



**Europäisches
Patentamt**

**European
Patent Office**

**Office européen
des brevets**

**Europäische
Eignungsprüfung**

**European
qualifying examination**

**Examen européen de
qualification**

Prüfungssekretariat

Examination Secretariat

Secrétariat d'examen

EUROPÄISCHE EIGNUNGSPRÜFUNG 2000

PRÜFUNGSAUFGABE A CHEMIE

DIESE PRÜFUNGSAUFGABE ENTHÄLT:

- | | |
|------------------------------------|-------------------|
| * SCHREIBEN DES MANDANTEN | 2000/A(C)/D/1-9 |
| * ZEICHNUNGEN DES MANDANTEN | 2000/A(C)/D/10 |
| * DOKUMENT DI (STAND DER TECHNIK) | 2000/A(C)/D/11-14 |
| * DOKUMENT DII (STAND DER TECHNIK) | 2000/A(C)/D/15-17 |

SCHREIBEN DES MANDANTEN

ClearWater Revival plc



Für eine saubere Zukunft

17. März 2000

Rumpole & Mortimer
Europäische Patentvertreter
9 Morse Road
Oxford

Betrifft: Filtervorrichtung und Verfahren für ihre Herstellung

Sehr geehrte Damen und Herren,

wir bitten Sie, eine europäische Patentanmeldung für uns einzureichen. Wie Sie wissen, sind wir im Bereich der Wasseraufbereitungstechnik tätig.

Unsere jüngsten Forschungen galten Filtervorrichtungen für die Aufbereitung von Wasser zu Trinkwasser sowie Verfahren zur Herstellung solcher Filtervorrichtungen. Die vorliegende Erfindung ist von besonderer Bedeutung für Notfälle, wo innerhalb kürzester Zeit mikrobiologisch sauberes Wasser benötigt wird und Desinfektionsmittel nicht sofort oder permanent zur Verfügung stehen.

Fast alle Wasseraufbereitungsanlagen umfassen als wesentlichen Schritt die Filtration des vorhandenen Wassers durch Sand. Für die beiden Haupttypen der Sandfiltration werden die Bezeichnungen Langsam- bzw. Schnellsandfiltration verwendet, die die relative Strömungsgeschwindigkeit des wässrigen Mediums durch das Filtermedium widerspiegeln. Diese beiden Arten der Sandfiltration weisen aber auch grundlegende verfahrenstechnische Unterschiede auf.

Bei der Wasseraufbereitung durch Schnellsandfilter werden die fein verteilten und suspendierten Verunreinigungen (einschließlich vieler der vorhandenen schädlichen Mikroorganismen) in Flockungsbehältern koaguliert; dann werden die durch die Koagulation entstandenen größeren Teilchen in Sedimentierbehältern entfernt. Aufgrund dieser Vorbehandlung des Wassers kann die Filtration durch Sand mit einer höheren Geschwindigkeit erfolgen. Eine solche Vorbehandlung entfällt bei Langsamsandfiltern.

Bei Langsamsandfiltern erfolgt die Beseitigung von Verunreinigungen - und speziell von schädlichen Mikroorganismen - nicht nur durch das physikalische Durchsickern durch die oberen Schichten der Sandkörner, sondern auch durch den Einschluß der Verunreinigungen durch Mikroorganismen, die sich in der oberen Sandschicht entwickeln. Diese Schicht wird im allgemeinen als Schmutzdecke bezeichnet, deren Entwicklung mehrere Wochen dauern kann und die eine Schlüsselrolle für die Erzeugung von qualitativ hochwertigem Wasser in Langsamsandfiltern spielt.

In Notfällen, in denen rasch sicheres Trinkwasser bereitgestellt werden muß und chemische Aufbereitungsmittel wie Desinfektionsmittel unter Umständen nicht sofort zur Verfügung stehen, wäre grundsätzlich ein Langsamsandfilter wünschenswert. Die Entwicklung der dafür erforderlichen Schmutzdecke dauert aber so lange, daß Langsamsandfilter für Notfälle bislang völlig ungeeignet waren.

Vor diesem Hintergrund haben wir eine Filtervorrichtung entwickelt, die in Notfällen und anderen Situationen von Nutzen ist und mit der sauberes Wasser nicht innerhalb von Tagen, sondern von Stunden bereitgestellt werden kann.

