



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 32 142 T2 2007.03.29**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 189 683 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 32 142.8**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US00/15316**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 938 096.5**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2000/076640**

(86) PCT-Anmeldetag: **02.06.2000**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **21.12.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **27.03.2002**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **29.11.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **29.03.2007**

(51) Int Cl.⁸: **B01D 65/02 (2006.01)**

B01D 65/06 (2006.01)

B01D 65/08 (2006.01)

C02F 3/06 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

329538 10.06.1999 US

(73) Patentinhaber:

Envirogen, Inc., Lawrenceville, N.J., US

(74) Vertreter:

Schwabe, Sandmair, Marx, 81677 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

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

(72) Erfinder:

**DEL VECCHIO, Arthur, Michael, Flemington, NJ
08822, US; LOUDON, Eben, Robert, Howell, NJ
07731, US; SUTTON, Matthew, Paul, Enfield, NH
03748, US**

(54) Bezeichnung: **SYSTEM UND VERFAHREN ZUR PERMEATENTNAHME MITTELS FILTER UND ZUR IN-SITU-FIL-
TERREINIGUNG**

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

[0001] Diese Erfindung bezieht sich auf ein System zum Entnehmen von Permeat aus einem Substrat durch einen Filter. Insbesondere bezieht sich diese Erfindung auf ein System, das zum Entnehmen von Permeat aus einem Substrat durch einen Filter und zum Reinigen des Filters in situ ausgelegt ist. Außerdem wird ein Verfahren geschaffen.

[0002] Filtrationssysteme sehen Barrieren vor, um zu ermöglichen, dass Permeat aus einem Substrat durch den Filter abgezogen wird, während Konzentrat hinterlassen wird. Filtrationssysteme wurden beispielsweise als Barrieren verwendet, um Biofeststoffe in biologischen Reaktoren zurückzuhalten. In solchen Filtrationssystemen wurden Membranen als Barriere vorgeschlagen. Solche Membranen können beispielsweise in Form von hohlen Fasern, Röhren oder Rollen bereitgestellt werden.

[0003] Zur Erläuterung können Auszugsbehandlungssysteme für Abwasserbehandlungsanwendungen einen Membranscheider verwenden, um die Zuführung in Permeat und Biomasse zu trennen. Solche Systeme stehen beispielsweise unter der Handelsmarke ZEEWEED von Zenon Environmental Inc. in Ontario, Kanada, zur Verfügung. Das ZEEWEED-System verwendet eine eintauchbare Membrankassette, um eine Biooxidation herbeizuführen, um organischen Stoff in der Zuführung zu oxidieren. Membranen werden verwendet, um Bakterien im System für eine im Wesentlichen vollständige Oxidation zu halten und eine hohe Abflussqualität vorzusehen.

[0004] Es wurde erkannt, dass es wichtig ist, Membranen, die in solchen Systemen verwendet werden, "sauber" zu halten, da sich nach einer gewissen Verwendungsdauer ein Schmutzfilm oder "Biofilm" auf der Membran bilden kann, wodurch der Durchfluss von Permeat durch die Membran verringert wird. Ein Aufbau, ob organisch oder anorganisch, kann sich auf der Außenfläche, der Innenfläche der Membran und/oder in den Poren der Membran, die sich durch die Wand der Membran erstrecken, bilden. Ein solcher Aufbau auf der Membran wurde daher als die Leistung der Membran als wertvollen Filter verringert erkannt.

[0005] Das US-Patent Nr. 5 403 479, herausgegeben an Smith u. a. ("In Situ Cleaning System for Fouled Membranes"), stellt einen umfassenden Hintergrund hinsichtlich der Art und des Umfangs des Verschmutzungsproblems bereit, das gewöhnlich die Biofiltrationsindustrie heimsucht.

[0006] Als eine mögliche Lösung für das Problem der Membranverschmutzung schlugen Smith u. a. im '479-Patent ein Reinigungssystem zum wesentlichen

Wiederherstellen des Transmembranflusses in verschmutzten, porösen/semipermeablen Mikrofiltrations- oder Ultrafiltrationsmembranen, die zum Zurückgewinnen von gereinigtem Wasser aus verunreinigtem oder "schmutzigen" Wasser verwendet werden, vor. Insbesondere schlugen Smith u. a. das Reinigen eines eine Membran enthaltenden Moduls ohne Entleeren der Zuführung vom Modul durch Einführen eines gewählten Reinigungsfluids in das Permeat und Zurückführen desselben durch die Hohlräume von Hohlfasermembranen bei einem niedrigen Druck, der nicht den Blasenpunkt der Faser übersteigt, vor. Der von Smith u. a. im '479-Patent vorgeschlagenen Prozess reinigt von der Permeatseite der Membran aus; d. h. durch die Hohlräume der hohlen Fasern hindurch.

[0007] Das US-Patent Nr. 5 248 424, herausgegeben an Cote u. a. ("Frameless Array of Hollow Fiber Membranes and Method of Maintaining Clean Fiber Surfaces While Filtering a Substrate to Withdraw a Permeate"), schlug eine weitere Methode zum Aufrechterhalten der Leistung von Filtrationsmembranen; insbesondere eine rahmenlose Anordnung von hohlen Fasern, vor. Cote u. a. schlugen im '424-Patent ein System vor, um den Aufbau von wachsenden Mikroben oder den Ablagerungen von leblosen Teilchen auf den Oberflächen von Fasern, die in Blasen eines Faserreinigungsgases ("Schrubbgases", insbesondere eines Sauerstoff enthaltenden Gases ("Luftgeschrubbt"), auf der Oberfläche gehalten werden, zu verringern. Der Aufbau ist im Wesentlichen blank, wenn die Fasern schwimmend frei in einer rahmenlosen Anordnung schwingfähig sind, die in ein Substrat eingetaucht ist, durch das die Blasen mit ausreichender physikalischer Stoßkraft aufsteigen, um die Fasern von schädlichen Ablagerungen im Wesentlichen frei zu halten. Ähnliche Lösungen wurden von Mahendran u. a. im US-Patent Nr. 5 639 373 ("Vertical Skein of Hollow Fiber Membranes and Method of Maintaining Clean Fiber Surfaces While Filtering a Substrate to Withdraw a Permeate") und von Henshaw u. a. im US-Patent Nr. 5 783 083 ("Vertical Cylindrical Skein of Hollow Fiber Membranes and Method of Maintaining Clean Fiber Surfaces") vorgeschlagen.

[0008] In der internationalen Veröffentlichung Nr. WO 98/37950 ("Portable Reverse Osmosis Unit for Producing Drinking Water") schlugen Daly u. a. ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Erzeugen von Trinkwasser aus unreinem Wasser vor, wobei hohle, röhrenförmige Membranen des Systems periodisch mit Retentat rückgespült werden, indem das Retentat zu den Innenflächen der Membranen gelenkt wird und indem das Retentat durch die Membranen geleitet wird, wodurch Teilchen von den Außenflächen verlagert werden. Wenn eine chemische Reinigung der Membranen in dem Verfahren und der Vorrichtung, die in der '950-Veröffentlichung vorgeschlagen

wurden, erforderlich ist, wird eine Reinigungslösung von einem Tank in die Membranen gepumpt.

[0009] In der australischen Patentanmeldung Nr. AU 9676300 (entsprechend der internationalen Veröffentlichung Nr. WO 97/18887) beschrieben Cote u. a. ein Verfahren zum Reinigen von eingetauchten Membranen in situ, wobei Abfluss, der im Tank enthalten ist, zumindest teilweise entleert wird, um die Membranen der Luft auszusetzen, und Reinigungslösungen durch die Poren der Membranen entlang eines Strömungsweges entgegengesetzt zur Filtrationsströmung des Abflusses geleitet werden, indem die Reinigungslösung zur Permeatseite der Membranen geliefert wird. Ein Absperrventil wird geöffnet, um den Abfluss aus einem Behandlungstank zu entleeren. Die Reinigungslösung wird dann in die Membranen von einem Vorratsbehälter eingeleitet. In einer weiteren Ausführungsform werden vier Tanks mit Abfluss beliefert. Wenn die Membranen in einem der Tanks gereinigt werden sollen, wird der Inhalt des ausgewählten Tanks in die anderen Tanks transportiert. Reinigungslösungen werden in die Membranen des leeren, ausgewählten Tanks von den Vorratsbehältern zugeführt.

[0010] Obwohl eine signifikante Anstrengung aufgewendet wurde, um dieses erkannte Problem der Verschmutzung zu lösen, sind Verbesserungen hinsichtlich der "Reinigung" von Filtrationssystemen wie z. B. jenen, die Membranen verwenden, immer noch erforderlich, ob die Membranen in Form von hohlen Fasern, Röhren, Rollen oder anderen Membrankonfigurationen vorgesehen sind. Trotz dieser signifikanten Fortschritte auf dem Fachgebiet der Filterreinigung und trotz der vorgegebenen Fähigkeit solcher vorgeschlagenen Systeme, die Durchsatzrate der als Filter verwendeten Membranen zu verlängern, wurde insbesondere entdeckt, dass die Membranen in einigen Fällen schließlich für eine gründliche Reinigung wie z. B. tiefe chemische Reinigung aus dem Prozess entfernt werden müssen. Der Bedarf, einen Filter aus einem System wie z. B. einem biologischen Reaktor zu entfernen, ist natürlich zeitaufwändig, teuer, arbeitsintensiv und im Allgemeinen unerwünscht. Überdies erfordert es häufig, dass das System während des Reinigungsprozesses zumindest teilweise stillgelegt wird, während der Filter entfernt wird.

