydrophiles Monoacrylat.

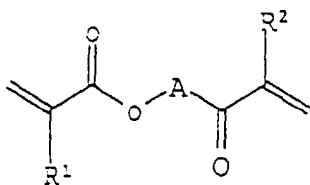
2. Hydrophile Membran nach Anspruch 1, wobei das hydrophile Acrylatpolymer deriviert ist von dem Polyalkylenglykoldiacrylat allein.

3. Hydrophile Membran nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Polyalkylenglykoldiacrylat ein Polyethylenglykoldimethacrylat mit einer PEG von 200 oder größer aufweist.

4. Hydrophile Membran nach Anspruch 3, wobei das Polyalkylenglykoldiacrylat ein Polyethylenglykoldimethacrylat mit einer PEG von 400 oder größer aufweist.

5. Hydrophile Membran nach Anspruch 4, wobei das Polyalkylenglykoldiacrylat ein Polyethylenglykoldimethacrylat mit einer PEG von 600 oder größer aufweist.

6. Hydrophile Membran nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Polyalkylenglykoldiacrylat eine Verbindung der Formel aufweist:

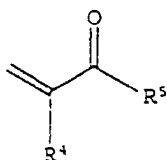


worin R^1 und R^2 gleich oder verschieden sind und jeweils H, CH_3 , CH_2CH_3 , $(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3$, oder $\text{CH}(\text{CH}_3)_2$ sind und A eine hydrophile Polyalkylenglykol-Kette der Formel $(\text{CH}_2\text{CHR}_3\text{O})_n$ oder $(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_n$ ist, worin R_3 H oder CH_3 ist und n mindestens 5 beträgt.

7. Hydrophile Membran nach Anspruch 6, wobei R^1 und R^2 gleich sind und jeweils H oder CH_3 sind und A $(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_n$ oder $(\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{O})_n$ ist.

8. Hydrophile Membran nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei das hydrophile Acrylatpolymer deriviert

ist von dem Polyalkylenglykoldiacrylat und einem hydrophilen Monoacrylat der Formel:



worin R^4 H ist, CH_3 , CH_2CH_3 , $(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3$, $\text{CH}(\text{CH}_3)_2$, C_1 - C_3 -Hydroxyalkyl, C_1 - C_3 -Arylalkyl, C_1 - C_3 -Fluoralkyl oder Aryl; und R^5 ist $(\text{OCH}_2\text{CHR}^3)_n\text{OH}$ oder $(\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2)_n\text{OH}$, worin R^3 H oder CH_3 ist und n eine ganze Zahl von 1 bis 15.

9. Hydrophile Membran nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei das hydrophile Acrylatpolymer deriviert ist von dem Polyalkylenglykoldiacrylat und einem hydrophilen Monoacrylat, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus 2-Hydroxyethylacrylat, 2-Hydroxyethylmethacrylat, Polyethylenglykolmonoacrylat, Polyethylenglykolmonomethacrylat, Hydroxypropylacrylat, Hydroxypropylmethacrylat, Polypropylenglykolmonoacrylat, Polypropylenglykolmonomethacrylat, 2-Methoxyethylacrylat, 2-Phenoxyethylacrylat, 2-Phenoxyethylmethacrylat, Acrylamidosulfonsäure, einem (Trialkylammonium)-alkylacrylat, einem (Dialkylamino)-alkylacrylat und Kombinationen davon.

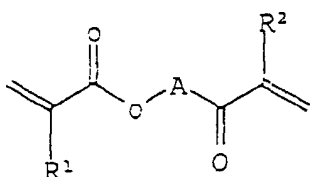
10. Hydrophile Membran nach einem der Ansprüche 1 bis 9, welche in 10%igem, wässrigen Natriumchlorid nach Extraktion mit refluxierendem Isopropanol für etwa 6 Stunden bei etwa 100 kPa benetzt.

11. Vorrichtung zur Filtration, aufweisend ein Gehäuse und die hydrophile Membran nach einem der Ansprüche 1 bis 10.

12. Verfahren zum Behandeln eines Fluids, umfassend das Kontaktieren eines Fluids mit der hydrophilen Membran nach einem der Ansprüche 1 bis 10.

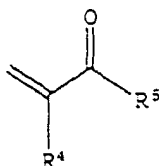
13. Verfahren zum Herstellen der hydrophilen Membran nach einem der Ansprüche 1 bis 10, umfassend: (a) Bereitstellen einer Reaktionslösung, die ein Lösemittel aufweist, ein nichtkristallines hydrophobes Polymer, das ausgewählt ist aus der Gruppe, bestehend aus Polysulfon und Polyethersulfon, einem Polyalkylenglykoldiacrylat, das definiert ist durch zwei Acrylat-Gruppen, die durch Ester-Verknüpfungen an gegenüberliegenden Enden einer hydrophilen Polyalkylenglykol-Kette mit einer relativen Molekülmasse von mindestens etwa 200 gebunden sind, einem Porenbildner, einem Initiator für die Polymerisation in der Wärme und wahlweise einem hydrophilen Monoacrylat; (b) Erhitzen der Reaktionslösung bis zu einer Temperatur, die ausreichend ist, um das hydrophile Polyalkylenglykoldiacrylat und, sofern vorhanden, das hydrophile Monoacrylat eine Polymerisation und/oder Vernetzung in situ eingehen zu lassen, um eine Gießlösung bereitzustellen; und (c) Gießen dieser Gießlösung zur Schaffung der hydrophilen Membran.

14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei die Reaktionslösung ein Polyalkylenglykoldiacrylat der Formel aufweist:



worin R^1 und R^2 gleich oder verschieden sind und jeweils H, CH_3 , CH_2CH_3 , $(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3$ oder $\text{CH}(\text{CH}_3)_2$ sind und A eine hydrophile Polyalkylenglykol-Kette der Formel $(\text{CH}_2\text{CHR}^3\text{O})_n$ oder $(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_n$ ist, worin R^3 H oder CH_3 ist und n mindestens 5 beträgt.

15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, wobei die Reaktionslösung ein Polyalkylenglykoldiacrylat der Formel aufweist:



wobei R^4 H ist, CH_3 , CH_2CH_3 , $(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3$, $\text{CH}(\text{CH}_3)_2$, C_1 - C_3 -Hydroxyalkyl, C_1 - C_3 - Arylalkyl, C_1 - C_3 -Fluoralkyl oder Aryl; und R^5 ist $(\text{OCH}_2\text{CHR}^3)_n\text{OH}$ oder $(\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2)_n\text{OH}$, worin R^3 H oder CH_3 ist und n eine ganze Zahl von 1 bis 15 ist.

Es folgt kein Blatt Zeichnungen