Unsere neue Filtervorrichtung umfaßt gramnegative Bakterien, die Exopolysaccharide herstellen, auf einem wasserdurchlässigen Trägermaterial, das für Mikroorganismen und Menschen nicht toxisch, im Bereich von - 15 °C bis + 65 °C temperaturbeständig und nicht ohne weiteres biologisch abbaubar ist. Diese neuartige Filtervorrichtung, die als Ersatz für die herkömmliche Schmutzdecke in einem Langsamsandfilter dienen kann, erlaubt es, Trinkwasser in einem Bruchteil der Zeit erzeugen, die für die Bildung einer herkömmlichen Schmutzdecke erforderlich wäre.

In einer bevorzugten Ausführungsart der Filtervorrichtung wird diese nach dem Aufbringen der Bakterien auf das wasserdurchlässige Material gefriergetrocknet. Das gefriergetrocknete Erzeugnis kann dann zum Schutz vor Feuchtigkeit vakuumverpackt und bis zum Einsatz gelagert werden. Beim Eintritt eines Notfalls, in dem dringend Trinkwasser benötigt wird, kann das Erzeugnis innerhalb weniger Stunden durch den Zusatz von Wasser reaktiviert werden und dann, auf Sand oder einen anderen Träger aufgebracht, für die Reinigung des vorhandenen Wassers in Art eines Langsamsandfilters eingesetzt werden.

Die in der Filtervorrichtung verwendeten gramnegativen Bakterien, die Exopolysaccharide herstellen, sind von einem Typus, wie er auch in Schmutzdecken zu finden ist. Diese Bakterien kommen in der Natur in der Biofilmschicht standardmäßiger Langsamsandwasserfilter vor, insbesondere im Bereich innerhalb von 5 cm - und genauer gesagt von 2,5 cm - von der Oberfläche des Filtermediums. Solche in der Natur auftretenden Bakterien produzieren charakteristischerweise umfangreiche Mengen von Polysacchariden in Form von zähflüssigem oder gallertartigem Material bei geringer Nährstoffkonzentration. Bei den verwendeten Bakterien kann es sich um eine Mischung aus Bakterien handeln, die direkt einer Schmutzdecke entnommen wurden. Es können aber auch reine Kulturen einzelner Bakterienstämme allein oder in Kombinationen verwendet werden. Geeignete Bakterien sind dabei Stämme von *Pseudomonas vesicularis*, z. B. NCIB 40121, *Zoogloea ramigera*, z. B. ATCC 25935 oder NCIB 10340, *Pseudomonas* sp., z. B. NCIB 11264, *Achromobacter georgiopolitanus*, z. B. ATCC 23203 und nichtpathogene *Pseudomonaden*, die Alginate herstellen, wie *Pseudomonas mendocina*, z. B. NCIB 10541.

Das für den Einsatz in unserer Filtervorrichtung besonders bevorzugte Bakterium ist Teil der im Biofilm an der Oberfläche herkömmlicher Langsamsandfilter vorherrschenden Mikroflora und als NCIB 40121 hinterlegt. Es hat folgende Eigenschaften: unpigmentiertes rasches Wachstum auf Nährmedium A (siehe unten) und ausgedehnte Erzeugung von Polysaccharidschleim auf Nährmedium B (siehe unten), jeweils in flüssigem Medium und in mit 1,5 % Agar verfestigtem Medium, kein oder sehr geringes Wachstum auf unverdünntem standardmäßigem Bakteriennährmedium Agar und kein Wachstum auf McConkey-Agar. Die vor- und nachstehend genannten Nährmedien A und B sind in der Fachwelt als Markenartikel bekannt.

Das ausgewählte Bakterium bzw. die ausgewählte Bakterienkombination wird auf ein wasser-durchlässiges Material mit den oben beschriebenen Eigenschaften aufgebracht. Das verwendete Material sollte nicht ohne weiteres biologisch abbaubar sein. Material, das sich relativ langsam abbaut, beispielsweise während der Nutzungsdauer der Vorrichtung, die typischerweise zwischen 3 und 6 Monaten betragen kann, ist für diesen Zweck geeignet. Vorzugsweise ist das Material beständig gegen ultraviolette Strahlung, damit es bei anhaltend starkem Sonnenlicht eingesetzt werden kann. Um die Ansiedlung von Mikroorganismen auf der Oberfläche des Materials zu ermöglichen, sollte es nicht allzu poliert oder glatt sein. Natürlich sollte das ausgewählte wasserdurchlässige Material nur schwach oder gar nicht in wässrigen Medien löslich sein.