[0011] Es ist beispielsweise unerwünscht, eine eintauchbare Membraneinheit aus einem biologischen Reaktor zu entfernen und die eintauchbare Membraneinheit zu einem separaten Tank für die Reinigung zu bewegen. Membrananordnungen können ziemlich groß und ziemlich schwer sein. Im Fall eines industriellen biologischen Reaktionssystems können die biologischen Reaktorgefäße, in denen Membrananordnungen verwendet werden, auch ziemlich groß sein, wodurch eine teure und unhandliche Aufrüstanlage zur Entfernung erforderlich ist. Ferner müssen die

verschiedenen "Armatuur"-Verbindungen mit solchen Membrananordnungen abgetrennt und anschließend wieder verbunden werden, um eine Membrananordnungsentfernung bzw. einen Membrananordnungsaustausch hervorzubringen. Es ist auch selbstverständlich, dass ein Deckenraum zum leichten Entfernen solcher Membrananordnungen nicht zur Verfügung stehen kann, und wenn solche Systeme entfernt werden, der Prozess dazu ein ziemliches Problem erzeugen kann. Externe Tanks, die für separate Reinigungsvorgänge für Offline-Reinigungsprozeduren zweckgebunden sind, erfordern auch signifikanten Boden- oder Grundraum und zahlreiche "Armatuur"-Verbindungen.

[0012] DE 40 37 329 A1 offenbart einen Prozess zum Behandeln von Abwässern von Glasschleifwerkstätten, in dem die Abwässer, die in einem Saugtank gesammelt werden, durch ein Ultrafiltrationsmodul in Querströmung zirkuliert werden, wobei die Strömungsrichtung periodisch umgekehrt wird. Das Ultrafiltrationsmodul kann von Zeit zu Zeit gereinigt werden, indem ein Objekt mit einer rauen Oberfläche über die Ultrafiltrationsmembran bewegt wird, z. B. Kugeln aus Filz oder Kork oder eine Schwammkugel. Die Schwammkugel kann über Schwammkugelschleusen in das Ultrafiltrationsmodul eingeführt und aus diesem entfernt werden.

[0013] DE-A-4340529 offenbart eine Ultrafiltrationsvorrichtung für die Behandlung von Verunreinigungen enthaltenden wässrigen Lösungen. Die Verschmutzung einer Umkehrosmose-Filtrationsmembran wird durch die gesteuerte Umkehr der Strömung innerhalb der Membran verhindert.

[0014] Folglich bleibt der Bedarf für ein verbessertes System zum Entnehmen von Permeat aus einem Substrat durch einen Filter und zum Reinigen des Filters in situ. Ein entsprechendes Verfahren ist auch erforderlich.

[0015] Gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird daher eine Vorrichtung, wie im nachstehenden Anspruch 1 beansprucht, geschaffen.

[0016] In dem System gemäß dieser Erfindung erleichtert das Fach die Zirkulation von Substrat während des normalen Betriebs des Systems. Das Fach macht es auch möglich, die Einführung von Reinigungslösungen vom Fach in Kontakt mit dem Substrat, das im Gefäß enthalten ist, während des Reinigungsvorgangs des Systems im Wesentlichen zu verhindern. Folglich ist das System dieser Erfindung zum Entnehmen von Permeat aus einem Substrat durch den Filter und zum Reinigen des Filters in situ, um den Bedarf für eine periodische Entfernung des Filters zu vermeiden, ausgelegt.

[0017] In einem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren geschaffen, wie im nachstehenden Anspruch 16 beansprucht.

[0018] Merkmale der beanspruchten Erfindung werden nun mit Bezug auf die Fig. beschrieben. Es ist zu erkennen, dass der Schutzbereich dieser Erfindung nicht auf die ausgewählten oder in [Fig. 2](#) oder [Fig. 3](#) dargestellten Ausführungsformen begrenzt ist und dass der Schutzbereich der Erfindung separat von den beigefügten Ansprüchen definiert wird. Es ist auch zu erkennen, dass die Fig. nicht in irgendeinem speziellem Verhältnis oder Maßstab gezeichnet sind.

[0019] [Fig. 1](#) ist ein Blockdiagramm einer Ausführungsform eines Systems und Verfahrens nicht gemäß den Ansprüchen dieser Erfindung, das jedoch Hintergrundinformationen bereitstellt.

[0020] [Fig. 2](#) ist ein schematisches Diagramm einer Ausführungsform eines Systems und Verfahrens gemäß den Ansprüchen dieser Erfindung.

[0021] [Fig. 3](#) ist ein schematisches Diagramm einer weiteren Ausführungsform eines Systems und Verfahrens gemäß den Ansprüchen dieser Erfindung.

[0022] [Fig. 1](#) stellt ein System zum Entnehmen von Permeat aus einem Substrat durch einen Filter und zum zumindest teilweisen Reinigen des Filters in situ dar. Das dargestellte System **10** umfasst ein Gefäß **12**, das so konfiguriert ist, dass es ein Substrat enthält. Die Zusammensetzung des Substrats kann variieren, aber das Substrat ist am häufigsten eine Flüssigkeit oder eine Aufschlämmung von Flüssigkeit und festen Teilchen.

[0023] Das System **10** umfasst auch ein Fach **14**, das zum Aufnehmen von Substraten vom Gefäß **12** verbunden ist, wobei die Strömung von Substrat vom Gefäß **12** zum Fach **14** bei A in [Fig. 1](#) angegeben ist. Das Fach **14** ist auch verbunden, um einen Teil des aufgenommenen Substrats während des normalen Betriebs des Systems **10** zum Gefäß **12** zurückzuführen. Die Rückführungsströmung des Substrats vom Fach **14** zum Gefäß **12** ist beispielsweise bei B in [Fig. 1](#) angegeben. Das Fach **14** umfasst auch eine Öffnung zur Abführung aus dem System **10**. Insbesondere ist eine Abführungsströmung bei C in [Fig. 1](#) angegeben.

[0024] Ein Filter **16** ist zumindest teilweise innerhalb des Fachs **14** angeordnet. Der Filter **16** ist zum Entnehmen von Permeat aus Substrat im Fach **14** während des normalen Betriebs des Systems **10** verbunden. Die Permeatströmung vom Filter **16** ist beispielsweise bei D in [Fig. 1](#) angegeben.

[0025] Das System **10** umfasst auch eine Quelle **18** für eine Reinigungslösung. Die Quelle **18** ist zum Ein-

leiten der Reinigungslösung in das Fach **14** und in Kontakt mit dem Filter **16** während des Reinigungsvorgangs des Systems **10** verbunden. Die Strömung der Reinigungslösung von der Quelle **18** zum Fach **14** ist beispielsweise bei E in [Fig. 1](#) angegeben.

[0026] Das Fach **14** des Systems **10** erleichtert die Zirkulation von Substrat durch das System **10** während des normalen Betriebs des Systems. Insbesondere kann das Substrat durch die Strömung bei A vom Gefäß **12** zum Fach **14** und durch die Strömung bei B vom Fach **14** zum Gefäß **12** zirkuliert werden. Das Fach **14** verhindert auch im Wesentlichen die Einleitung der Reinigungslösung, die von der Quelle **18** empfangen wird, vom Fach **14** in Kontakt mit dem im Gefäß **12** enthaltenen Substrat.

[0027] Das in [Fig. 1](#) dargestellte System **10** ist zum Entnehmen von Permeat aus einem Substrat durch einen Filter und zum zumindest teilweisen Reinigen des Filters in situ ausgelegt. Bei der Verwendung ist das Fach **14** so vorgesehen, dass es zumindest teilweise den Filter **16** umgibt. Während des normalen Betriebs des Systems **10** wird Substrat vom Gefäß **12** in das Fach **14** in Form der Strömung bei A eingeleitet. Das Permeat wird durch den Filter **16** aus dem im Fach **14** empfangenen Substrat entnommen, wie bei D angegeben. Während des normalen Betriebs wird auch ein Teil des empfangenen Substrats vom Fach **14** zum Gefäß **12** zurückgeführt, wie bei B angegeben.