Das wasserdurchlässige Material könnte in verschiedener Form vorliegen. Denkbar wäre beispielsweise ein festes oder kompressibles poröses Material wie geschäumter Kunststoff, eine Matte wie eine Kokosfasermatte, ein Vlies wie ein papierähnliches Erzeugnis oder ein Gewebe wie Baumwolle oder ein Cellulosematerial. Ein geeignetes Schaummaterial wäre ein Celluloseschwamm. Wird ein flexibles Material dieser Art verwendet, so kann es in gerollter und/oder komprimierter Form gelagert und/oder transportiert werden. Ein geeignetes Vlies ist unter der Marke "Vilene" im Handel und wird als Einlage für Kleidungsstücke angeboten. Vliese wie "Vilene" können in einzelnen oder mehreren Lagen verwendet oder zur Verstärkung mit anderen Materialien geschichtet werden.

Falls das ausgewählte wasserdurchlässige Material porös ist, sollte es natürlich offenporig sein. Der durchschnittliche Porendurchmesser sollte vor wie auch nach der Imprägnierung mit den Bakterien vorzugsweise mindestens 10 µm betragen. Besser wäre ein durchschnittlicher Porendurchmesser vor der Imprägnierung von mindestens 20 µm und insbesondere in der Größenordnung von 50 µm. Der Porendurchmesser wie auch die Porendichte beeinflussen die Geschwindigkeit, mit der das zu reinigende Wasser die Filtervorrichtung durchlaufen kann, und dies sollte bei der Auswahl des wasserdurchlässigen Materials berücksichtigt werden. Vor diesem Hintergrund wird eine Porosität von 70 bis 90 % und höher bevorzugt.

Soll die Filtervorrichtung gefriergetrocknet werden, so können zu diesem Zweck typische Bedingungen für Gefriertrocknungsverfahren gewählt werden. Vorzugsweise wird das imprägnierte Material bei einer Temperatur im Bereich von - 70 °C oder niedriger gefroren. Der anschließende Entzug des Wassers durch Sublimation unter Vakuum erfolgt vorzugsweise in einem Vakuum von 100 Pa oder darunter. Nach der Gefriertrocknung wird das imprägnierte Material in einem

geeigneten, für Wasserdampf undurchlässigen Material - z. B. Kunststoffolie - verschlossen. Dieses Material läßt sich zu einem kompakten Paket zusammenfalten. Derart verpackt, kann unsere Vorrichtung in einer für die Bereitstellung in Notfällen besonders geeigneten Form transportiert werden. Vor der Verwendung des gefriergetrockneten Erzeugnisses wird die Vakuumverpackung aufgerissen und Wasser hinzugefügt; dann sind die Mikroorganismen innerhalb einiger Stunden (beispielsweise 6 bis 8 Stunden) reaktiviert und einsatzbereit. Zur Förderung der Reaktivierung und des Wachstums der gefriergetrockneten Mikroorganismen können mikrobiologische Nährstoffe vor der Gefriertrocknung in das imprägnierte Material eingebracht oder dem für die Reaktivierung verwendeten Wasser beigegeben werden.

Bei ihrem Einsatz wird unsere Filtervorrichtung mit einem Sandbett oder einem anderen Filtermedium zusammengebracht; dann wird das zu reinigende Wasser durch die Vorrichtung und das Filtermedium geleitet. Beispielsweise kann die Vorrichtung horizontal auf ein Sandbett gelegt oder vertikal an einem oder mehreren Blöcken eines festen porösen Trägermaterials angebracht werden. Geeignete einfache Strukturen für diesen Zweck sind in den beiliegenden Zeichnungen dargestellt; darin ist

Fig. 1 ein vertikaler Schnitt durch eine erste Ausführungsart der Filtervorrichtung,

Fig. 2 eine Draufsicht entsprechend Fig. 1,

Fig. 3 ein vertikaler Schnitt durch eine zweite Ausführungsart der Filtervorrichtung und

Fig. 4 eine Draufsicht entsprechend Fig. 3.

Die in Fig. 1 und 2 dargestellte Filtervorrichtung hat - wie gezeigt - eine quadratische Grundfläche (z. B. etwa 1 m²) und ist etwas höher als breit (vielleicht rund 1,5 m). Sie besteht aus angeflanschten flachen Behälterteilen aus glasfaserverstärktem Kunststoff, die vor Ort aus einem leicht transportierbaren Paket auf einem Sockel 10 zusammengebaut werden. Im unteren Teil der Anlage mit den Seitenteilen 11 liegt eine Drainageschicht 12 aus Kies oder ähnlichem Material; oberhalb der Drainageschicht 12 befindet sich das Filtermedium 13 aus Sand.

Auf dem Filtermedium 13 liegt eine erfindungsgemäße Filtervorrichtung 14 in Form einer Bakterien-schicht auf einem flexiblen wasserdurchlässigen Material auf. Die Ränder der Vorrichtung 14 sind zwischen den Flanschen der Seitenteile 11 und der oberen Seitenteile 15 angebracht und befestigt. Der Wasserstand 16 der Anlage wird durch einen Überlauf 17 geregelt.

Bei der Benutzung der Anlage wird das zu behandelnde Wasser durch ein Einlaßrohr 18 in den oberen Teil des Behälters eingeleitet und sickert durch die Filtervorrichtung 14 und das Filtermedium 13 in die Drainageschicht 12; das Trinkwasser wird durch ein Auslaßrohr 19 mit Ventil entnommen. Ist die Filtervorrichtung 14 im Laufe der Verwendung irgendwann blockiert, wird sie sofort durch eine neue ersetzt.

Bei der in Fig. 3 und 4 dargestellten Vorrichtung werden vertikale Filterplatten verwendet, durch die das Wasser im allgemeinen in horizontaler Richtung von einem Einlaß 20 zu einem Auslaß 21 fließt, wobei die Wasserhöhe durch einen Überlauf 22 geregelt wird. Das Filtersystem besteht aus erfindungsgemäßen Filtereinrichtungen 23, die an ihren Rändern an Blöcken 24 aus einem porösen Trägermaterial befestigt sind, die in bestimmtem Abstand vertikal im Wasserbehälter angebracht sind.

Ist eine Filtereinrichtung 23 bei einer Anlage gemäß Fig. 3 und 4 irgendwann blockiert, so kann sie zusammen mit dem entsprechenden Block 24 mühelos ersetzt werden, ohne daß die gesamte Anlage außer Betrieb genommen werden muß. Dies weist offensichtliche Vorteile gegenüber der in Fig. 1 und 2 dargestellten Anlage auf.

Beim versuchsweisen Betrieb der beiden dargestellten Anlagen wurden innerhalb von Stunden nach Einleitung der Reaktivierung der enthaltenen Bakterien große Mengen pathogener Mikroorganismen entfernt.

In den folgenden Beispielen werden die Herstellung von zwei Ausführungsarten unserer Filtervorrichtung und die Verwendung einer der entsprechenden Vorrichtungen zur Reinigung von verschmutztem Wasser beschrieben. In beiden Fällen wurde als Bakterium das oben angeführte besonders bevorzugte Bakterium mit der Hinterlegungsnummer NCIB 40121 verwendet.

Beispiel 1

Nährmedium ist das Medium B, verfestigt mit 1,5 % (Gew./Vol.) Agar. Zur langfristigen Lagerung werden Bakterien, die 48 Stunden lang bei 30 °C auf dem Nährmedium gewachsen sind, im Medium B mit Glycerinzusatz (20 % Gew./Vol.) suspendiert und bei - 70 °C in Flaschen mit Schraubverschluß gelagert. In allen Fällen wird die Glucose, die separat bei 121 °C im Autoklav 15 min lang sterilisiert wird, nach der entsprechenden Sterilisierung des Mediums zugegeben.