[0028] Der Reinigungsvorgang des Systems **10** ist in [Fig. 1](#) unter Verwendung von gestrichelten Linien dargestellt. Insbesondere wird während des Reinigungsvorgangs eine Strömung von Substrat in das Fach **14** vom Gefäß **12**, wie bei A angegeben, verhindert. Das Permeat wird zum Fach **14** und/oder durch den Filter **16** zurückgeführt, wie bei F angegeben. Die Reinigungslösung wird bei E von der Quelle **18** in das Fach **14** und/oder den Filter **16** und in Kontakt mit den äußeren Oberflächen des Filters **16** eingeleitet. Die Reinigungslösung kann dann aus dem Fach **14** entleert werden, wie bei C angegeben, falls erforderlich.

[0029] Das Verfahren wird durchgeführt, während der Filter **16** in situ oder an Ort und Stelle in Bezug auf das Fach **14** und Gefäß **12** gehalten wird. Mit anderen Worten, der Filter **16** wird während des normalen Betriebs des Systems **10** und während des Reinigungsvorgangs des Systems **10** an der Stelle gehalten. Der Filter **16** muss daher nicht aus dem Fach **14** entfernt werden, um eine tiefe Reinigung durchzuführen.

[0030] Mit Bezug nun auf [Fig. 2](#) ist ein schematisches Diagramm einer Ausführungsform eines Systems und Verfahrens gemäß dieser Erfindung vorgesehen. Wie das System **10** ist das System **100** zum Entnehmen von Permeat aus einem Substrat durch

einen Filter **116** und zum zumindest teilweisen Reinigen des Filters **116** in situ ausgelegt.

[0031] Das System **100** umfasst ein Gefäß **112**, das so konfiguriert ist, dass es Substrat enthält. In dieser Ausführungsform wird das Substrat in das Gefäß **112** über eine Zuführung H' eingeführt. Das System **100** umfasst auch ein Fach **114**, das zum Aufnehmen von Substrat vom Gefäß **112** verbunden ist. In dieser Ausführungsform wird das Substrat in das Fach **114** vom Gefäß **112** mittels einer Zirkulationspumpe **120** geliefert, die das Substrat in Richtung des Fachs **114** drängt, wie bei A' angegeben. Das Fach **114** ist zum Zurückführen eines Teils des empfangenen Substrats zum Gefäß **112** während des normalen Betriebs des Systems verbunden.

[0032] In dieser Ausführungsform ist das Fach **114** zumindest teilweise innerhalb des Gefäßes **112** angeordnet und weist eine zumindest teilweise offene Oberseite auf, um das Überlaufen des Substrats aus dem Fach **114** in das Innere des Gefäßes **112** zu ermöglichen, wie bei B' angegeben. Um die Tendenz für die Konzentration von Biofeststoffen im Fach **114** zu verhindern oder zu verringern, ist ein signifikanter Teil des im Fach **114** empfangenen Substrats zur Rückführung, wie bei B' angegeben, in das Gefäß **112** vorgesehen. Vorzugsweise wird die Mehrheit des im Fach **114** aufgenommenen Substrats zum Gefäß **112** zurückgeführt. Das Fach **114** umfasst auch eine Öffnung zur Abführung aus dem System **100**. In dieser Ausführungsform ist ein Ventil **126** vorgesehen, um die Abführungsströmung zu steuern, wie bei C' angegeben.

[0033] Ein Filter **116** ist zumindest teilweise innerhalb und vorzugsweise vollständig innerhalb des Fachs **114** angeordnet. Der Filter **116** ist zum Entnehmen von Permeat aus dem Substrat im Fach **114** während des normalen Betriebs des Systems verbunden. In dieser Ausführungsform ist eine Permeatpumpe **122** mit dem Filter **116** verbunden, um Permeat vom Filter **116** zu einem Permeattank **124** zu liefern, wie bei D' angegeben.

[0034] Eine Quelle **118** für Reinigungslösung ist zum Einleiten der Reinigungslösung in das Fach **114** und in Kontakt mit den äußeren Oberflächen des Filters **116** während des Reinigungsvorgangs des Systems **100** verbunden. In dieser Ausführungsform liefert die Quelle **118** Reinigungslösung, wie bei E' angegeben, so dass sie in das Fach **114** (und/oder den Filter **116**) zum Kontakt mit dem Filter **116** eintritt.

[0035] Das Fach **114** erleichtert die Zirkulation des Substrats durch das System **100** während des normalen Betriebs des Systems und verhindert im Wesentlichen die unbeabsichtigte Einleitung der Reinigungslösung vom Fach **114** in Kontakt mit dem innerhalb des Gefäßes **112** enthaltenden Substrats wäh-

rend des Reinigungsvorgangs.

[0036] Zusätzliche Reinigungsmerkmale können auch im System **100** vorgesehen sein. Permeat kann beispielsweise durch den Filter **116** zurückgeführt werden, um eine periodische Gegenpulsierung des Filters **116** vorzusehen, um die teilweise Reinigung des Filters **116** zu erleichtern. Rührluft kann auch nahe dem Filter **116** eingeleitet werden, um zu bewirken, dass der Filter schwingt und sich biegt, obwohl die Quelle für eine solche Rührluft in [Fig. 2](#) nicht gezeigt ist.

[0037] Während der Verwendung des Systems **100** und während des normalen Betriebs wird Substrat vom Gefäß **112** in das Fach **114** mittels einer Zirkulationspumpe **120** eingeleitet, wie bei A' angegeben. Permeat wird durch den Filter **116** aus dem Substrat entnommen, das im Fach **114** empfangen wird, und wird mittels der Permeatpumpe **122** zum Permeattank **124** geliefert, wie bei D' angegeben. Ein Teil des empfangenen Substrats wird vom Fach **114** zum Gefäß **112** zurückgeführt, wie bei B' angegeben. Die Strömung bei B' ist vorzugsweise größer als die Strömung bei D'. Am bevorzugtesten nähert sich das Verhältnis der Substratströmung bei B' zur Permeatströmung bei D' 5:1 oder übersteigt dieses sogar.

[0038] Der Reinigungsvorgang des Systems **100** ist durch gestrichelte Linien angegeben. Während des Reinigungsvorgangs des Systems **100** wird die Strömung von Substrat in das Fach **114** vom Gefäß **112** verhindert (durch Deaktivierung der Zirkulationspumpe **120**). Das Permeat wird vom Permeattank **124** in das Fach **114** und/oder den Filter **116** zurückgeführt, wie bei F' angegeben. Eine Reinigungslösung wird von der Quelle **118** in das Fach **114** (und/oder den Filter **116**) und in Kontakt mit den Oberflächen des Filters **116** eingeleitet, wie bei E' angegeben. Die Reinigungslösung wird anschließend aus dem Fach **114** mittels Öffnen des Ventils **126**, um eine Strömung bei C' zu induzieren, entleert. Um den Reinigungsvorgang zu unterstützen, kann Rührluft oder ein anderes Gas benachbart zum Filter **116** eingeleitet werden, wie bei G' angegeben.

[0039] In der Erfindungsausführungsform, die in [Fig. 2](#) dargestellt ist, wird eine Aufschlammung von Biofeststoffen von einem gut gemischten Reaktionsbereich innerhalb des Gefäßes **112** durch das Fach **114** mit einer Rate gleich mehreren Malen der Permeatentnahmerate zirkuliert. Die überschüssige Biofeststoff-Aufschlammung läuft über das Fach **114** über, wodurch sie in den Reaktionsbereich im Gefäß **112** zurückkehrt. Die hohe Rate, die für den Überlauf bevorzugt ist, verhindert eine übermäßige Konzentration von Biofeststoffen im Fach **114**. Frische zugeführte Flüssigkeit wird zum Reaktorgefäß **112** (bei H') mit einer Rate zugegeben, die etwa gleich der Rate ist, mit der sie als Permeat entnommen wird.

[0040] Wenn eine periodische chemische Reinigung erforderlich ist, wird das Fach **114** von der Flüssigkeit oder Aufschlammung (mittels des Ventils **126**) isoliert und entleert. Das Fach **114** wird dann mit gespeichertem Wasser, das vorher durch die Membran verarbeitet wurde (vom Permeattank **124**), zusammen mit den Reinigungschemikalien nachgefüllt. Wie beschrieben, kann Luft oder anderes Rühren während des Reinigungszeitraums angewendet werden, wie bei G' angegeben. Nach dem Reinigungszeitraum kann die Reinigungslösung aus dem Fach **114** entleert werden, falls erforderlich, und das Fach **114** kann mit Biofeststoffen, Flüssigkeit oder Aufschlammung nachgefüllt werden. Der Filter **116** kann in den normalen Betrieb zurückgeführt werden.

[0041] Diese Ausführungsform der Erfindung verleiht mehrere signifikante Vorteile. Insbesondere muss der Filter nicht aus dem Reaktorgefäß zur Reinigung entfernt werden. Folglich ist eine Aufrüstanlage zur Filterentfernung nicht erforderlich und die Armaturenverbindungen für den Filter müssen nicht abgetrennt/wieder verbunden werden. Das System **100** beseitigt auch den Bedarf für einen externen Reinigungstank, in den der Filter verlagert werden soll, wodurch Bodenraum und die zugehörige Armatur eingespart werden. Die zum Reinigen erforderliche Zeit wird folglich verringert. Außerdem macht es die Einführung des Fachs, das zumindest teilweise den Filter umgibt, in das Gefäß unnötig, ein großes Volumen von Biofeststoff-Flüssigkeit oder -Aufschlammung zu verwerfen oder zu transportieren oder ein großes Volumen von Reinigungslösung bereitzustellen.