a) Wachstum des Impfguts

Das Schleim-produzierende Bakterium wird von einer Kulturschale in 50 ml des Mediums A geimpft, das sich in einem Erlenmeyerkolben mit 250 ml Fassungsvermögen befindet, und bei einer Temperatur von 30 °C 16 Stunden lang in einem Inkubationsschüttler inkubiert. Mit dieser Kultur werden 50 ml (2 % Vol./Vol.) desselben Mediums beimpft, und diese Kultur wird wiederum wie oben angegeben 6 Stunden lang inkubiert.

b) Beimpfung des wasserdurchlässigen Materials und Wachstum der Bakterien

Sterile Scheiben mit Durchmesser 5 cm eines Celluloseschwamms, der bei 121 °C in einem Autoklav unter Druck in destilliertem Wasser gewaschen wurde, werden unter denselben Bedingungen 3 Stunden lang im obigen Impfgut inkubiert. Dann werden die beimpften Filterscheiben aseptisch in 50 ml des Mediums B eingebracht, das sich in einem Erlenmeyerkolben mit 250 ml Fassungsvermögen befindet, und bei einer Temperatur von 30 °C in einem Orbitalinkubator inkubiert, bis sich eine ausreichende Menge schleimigen Biofilms gebildet hat, die einen solchen Widerstand für den Wasserdurchlauf erzeugt, daß bei einer Druckhöhe des Wassers von 10 cm eine lineare Fließgeschwindigkeit von etwa 0,2 m/h durch den Filter erzielt wird. Eine typische Inkubationszeit für die Bildung dieser Biofilmmenge liegt je nach der ursprünglichen Porengröße des Trägermaterials zwischen 8 und 16 Stunden. Mit zunehmender Größe der Poren verlängert sich die Inkubationszeit.

Beispiel 2

Nach dem in Beispiel 1 beschriebenen Verfahren wurden in Scheiben mit 5 cm Durchmesser aus 1 bis 2 mm dicken Schichten des unter der Marke "Vilene" käuflichen Vlieses Biofilme erzeugt. Ein geeigneter Biofilm bildete sich nach einer Inkubation von 8 Stunden.

Beispiel 3

Nach demselben Verfahren wie in den Beispielen 1 und 2 wurde in Scheiben mit 5 cm Durchmesser aus einer 10 mm dicken Schicht einer Kokosfasermatte mit Plastiknetzverstärkung ein Biofilm erzeugt. Die Inkubationszeit betrug insgesamt 16 Stunden.

Beispiel 4: Labormessung der Filterleistung

Die Leistung wird an Scheiben mit 5 cm Durchmesser, die entsprechend den Beispielen 1 bis 3 mit Biofilm imprägniert wurden, in standardmäßigen Laborfilterhaltern mit Kunststoffgittern bei einer Druckhöhe des Wassers von 10 cm gemessen. Es werden zwei Typen von Testwasser verwendet: a) mit fäkalcoliformen Bakterien verschmutztes natürliches Wasser, typisch für das Zulaufwasser einer städtischen Wasseraufbereitungsanlage, b) phosphatgepuffertes Salzwasser, dem ein Laborstamm *Escherichia coli* mit einem Nalidixinsäure-Resistenzgen zugesetzt wurde (zwischen 10 000 und 20 000 Bakterien/100 ml für beide Typen von Testwasser). Die (zur Messung der Wasserqualität verwendete) quantitative Bestimmung der coliformen Bakterien erfolgt in beiden Wasserproben durch standardisierte internationale Verfahren (im wesentlichen Wahl eines selektiven Mediums - McConkey-Nährboden - in verschiedenen Rohr- und Filteranordnungen und standardisierte Nachweistests für *E. coli*). Gegen Nalidixinsäure resistente Bakterien werden gezählt, indem 0,1 ml große Proben des verschmutzten Wassers auf mit dem Nährmedium Agar präparierte Schalen aufgebracht werden, die Nalidixinsäure in einer Konzentration von 10 µg/ml enthalten. Das filtrierte Wasser wird nach dem oben beschriebenen Verfahren in aufeinanderfolgenden Filtratproben von je 200 ml auf Verschmutzung mit coliformen Bakterien untersucht. Typischerweise geht die Zahl der coliformen Bakterien in der zweiten Filtratprobe mit 200 ml auf unter 10 Bakterien pro 100 ml zurück und bleibt in den (mindestens 10) weiteren Proben mit 200 ml unter diesem Wert.