[0042] Mit Bezug nun auf [Fig. 3](#) ist ein schematisches Diagramm einer weiteren Ausführungsform eines Systems und Verfahrens gemäß dieser Erfindung dargestellt. Wie die Systeme **10** und **100** ist das in [Fig. 2](#) dargestellte System **200** zum Entnehmen von Permeat aus einem Substrat durch einen Filter und zum zumindest teilweisen Reinigen des Filters in situ ausgelegt. Wie das System **100** verwendet das System **200** auch ein Gefäß **212**, ein Fach **214**, einen Filter in Form einer Membrankassette **216**, eine Quelle **218** für eine Reinigungslösung, eine Zirkulationspumpe **220**, eine Permeatpumpe **222** und einen Permeattank **224**.

[0043] Das System **200** ist mit einer Zufuhrquelle oder einer Substratquelle **254** versehen. Die Zufuhrquelle **254** ist mit einer Leitung **256** verbunden, durch die eine Zuführung oder Substrat in das Innere des Gefäßes **212** eingeleitet wird, wie in [Fig. 3](#) angegeben. Das Substrat wird in das Fach **214** vom Gefäß **212** mittels einer Zirkulationspumpe **220** geliefert. Insbesondere erstreckt sich eine Leitung **202** von der Wand des Gefäßes **212** zur Zirkulationspumpe **220** und Leitungen **204** und **206** erstrecken sich von der Zirkulationspumpe **220** zu einer Stelle innerhalb des Fachs **214**, wie beschrieben wird. Ein Ventil **208** ist

entlang der Leitung **206** angeordnet, um die Strömung des Substrats zwischen der Zirkulationspumpe **220** und dem Fach **214** durch die Leitung **206** zu steuern.

[0044] Innerhalb des Fachs **214** ist ein Diffusorrohr **210** mit einer Reihe von Öffnungen angeordnet, um die Strömung des Substrats aus dem Diffusorrohr **210** in das Innere des Fachs **214** zu ermöglichen. Die Leitung **206** ist mit einem Endabschnitt des Diffusorrohrs **210** verbunden, um Substrat in das Innere des Diffusorrohrs **210** einzuleiten. Das Diffusorrohr **210** ist vorzugsweise ein gerades Rohr, das sich in Bezug auf die Bodenfläche des Fachs **214** im Wesentlichen horizontal erstreckt.

[0045] Das System **200** umfasst auch Mittel zum Liefern von Materialien wie z. B. Abfallfeststoffen vom Fach **214** oder zum Entleeren des Fachs **214**. Insbesondere erstreckt sich eine Leitung **226** von einem Ende des Diffusorrohrs **210** (einem Ende entgegengesetzt zu dem mit der Leitung **206** verbundenen Ende) für die Ausströmung von Abfallfeststoffen sowie Reinigungslösungen aus dem Fach **214**, wie später beschrieben wird. Die Leitung **226** ist mit einer Leitung **228** verbunden, die wiederum mit einem Abfallfeststoff-Behälter **230** verbunden ist. Ein Ventil **232**, das entlang der Leitung **228** angeordnet ist, steuert die Strömung von Materialien vom Fach **214** und vom Diffusorrohr **210** durch die Leitung **228** zu dem Abfallfeststoff-Behälter **230**.

[0046] Eine Leitung **234** ist auch mit der Leitung **226** verbunden, die wiederum mit einer Fachentleerung **236** verbunden ist. Ein Ventil **238**, das entlang der Leitung **234** angeordnet ist, steuert die Strömung von Materialien vom Fach **214** und vom Diffusorrohr **210** in Richtung der Fachentleerung **236** durch die Leitung **234**.

[0047] Das Gefäß **212** wird als "gut gemischter Tank" betrachtet, da es mit einer Mischpumpe versehen ist, die eine Zirkulation von Substrat im Gefäß **212** herbeiführt. Der Zweck besteht darin, Biofeststoffe im Substrat während des Betriebs des Systems **200** suspendiert zu halten. Insbesondere erstreckt sich eine Leitung **240** von der Wand des Gefäßes **212**, um Substrat vom Gefäß **212** zu einer Mischpumpe **242** zu liefern. Die Mischpumpe **242** drängt das Substrat entlang einer Leitung **244** von der Leitung **240**, so dass es in einen Mischer wie z. B. einen Mischabzug **248** eintritt. Der Mischabzug **248** kann in Form eines Moduls wie z. B. einer Kapsel mit radial orientierten Düsen vorgesehen sein, wie z. B. die in [Fig. 3](#) gezeigte Ausführungsform. Alternativ kann der Mischabzug **248** in Form eines Rohrs wie z. B. eines geraden Rohrs vorgesehen sein, das sich zumindest teilweise über den Durchmesser des Gefäßes **212** mit einer Reihe von Auslassöffnungen erstreckt. Die Verwendung eines geraden Rohrs im Gegensatz zu

einer Kapsel kann für größere Tanks bevorzugt sein, die einen übermäßigen Durchmesser aufweisen können. Andere Formen eines Einlasses wie z. B. des Abzugs **248** sind auf dem Fachgebiet bekannt und diese können gegen die in [Fig. 3](#) dargestellte Form ausgetauscht werden. Auf dem Fachgebiet sind auch andere Formen von Mischen mit oder ohne Verwendung von Luft oder anderen Gasen bekannt.

[0048] Das System **200** umfasst auch eine Quelle **250** für Mischluft oder ein anderes Gas, die/das sich entlang der Leitung **252** bewegt, in den Mischabzug **248** eintritt und in das Innere des Gefäßes **212** eingeleitet wird. Die Einleitung von Mischluft in den Mischabzug **248** zum Mischen mit dem Substrat erzeugt ein Rühren, das das Mischen des Substrats und der Suspension der Biofeststoffe innerhalb des Gefäßes **212** fördert. Die Einleitung von Luft, falls Luft verwendet wird, stellt auch eine Sauerstoffquelle bereit, um die biologische Aktivität zu unterstützen, die innerhalb des Gefäßes **212** auftritt.

[0049] Das System **200** umfasst auch eine Membrankassette **216**, die sich zumindest teilweise und vorzugsweise vollständig innerhalb des Inneren des Fachs **214** erstreckt. Die Membrankassette dieser Ausführungsform ist ein eintauchbarer Membranfilter mit einer Reihe von Hohlfasermembranen, die sich zwischen Rohrverteiltern erstrecken. Permeat wird durch die Membrankassette **216** durch Permeation durch die Wände der Hohlfasermembranen, Transport des Permeats durch die Membranen zu den angeschlossenen Rohrverteiltern und Entfernung des Permeats durch ein Rohrleitungssystem mit verringertem Druck extrahiert. Insbesondere besitzt die Membrankassette **216** des Systems **200** einen unteren Rohrverteiler **264**, einen oberen Rohrverteiler **266** und eine Reihe von Membranen wie z. B. die Hohlfasermembranen **268**, die sich im Wesentlichen vertikal zwischen dem unteren Rohrverteiler **264** und dem oberen Rohrverteiler **266** erstrecken. Die Fasern **268** sehen eine Barriere vor, durch die das Permeat während des normalen Betriebs des Systems **200** gesaugt wird, um das Permeat aus dem Substrat zu extrahieren.

[0050] Wie verständlich ist, wird, wenn ein Vakuum im Inneren der Fasern **268** gesaugt wird, das Permeat durch die Wände der hohlen Fasern **268** und in das Innere der hohlen Fasern **268** gesaugt, so dass das Permeat über den unteren und den oberen Rohrverteiler **264** und **266** zur Extraktion aus dem System **200** extrahiert werden kann. Mit anderen Worten, durch Erzeugen einer Druckdifferenz über der Dicke der Wände der hohlen Fasern **268**, wobei der Druck an der Außenseite der Fasern **268** größer ist als der Druck innerhalb des Inneren der Fasern **268**, wird veranlasst, dass das Permeat durch die Poren in den Wänden der hohlen Fasern **268** und in deren Inneres zur Extraktion aus dem System **200** fließt. Biofest-

stoffe wie z. B. Biomasse werden durch die Fasern **268** blockiert und bleiben im Fach.

[0051] Das System **200** umfasst auch eine Membranluft- oder andere Gasquelle **258**, die Luft oder anderes Gas in eine Leitung **260** einleitet, so dass es zu einem Luftrohrverteiler **262** transportiert werden kann, der benachbart zu oder zumindest teilweise innerhalb der Membrankassette **216** angeordnet ist. Der Luftrohrverteiler **262** umfasst Luftauslässe oder -düsen (nicht dargestellt), die die Strömung von Luftblasen benachbart zu den Membranen **268** der Membrankassette **216** ermöglichen. Solche Luftblasen können helfen, die Rate zu verringern, mit der eine dünne Schicht von Biomasse auf den äußeren Oberflächen der Membranen **268** gebildet wird. Luft von der Membranluftquelle **258** fördert auch gewöhnlich das Mischen des Substrats (und der Reinigungslösung, wie beschrieben wird) innerhalb des Fachs **214**.