Beispiel 5: Großversuch im Labor

Als wasserdurchlässiges Trägermaterial wird ein 1 m² großer Celluloseschwamm mit einer Dicke von 15 bis 20 mm verwendet. Diese Platte wird bei einer Temperatur von 121 °C 2 Stunden lang im Autoklav in destilliertem Wasser gewaschen und dann ausgewrungen. Anschließend wird sie in einem Laborfermenter vollständig in das Medium A eingetaucht und dort mit dem Medium sterilisiert. Die Glucose wird wie in Beispiel 1 separat sterilisiert und unter aseptischen Bedingungen zugegeben. Die Temperatur des Fermenters wird auf 30 °C gehalten; dann wird ein Impfgut der Bakterienkultur mit 5 Vol.-% zugefügt, das wie das Impfgut in Beispiel 1 hergestellt wurde. Der Fermenter wird mit 1 Liter Luft/Minute/Liter des Nährmediums belüftet und mit 200 U./min gerührt. Nach 8 Stunden wird sterile Glucose (40 % Gew./Vol.) bis zu einer Konzentration von 10 g/l zugegeben; dann wird die Inkubation unter denselben Bedingungen für weitere 16 bis 24 Stunden fortgesetzt. Der gelöste Sauerstoff wird nicht gemessen.

Die imprägnierte Platte eignet sich für die Verwendung in einer Filteranlage von einem der beiden in den beiliegenden Zeichnungen illustrierten Typen.

Beispiel 6

Ein gemäß Beispiel 2 hergestelltes Biofilm enthaltendes Vlies wurde unter Standardbedingungen gefriergetrocknet und dann vakuumverpackt. Es stellte sich heraus, daß die Bakterien nach einer 3 Monate langen Lagerung ohne Verlust an bakterieller Aktivität reaktiviert werden konnten.

Wir möchten darauf hinweisen, daß die in diesem Schreiben genannten Bakterien wohlbekannt sind. Diese Bakterien und deren Verwendung zur Herstellung einer Schmutzdecke waren Gegenstand eines wissenschaftlichen Artikels, der im letzten Jahr veröffentlicht worden ist.

Wir hoffen, daß die obigen Ausführungen ausreichende Informationen für die Einreichung einer europäischen Patentanmeldung enthalten. Wir fügen zwei Unterlagen - die Dokumente I und II - bei, die den Stand der Technik wiedergeben.