[0052] Immer noch mit Bezug auf [Fig. 3](#) erstrecken sich ein Paar von Leitungen **270**, **272** von der Membrankassette **216** nach oben, wobei die Leitung **270** zum Ermöglichen der Strömung von Permeat vom unteren Rohrverteiler **264** nach oben verbunden ist und die Leitung **272** zum Ermöglichen der Strömung von Permeat vom oberen Rohrverteiler **266** nach oben verbunden ist. Die Leitungen **270** und **272** sind mit einer Leitung **274** verbunden und ein Ventil **276** ist entlang der Leitung **274** vorgesehen, um die Strömung von Permeat durch die Leitung **274** zu steuern.

[0053] Mit der Leitung **274** ist eine Leitung **278** verbunden, die wiederum mit einer Lüftungsöffnung **280** für die Entlüftung von ungelöster Luft aus dem Permeat verbunden ist, die in das Permeat von einer äußeren Quelle wie z. B. der Membranluftquelle **258** eingeführt worden sein kann. Mit der Leitung **274** ist auch eine Leitung **282** verbunden, die sich nach oben erstreckt, und eine Permeatpumpe **222** ist entlang der Leitung **282** angeschlossen, um die Strömung von Permeat durch die Leitung **282** zu drängen.

[0054] Als Alternative zur Verwendung der Permeatpumpe **222** wurde entdeckt, dass eine Schwerkraftströmung verwendet werden kann, um Permeat von der Membrankassette **216** zu einem Permeattank **224** (oder direkt zu einer Abführung) zu transportieren. Insbesondere wenn die Höhe der Membrankassette **216** über jener des Permeats im Permeattank **224** gehalten wird, strömt das Permeat dann von der Membrankassette **216** zum Permeattank **224** durch die Wirkung des Atmosphärendrucks und eines Siphoneffekts. Die Konfiguration des Fachs **214** und der Membrankassette **216** in der in [Fig. 3](#) dargestellten Ausführungsform macht es daher möglich, die Permeatpumpe **222** und die zum Betreiben der Pumpe erforderliche Energie zu beseitigen, wenn zumindest ein Teil des Permeattanks **224** unter den Filter

umgeordnet wird.

[0055] Wenn eine "gepulste Reinigung" durchgeführt wird (wie später beschrieben), ist zu erkennen, dass eine Pumpe erforderlich sein kann, um Permeat vom Permeattank **224** zur Membrankassette **216** zurückzuführen, wenn der Permeattank **224** in einer Höhe unter dem Filter angeordnet ist. Eine solche Pumpe würde auf Grund der bevorzugten un stetigen Art des Vorgangs der "gepulsten Reinigung" (wie später beschrieben) im Vergleich zum im Wesentlichen kontinuierlichen Betrieb der Permeatpumpe **222** während des Reinigungsvorgangs weniger laufen als die Permeatpumpe **222**.

[0056] Mit der Leitung **282** ist eine Leitung **284** verbunden, an der ein Ventil **286** vorgesehen ist, um den Durchfluss durch die Leitung **284** zu steuern. Die Leitung **284** ist wiederum mit einem Permeattank **224** verbunden, der so ausgelegt ist, dass er Permeat enthält und sammelt, das aus dem Substrat im Gefäß **212** extrahiert wird. Das Permeat innerhalb des Permeattanks **224** läuft in eine Prallwanne **225** über, aus der das Permeat oder der Abfluss vom System **200** zur Verwendung oder zur Weiterverarbeitung entfernt wird.

[0057] Mit dem unteren Abschnitt des Permeattanks **224** ist eine Leitung **288** zum Liefern von Permeat zur Leitung **282** verbunden. Ein Ventil **290** ist entlang der Leitung **288** vorgesehen, um die Strömung von Permeat vom Permeattank **224** zur Leitung **282** zu steuern. Mit der Leitung **282** ist auch eine Leitung **292** für die Strömung von Permeat von der Leitung **282** zu den Leitungen **294** und **296** verbunden. Die Leitung **294** ist mit einem Ventil **295** versehen, um die Strömung von Permeat durch diese zu steuern, und die Leitung **296** ist mit einem Ventil **297** versehen, um die Strömung von Permeat durch diese zu steuern. Die Leitung **294** ist zwischen der Leitung **292** und der Leitung **274** angeschlossen. Im Gegensatz dazu ist die Leitung **296** zwischen der Leitung **292** und dem Fach **214** für die Lieferung der Strömung in das Fach **214** angeschlossen.

[0058] Die Quelle **218** für die Reinigungslösung ist mit der Leitung **292** mittels einer Leitung **298** verbunden, die sich zwischen der Quelle **218** und der Leitung **292** erstreckt, um die Strömung von Reinigungslösung von der Quelle **218** zum Rest des Systems **200** zu ermöglichen. Unter anderen bekannten Reinigungslösungen sind Chlorlösungen bevorzugt.

[0059] Der bevorzugte Betrieb des Systems **200** wird nun mit Bezug auf [Fig. 3](#) beschrieben. Drei allgemeine Betriebe des Systems werden hinsichtlich des "normalen Betriebs" des Systems **200**, während dessen Permeat aus dem Substrat extrahiert wird, einer "gepulsten Reinigung" des Systems **200**, die vorzugsweise periodisch während des normalen Be-

triebs stattfindet, und einer "tiefen Reinigung" des Systems **200**, die vorzugsweise während einer Unterbrechung des normalen Betriebs stattfindet, beschrieben.

[0060] Im Allgemeinen wird das Substrat in das Gefäß **212** zugeführt, zum Fach **214** zirkuliert und das Permeat wird durch die Membrankassette **216** während des normalen Betriebs des Systems **200** entfernt. Das Permeat wird zum Permeattank **224** oder alternativ direkt zur Abführung geliefert. Gleichzeitig wird das Substrat im Gefäß **212** gemischt, um einen gut gemischten Tank aufrechtzuerhalten.

[0061] Während der gepulsten Reinigung, die vorzugsweise periodisch während des normalen Betriebs des Systems **200** stattfindet, wird das Permeat in die Membrankassette **216** in einer umgekehrten Strömungsrichtung (durch eine Pumpe oder durch Atmosphärendruck) zurückgepulst, um zu helfen, die Ansammlung von Biofeststoffen oder anderen organischen oder anorganischen Verschmutzungen auf den Oberflächen der Fasern **268** der Membrankassette **216** zu verringern. Ein solcher gepulster Reinigungsvorgang kann in zeitlich gesteuerten Intervallen für eine kurze Dauer durchgeführt werden. Die gepulste Reinigung kann beispielsweise und nur für Erläuterungszwecke zweimal pro Stunde, jedes Mal für eine vorbestimmte Dauer von etwa einer Minute durchgeführt werden. Andere Intervalle (mehr oder weniger häufig) und Dauern (länger oder kürzer) werden natürlich in Betracht gezogen.

[0062] Während der tiefen Reinigung wird das im Fach **214** enthaltene Substrat entleert und gegen eine Reinigungslösung für einen vorbestimmten Zeitraum ausgetauscht, um eine chemische Reinigung der Fasern **268** der Membrankassette **216** herbeizuführen. Anschließend kann die Reinigungslösung entleert und gegen Substrat aus dem Gefäß **212** ausgetauscht werden, falls erforderlich, um das System **200** zum normalen Betrieb zurückzubringen.

[0063] Jede der normalen, gepulsten Reinigungs- und tiefen Reinigungsvorgänge wird nachstehend genauer beschrieben. Im Hinblick auf den normalen Betrieb wird die Zirkulationspumpe **220** betätigt und das Ventil **208** wird geöffnet, so dass das Substrat vom Gefäß **212** in das Diffusorrohr **210** zur Einleitung in das Innere des Fachs **214** gedrängt werden kann. Das Ventil **232** an der Leitung **228** kann während des normalen Betriebs periodisch geöffnet werden, um einiges der Biofeststoffe, die sich ansonsten innerhalb des Fachs **214** ansammeln können, zu extrahieren. Während des normalen Betriebs wird das Ventil **238** an der Leitung **234** geschlossen, um eine Strömung von Substrat aus dem Fach **214** in Richtung der Fachentleerung **236** zu verhindern.

[0064] Das System **200** ist so ausgelegt, dass die

Durchflussrate des Substrats aus dem Gefäß **212** in das Fach **214** die Durchflussrate des Permeats von der Membrankassette **216** für die Entfernung aus dem System **200** übersteigt. Folglich ist die Durchflussrate des Substrats durch das Diffusorrohr **210** in das Fach **214** größer als die Durchflussrate des Permeats aus dem Fach **214**. Daher besteht ein Überlauf des Substrats über die obere Kante oder Lippe des Fachs **214** in das Gefäß **212**. Für die Zwecke der Erläuterung einer bevorzugten Ausführungsform dieser Erfindung ist, wenn die Durchflussrate des Permeats von der Membrankassette **216** "X" ist und wenn die Durchflussrate des Substrats aus dem Gefäß **212** in das Fach **214** "6X" ist, dann die Überlauftrate des Substrats aus dem Fach **214** zurück in das Gefäß **212** ungefähr "5X" ($6X - X = 5X$). Es sollte beachtet werden, dass ein gewisser zusätzlicher Auslauf von Material durch das Ventil **232** und in den Abfallfeststoff-Behälter **230** während des normalen Betriebs des Systems stattfindet. Folglich würde in dem bereitgestellten Beispiel erwartet werden, dass der Überlauf des Substrats aus dem Fach **214** in das Gefäß **212** zurück tatsächlich geringfügig kleiner als 5X wäre.

[0065] Es wurde entdeckt, dass der Überlauf von überschüssigem Substrat aus dem Fach zurück in das Gefäß mehrere Vorteile verleiht. Hauptsächlich sieht ein solcher Überlauf eine zusätzliche Zirkulation für das System **200** vor, wodurch eine gleichmäßigere Suspension von Biomasse im Substrat aufrechterhalten wird. Der Überlauf hilft auch, die Membrankassette innerhalb des Substrats im Fach so zu halten, dass sie vollständig eingetaucht bleibt. Der Überlauf erzeugt auch ein Strömungsmuster benachbart zur Membrankassette, um die Ansammlung von Biomasse im Fach und auf den Membranoberflächen zu verringern.

[0066] Immer noch während des normalen Betriebs wird die Permeatpumpe **222** betätigt und die Ventile **276** und **286** werden geöffnet, um das Permeat durch die Grenze, die durch die Fasern **268** bereitgestellt ist, in den unteren und den oberen Rohrverteiler **264** und **266**, durch die Leitungen **270** und **272** zur Leitung **274**, durch die Leitung **282** und die Leitung **284** zur Lieferung in das Innere des Permeattanks **224** zu saugen. Alternativ, wie vorher beschrieben, muss die Permeatpumpe **222** nicht verwendet werden, wenn die Höhen der Fasern **268** und des Permeattanks **224** derart eingestellt sind, dass der Atmosphärendruck bewirkt, dass das Permeat von den Fasern zum Tank strömt.

[0067] Das Permeat verlässt dann den Permeattank **224** durch den mit Prallwanne versehenen Bereich **225** zur Verwendung oder zur Weiterverarbeitung. Alternativ kann das Permeat direkt zu einer Abführung geliefert werden, wenn der Permeattank gefüllt ist, oder es kann den Permeattank vollständig umgehen.

Während eines solchen normalen Betriebs werden die Ventile **290**, **295** und **297** geschlossen (außer wie nachstehend während der gepulsten Reinigung angegeben), um die Rückkehr von Permeat in Richtung der Membrankassette **216** zu verhindern.

[0068] Auch während des normalen Betriebs des Systems **200** wird eine Zuführung von Substrat von der Zuführungsquelle **254**, durch die Leitung **256** und in das Gefäß **212** eingeleitet. Um das eingeleitete Substrat in einem gut gemischten Zustand zu halten, wird die Mischpumpe **242** entweder periodisch oder kontinuierlich betätigt, um das Substrat vom Gefäß **212** durch die Leitungen **240** und **244** und in den Mischabzug **248** zu transportieren. Gleichzeitig wird Mischluft von einer Quelle **250** für Mischluft oder anderes Gas durch die Leitung **252** und in den Mischabzug **248** eingeleitet, um sie/es mit dem Substrat zu vermischen. Die Düsen am Mischabzug **248** liefern ein Gemisch von Substrat und Mischluft vom Mischabzug **248** in das Gefäß **212** zurück, um einen gut gemischten Tank aufrechtzuerhalten.

[0069] Membranluft wird auch während des normalen Betriebs des Systems **200** von der Membranluftquelle **258** durch die Leitung **260**, durch den Luftrohrverteiler **262** und in das Fach **214** benachbart zu den Fasern **268** der Membrankassette **216** eingeleitet. Die so eingeleitete Membranluft hilft, ein Rühren im Substrat benachbart zu den Fasern vorzusehen, um die Tendenz der Biomasse, sich in Form einer dünnen Schicht auf der Oberfläche der Fasern abzusetzen, zu verringern. Während des normalen Betriebs des Systems **200** wird auch Luft von der Leitung **274**, durch die Leitung **278** zur Lüftungsöffnung **280** entlüftet, um ungelöste Luft aus dem System abzuführen.

[0070] Wie vorstehend beschrieben, wird die gepulste Reinigung vorzugsweise in vorbestimmten Intervallen und für vorbestimmte Dauern während des ganzen normalen Betriebs des Systems **200** durchgeführt. Insbesondere werden in den festgelegten Intervallen und für die festgelegte Dauer die Ventile **290** und **295** geöffnet und die Ventile **276** und **286** werden geschlossen, so dass die Permeatpumpe **222** (oder Atmosphärendruck, wie vorstehend beschrieben) das Permeat aus dem Tank **224**; durch die Leitungen **288**, **282**, **292**, **294**, **270** und **272**; und in die Rohrverteiler **264** und **266** für die Strömung in die Fasern **268** drängen kann. Diese Umkehrströmung bewirkt, dass das Permeat in der entgegengesetzten Richtung des normalen Betriebs durch die Faserwände in einer solchen Weise strömt, dass der Aufbau von Biomasse auf den Außenwänden der Fasern verringert wird. Wenn das Permeat entlang der Leitung **292** eingeleitet wird, wird es vorzugsweise mit Reinigungslösung vermischt, die von der Quelle **218** entlang der Leitung **298** eingeleitet wird.

[0071] Der tiefe Reinigungsvorgang des Systems

200 wird nun wieder mit Bezug auf das in [Fig. 3](#) dargestellte System **200** beschrieben. Anfänglich wird zum Beenden des normalen Betriebs des Systems **200** die Lieferung von Substrat vom Gefäß **212** in das Fach **214** durch Deaktivieren der Zirkulationspumpe **220** und Schließen des Ventils **208** unterbrochen. Das Substrat innerhalb des Fachs **214** wird dann durch Schließen des Ventils **232** und Öffnen des Ventils **238** entleert, so dass das Substrat im Fach **214** entlang der Leitungen **226** und **234** in die Fachentleerung **236** entleert wird. Diese Entleerungsprozedur wird durch die Strömung von Substrat durch die Öffnungen im Diffusorrohr **210** für die Strömung vom Inneren des Diffusorrohrs **210** in die angeschlossene Leitung **226** erleichtert.

[0072] Die Ventile **276**, **286** und **295** werden geschlossen und die Permeatpumpe **222** wird betätigt, um Permeat vom Permeattank **224**; durch die Leitungen **288**, **282**, **292** und **296**; und in das Fach **214** zu liefern. Die Reinigungslösung wird gleichzeitig von der Quelle **218** entlang der Leitung **298** geliefert, um sie mit dem eingeleiteten Permeat in der Leitung **292** zu vermischen. Das Fach **214** wird mit einem Gemisch von Permeat und Reinigungslösung gefüllt, bis es vorzugsweise eine Höhe über dem oberen Rohrverteiler **266** der Membrankassette **216** erreicht (so dass die Membrankassette vollständig in das Permeat/Reinigungslösungs-Gemisch eingetaucht ist), aber unter der oberen Lippe des Fachs **214** (so dass das Permeat/Reinigungslösungs-Gemisch nicht über die Kante des Fachs in das Innere des Gefäßes **212** für das Mischen mit dem Substrat, das sich noch im Inneren des Gefäßes **212** befindet, überläuft). Folglich wird das Substrat innerhalb des Gefäßes **212** nicht von einer beträchtlichen Menge von Reinigungslösung kontaktiert und daher wird verhindert, dass die Reinigungslösung die Biomasse im Substrat angreift, was ansonsten die Fähigkeit der Biomasse, das Substrat zu behandeln, beeinträchtigen könnte.

[0073] Die Membrankassette **216** wird dann in der Reinigungslösung für einen vorbestimmten Zeitraum "getränkt", um die Menge an Biomasse, die sich auf den Oberflächen der Fasern **268** der Membrankassette **216** angesammelt haben kann, zu beseitigen oder zu verringern. Obwohl verschiedene Dauern in Abhängigkeit von den speziellen Bestandteilen des Substrats und der Biomasse und anderen Faktoren ausgewählt werden können, ist die Dauer des Reinigungsvorgangs vorzugsweise mehrere Stunden und vorzugsweise nicht kürzer als vier Stunden oder länger. Eine solche "tiefe Reinigung" kann vorteilhafterweise einmal pro Monat des normalen Betriebs oder in mehr oder weniger häufigen Intervallen in Abhängigkeit von den Bedürfnissen des Systems und der Rate, mit der ein Biofilm auf den Fasern erzeugt wird, durchgeführt werden. In Verbindung mit dem Tränken der Membrankassette **216** in der Reinigungslösung für die vorbestimmte Dauer kann Membranluft wahl-

weise von der Membranluftquelle **258** entlang der Leitung **260** und durch den Luftrohrverteiler **262** zugegeben werden, um zusätzliches Rühren für die Entfernung von Biomasse von der Oberfläche der Fasern **268** vorzusehen.