Mit freundlichen Grüßen

T. Credence
ClearWater Revival plc

ZEICHNUNGEN DES MANDANTEN

1/1

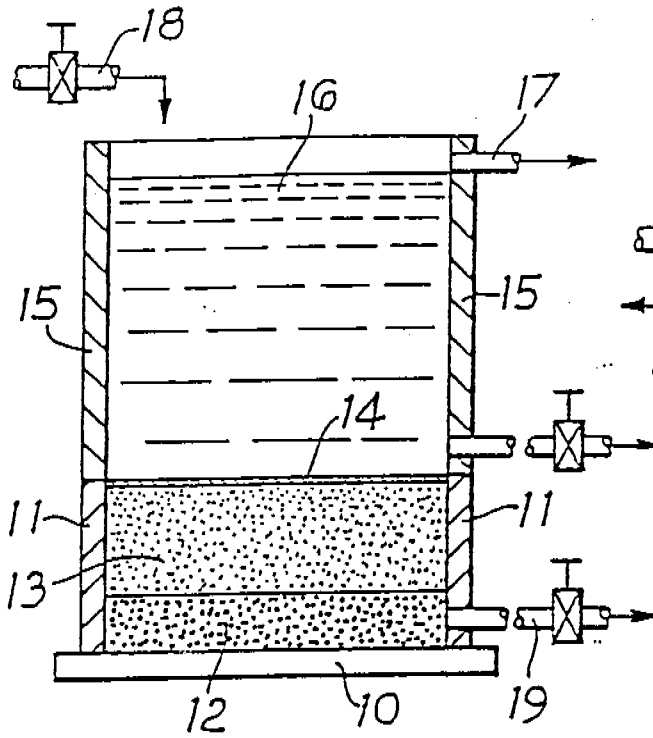


Fig. 1

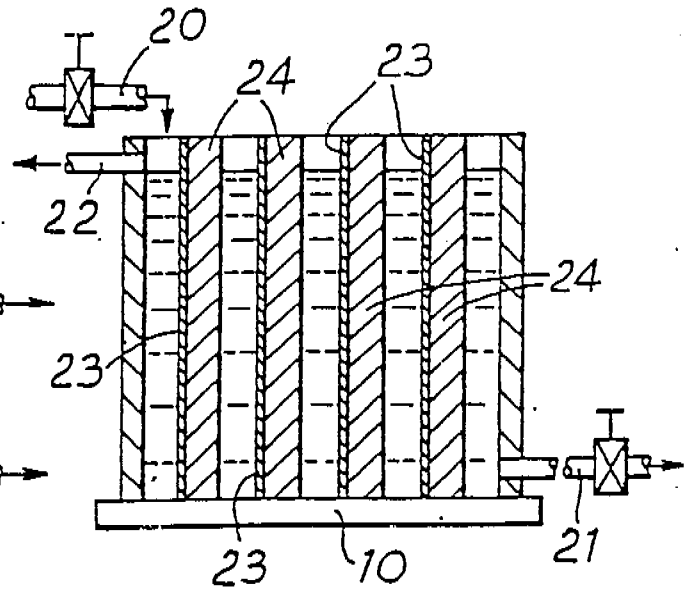


Fig. 3

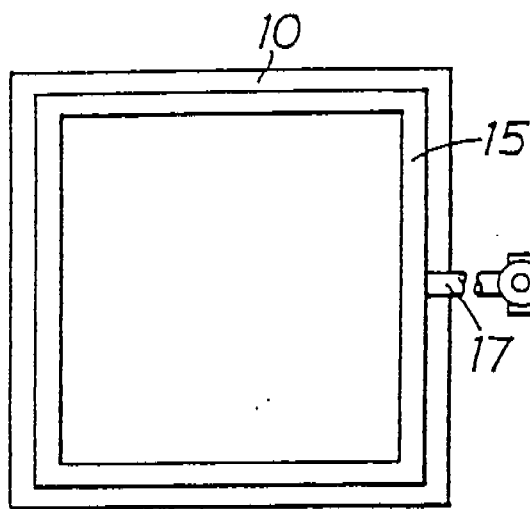


Fig. 2

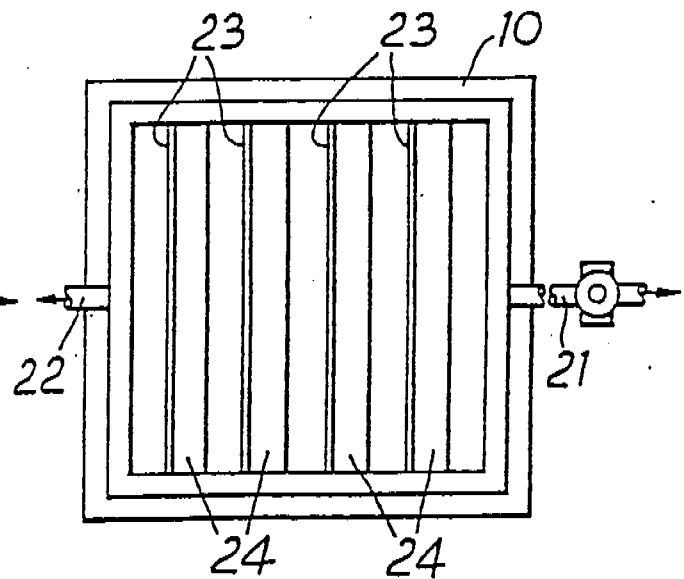


Fig. 4

DOKUMENT I (Stand der Technik)

Verbesserungen bei der Wasserreinigung

Bei der Wasserreinigung wird Wasser aus einem Speicher einer ersten Filtration in einem Grobfilter und dann einer zweiten Filtration in einem großen Langsamsandfilter unterzogen.