[0074] Zusätzlich zur Zugabe von Membranluft (oder als Alternative zur Membranluft) kann der vorher beschriebene gepulste Reinigungsvorgang während des Reinigungsvorgangs durchgeführt werden, um Permeat (mit oder ohne Reinigungslösung) in das Innere der Fasern **268** für die Rückströmung durch die Membrankassette **216** einzuleiten. Eine solche Kombination von gepulster Reinigung und tiefer Reinigung kann vorteilhaft sein, um die Beseitigung von Biomasse von den Faseroberflächen zu beschleunigen.

[0075] Nachdem die ausgewählte Dauer des Reinigungszyklus abgelaufen ist, kann das Ventil **238** geöffnet werden, so dass die Reinigungslösung aus dem Fach **214** durch das Diffusorrohr **210**, die Leitungen **226** und **234** zur Lieferung zur Fachentleerung **236** entleert werden kann. Nachdem die Reinigungslösung aus dem Fach **214** entleert wurde, kann der normale Betrieb des Systems **200** (vorstehend beschrieben) erneut gestartet werden, indem wiederum Substrat vom Gefäß **212** in das Fach **214** eingeleitet wird.

[0076] Wenn die Reinigungslösung während der Dauer des Reinigungsvorgangs neutralisiert oder verbraucht wird, dann ist es alternativ möglich, direkt zum normalen Betrieb des Systems **200** weiterzugehen, ohne das Fach **214** zu entleeren. Mit anderen Worten, wenn die Toxizität der Reinigungslösung während des Reinigungsvorgangs ausreichend abgebaut wird, so dass sie nicht übermäßig die Aktivität der Biomasse hemmt, dann kann das Substrat einfach in das Fach **214** und in Kontakt mit der Reinigungslösung eingeleitet werden, um den normalen Betrieb des Systems **200** herbeizuführen. Die verbrauchte Reinigungslösung wird dann im Substrat zum Mischen im Fach **214** und Gefäß **212** verdünnt. Die Fähigkeit, den Entleerungsschritt zu beseitigen, durch den die Reinigungslösung aus dem Fach **214** entleert wird, wie vorstehend beschrieben, hängt von der Art der verwendeten Reinigungslösung, vom Volumen der Reinigungslösung, das im Fach **214** enthalten ist, vom Bestandteil der Biomasse, von der Dauer des Reinigungsvorgangs und von anderen Faktoren ab.

[0077] Diese Erfindung wurde mit Bezug auf spezielle beispielhafte Ausführungsformen, die für die Erläuterung ausgewählt wurden, in [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) der Zeichnungen beschrieben. Es ist jedoch zu erkennen, dass viele Veränderungen und Modifikationen der Ausführungsformen, die zur Erläuterung ausgewählt wurden, innerhalb des Schutzbereichs der

Erfindung vorgenommen werden können. Die Struktur der Gefäße und Fächer, die schematisch in [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) dargestellt sind, kann breit variieren, während dieselbe Funktion aufrechterhalten wird. Die relative Positionierung des Fachs in Bezug auf das Gefäß, vorausgesetzt, dass das Fach ganz oder teilweise innerhalb des Gefäßes angeordnet ist, ist für die Erfindung nicht entscheidend, obwohl die schematisch in [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) dargestellten Konfigurationen bevorzugt sind. Die Rohr- und Ventilschemen, die in [Fig. 3](#) aufgezeichnet sind, können auch modifiziert werden, damit sie an eine spezielle Verwendung oder ein spezielles System angepasst werden. Die Art von verwendetem Filter zum Entnehmen von Permeat kann variieren, selbst wenn bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung mit Bezug auf eintauchbare Filter wie z. B. Hohlfasermembranen beschrieben wurden.

Patentansprüche

1. Vorrichtung (**100; 200**) zum Entnehmen von Permeat aus einem Substrat durch einen Filter während des Betriebs der Vorrichtung, wobei die Vorrichtung umfasst:
 - ein Gefäß (**112; 212**), das so konfiguriert ist, dass es ein Substrat enthält;
 - ein Fach (**114; 214**), das so konfiguriert ist, dass es Substrat von dem Gefäß aufnimmt und einen Teil des aufgenommenen Substrats während des Betriebs der Vorrichtung zu dem Gefäß zurückführt;
 - einen Filter (**116; 216**), der wenigstens teilweise in dem Fach positioniert und so konfiguriert ist, dass er während des Betriebs der Vorrichtung in dem Fach Permeat vom Substrat trennt;
 - ein Mittel zum Einleiten einer Reinigungslösung in das Fach oder den Filter, um den Filter wenigstens teilweise einzutauchen, um den Filter wenigstens teilweise in situ zu reinigen;
 - wobei die Vorrichtung so konfiguriert ist, dass sie die Zirkulation von Substrat während des Betriebs der Vorrichtung erleichtert und die Reinigungslösung in dem Fach während der Reinigung der Vorrichtung enthält; und
 - wobei ein Mittel vorgesehen ist, das im Wesentlichen verhindert, dass die eingeleitete Reinigungslösung von dem Fach während der Reinigung mit dem in dem Gefäß enthaltenen Substrat in Kontakt gelangt, wobei das Fach (**114; 214**) wenigstens teilweise in dem Gefäß (**112; 212**) positioniert ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, die ferner eine Quelle (**118; 218**) für die Reinigungslösung umfasst, die so konfiguriert ist, dass sie die Reinigungslösung in das Fach (**114; 214**) einleitet und mit dem Filter (**116; 216**) in Kontakt bringt, während die Vorrichtung gereinigt wird.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Fach eine Öffnung (**126; 226**) aufweist, um die Reinigungslösung oder das Substrat aus dem Fach abzuführen.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch einen Diffusor (**248**), der in dem Fach (**214**) positioniert ist, um das Substrat, das von dem Gefäß (**212**) abgegeben wird, zu empfangen und um das empfangene Substrat in das Fach einzuleiten.
5. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei der Filter (**216**) eine Membran umfasst, durch die während des Betriebs der Vorrichtung Permeat getrennt wird.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, wobei die Membran mehrere hohle Fasern (**268**) umfasst.
7. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Fach eine Öffnung definiert, durch die empfangenes Substrat während des Betriebs zum Gefäß zurückkehrt.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Öffnung in einem oberen Abschnitt des Fachs positioniert ist.
9. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Filter (**116; 216**) so konfiguriert ist, dass er während des Betriebs in das Substrat eingetaucht werden kann.
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Filter (**116; 216**) vollständig in einem Innenraum des Fachs (**114; 214**) positioniert ist.
11. Vorrichtung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch einen Tank (**124; 224**), der so angeschlossen ist, dass er durch den Filter getrenntes Permeat empfängt.
12. Vorrichtung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine Permeatabführung (D'; **224; 270, 272, 274, 282, 284**), die an einer Erhöhung unterhalb des Filters positioniert ist, derart, dass der Atmosphärendruck bewirkt, dass Permeat von dem Filter (**116; 216**) zu der Permeatabführung fließt.
13. Vorrichtung nach einem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass das Fach (**114; 214**) so konfiguriert und positioniert ist, dass das Überlaufen von empfangenem Substrat von innerhalb des Fachs in das Gefäß (**112; 212**) während des Betriebs möglich ist.
14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Fach (**114; 214**) eine wenigstens teilweise offene Oberseite besitzt.
15. Vorrichtung nach Anspruch 13 oder Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Filter (**116;**

216) in dem Fach (**114; 214**) in der Weise positioniert ist, dass der Filter während der Reinigung wenigstens teilweise in die Reinigungslösung in dem Fach eingetaucht werden kann, ohne dass die Reinigungslösung im Fach in das Gefäß (**112; 212**) überläuft.

16. Verfahren zum Entnehmen von Permeat aus einem Substrat durch einen Filter und zum wenigstens teilweisen Reinigen des Filters in situ während des Reinigens, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:

(a) während des Betriebs

(i) Einleiten von Substrat aus dem Gefäß (**112; 212**) in ein Fach (**114; 214**), das einen Filter (**116; 216**) wenigstens teilweise umgibt, wobei das Fach wenigstens teilweise in dem Gefäß positioniert ist.

(ii) Zurückführen eines Teils eines Substrats von dem Fach zu dem Gefäß und

(iii) Entnehmen von Permeat aus dem Substrat, das in dem Fach empfangen wurde, durch den Filter; gekennzeichnet durch:

(b) während des Reinigens

(i) Verhindern, dass Substrat von dem Gefäß in das Fach fließt,

(ii) Einleiten eines Reinigers in das Fach oder den Filter und

(iii) wenigstens teilweises Eintauchen des Filters, um den Filter wenigstens teilweise zu reinigen, während der Filter in situ gehalten wird.

17. Verfahren nach Anspruch 16, bei dem der Reiniger Permeat, eine chemische Lösung oder eine Kombination aus Permeat und einer chemischen Lösung umfasst.

18. Verfahren nach Anspruch 16, bei dem der Filter vollständig im Innenraum des Fachs positioniert ist.

19. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass der Rückführungsschritt das Zurückführen des größten Teils von empfangenem Substrat von dem Fach zu dem Gefäß umfasst.

20. Verfahren nach Anspruch 16, gekennzeichnet durch Halten des Verhältnisses von zurückgeführtem Substrat zu Permeat während des Betriebs bei etwa 5:1.

21. Verfahren nach Anspruch 16, gekennzeichnet durch Mischen des Substrats in dem Gefäß.

22. Verfahren nach Anspruch 16, gekennzeichnet durch Entleeren des Reinigers aus dem Fach nach dem Reinigen.

23. Verfahren nach Anspruch 16, bei dem der Betrieb und das Reinigen periodisch abwechseln.

24. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch ge-

kennzeichnet, dass der Rückführungsschritt die Zirkulation von empfangenem Substrat in der Nähe des Filters umfasst, um die Bildung einer dünnen Schicht auf dem Filter zu verringern.

25. Verfahren nach Anspruch 16, gekennzeichnet durch Zurückführen eines Teils des Permeats zu dem Filter, um eine Umkehrströmung durch den Filter während des Betriebs zu erzielen.

26. Verfahren nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass der Schritt des Zurückführens von Permeat zu dem Filter periodisch ausgeführt wird.

27. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass der Reiniger-Einleitungsschritt das Einleiten von Reiniger in das Fach durch den Filter umfasst.

28. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass das Fach (**114; 214**) so konfiguriert und positioniert ist, dass ein Überlaufen von empfangenem Substrat aus dem Fach in das Gefäß (**112; 212**) möglich ist und dass während des Betriebs die Rate, mit der Substrat von dem Gefäß in das Fach eingeleitet wird, die Rate übersteigt, mit der Permeat durch den Filter (**116; 216**) entnommen wird, so dass Substrat über das Fach überläuft und zu dem Gefäß zurückgeführt wird.

29. Verfahren nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass das Fach (**114; 214**) eine wenigstens teilweise offene Oberseite besitzt.

30. Verfahren nach Anspruch 28 oder Anspruch 29, gekennzeichnet durch Entleeren von Substrat aus dem Fach und danach Einleiten des Reinigers in das Fach bis auf eine Höhe, derart, dass der Reiniger nicht über das Fach in das Gefäß überläuft.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

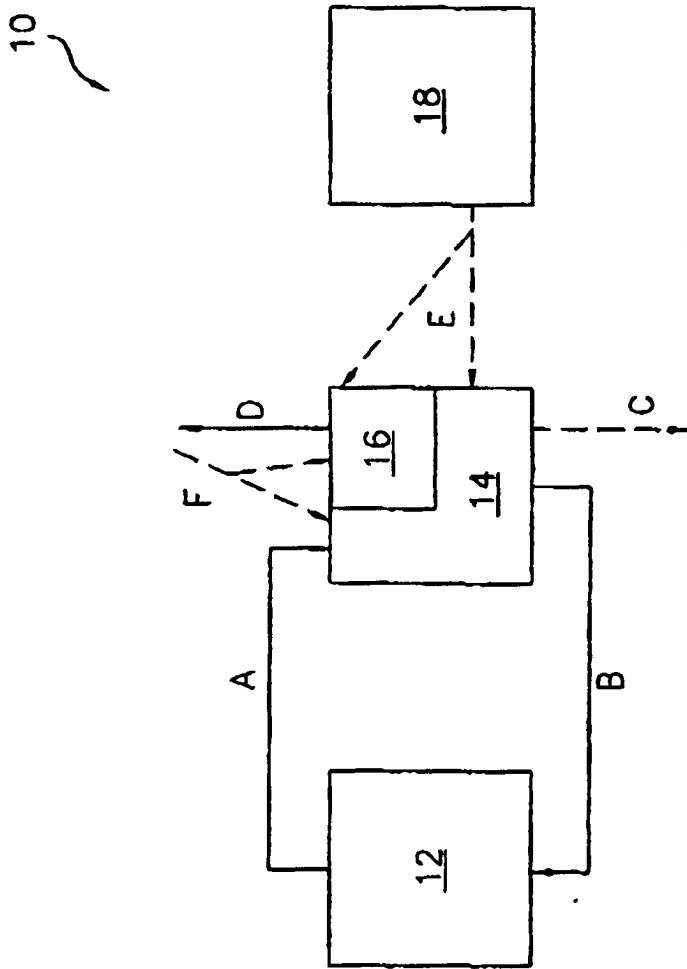


FIG. 1

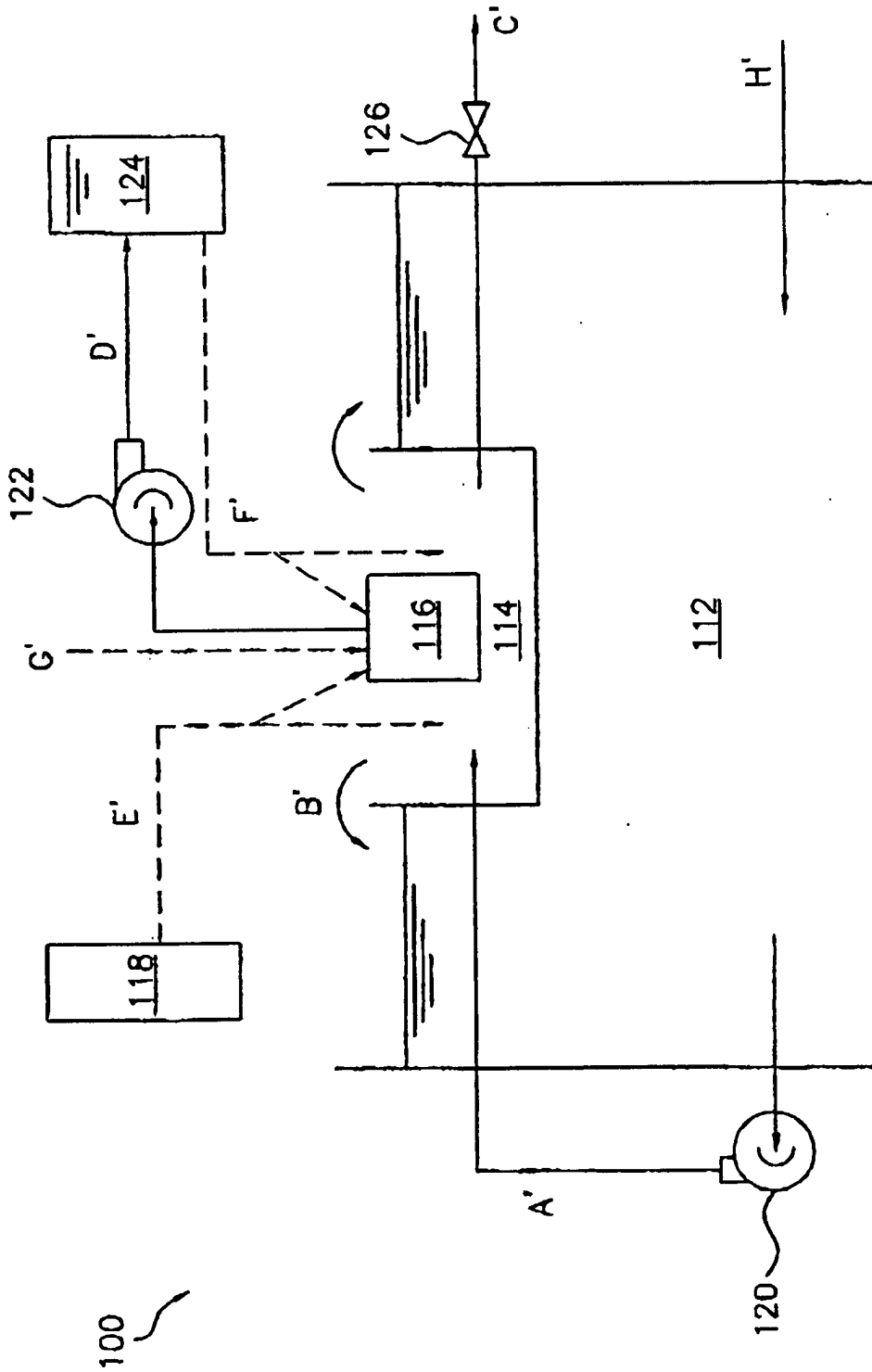


FIG. 2