Der Langsamsandfilter umfaßt ein wesentlich größeres flaches Sandbett (z. B. in der Größenordnung von 3 500 m²). Das Wasser wird von einer Druckhöhe, die durch den Zustrom des im Grobfilter gefilterten Wassers oberhalb des Betts gehalten wird, relativ langsam durchfiltriert. Im Laufe der Zeit setzt sich Schlamm fest, und allmählich wachsen an der Oberfläche des Sandbetts Algen und Bakterien, die die sogenannte Schmutzdecke bilden. Diese Schicht enthält gramnegative, Exopolysaccharide herstellende Bakterien, die an der Filtration des Wassers teilhaben. Mit zunehmender Dicke der Schmutzdecke nimmt der Durchsatz des Wassers durch das Sandbett ab, und schließlich muß der Filter trockengelegt werden, um die Schmutzdecke zu entfernen und das Bett wieder einsatzbereit zu machen. Die Schmutzdecke wird entfernt, indem die obersten 2 bis 5 cm des Sandes (und mit ihm die Schmutzdecke) mechanisch vom Bett abgetragen werden; dies ist in der Regel im Abstand von einigen Monaten erforderlich. Dieser Vorgang ist relativ mühsam und zeitaufwendig, und auch wenn der entfernte Sand gereinigt und wiederverwendet werden kann, ist der Reinigungsvorgang doch recht teuer. Das Filterbett kann ursprünglich etwa 75 cm dick sein; wenn es nach mehrmaligem Abtragen auf unter rund 30 cm zurückgegangen ist, wird das restliche Bett in der Regel vollständig entfernt und durch ein dickes Bett aus neuem Sand ersetzt, was angesichts der involvierten Sandmengen ebenfalls zeitaufwendig und teuer ist.

Die vorliegende Erfindung betrifft in erster Linie den zweiten Filtrationsvorgang und soll Zeit, Aufwand und Kosten reduzieren, die mit der regelmäßigen Entfernung der Schmutzdecke verbunden sind, um das Langsamsandfilterbett wieder einsatzbereit zu machen.

25 Erfindungsgemäß schlagen wir daher ein Verfahren für den Betrieb einer großen Langsamsandfilteranlage vor, bei der die Oberfläche des Sandbetts mit einer oder mehreren dünnen, flexiblen, wasser-durchlässigen Folien als schützende Filterschicht bedeckt wird. Dabei bildet sich die Schmutzdecke nicht mehr auf der Sandoberfläche, sondern auf der Schutzschicht, und die Schmutzdecke wird

entweder direkt von der Schutzschicht entfernt oder durch Abheben der Schutzschicht mit der darauf befindlichen Schmutzdecke vom Filter.

Dadurch bleibt das Sandbett nach Entfernen der Schmutzdecke im wesentlichen sauber und intakt.

- 5 Zwar ist davon auszugehen, daß die Intervalle für das Entfernen der Schmutzdecke in etwa gleich bleiben wie bisher; dieser Vorgang selbst wird aber wesentlich weniger zeitaufwendig sein. Das erfindungsgemäße Verfahren dürfte daher viel rascher, einfacher und wirtschaftlicher sein als das bisherige Abtrageverfahren und für Wasserwerke, die große Langsamsandfilteranlagen betreiben, von erheblichem Nutzen sein.

10

Jede Folie der schützenden Filterschicht besteht aus einem Stoff, der in Wasser inert sein sollte. Der Stoff ist vorzugsweise dichter als Wasser, so daß er von alleine auf der Oberfläche des Sandbetts bleibt; hat er jedoch die Neigung, auf dem Wasser zu schwimmen, so kann er auf geeignete Weise - z. B. durch Auflegen eines Metallgitters - auf der Bettoberfläche fixiert werden. Vorzugsweise ist der Stoff auch in etwa gleich wasserdurchlässig und gleich resistent gegen das Eindringen von Schlamm wie das Sandbett.

Geeignete Stoffe schließen gewebte Stoffe, Vliese, schwammartige Materialien und Fasermatten ein. Erfolgreich eingesetzt als Stoffe wurden u.a. Kokosfasermatten, Zelluloseschwämme, Baumwolltücher und ein Vlies, das unter dem Warenzeichen "Vilene" vertrieben wird. Diese Stoffe haben typischerweise Porositäten von mehr als 75 Prozent und Porendurchmesser von 40-60 µm. Solche Stoffe weisen nach Bildung der Schmutzdecke Porendurchmesser von ungefähr 10-30 µm auf, was eine optimale Fließgeschwindigkeit des Wassers durch die Filterschicht gewährleistet.

- 25 Das Entfernen der Schmutzdecke direkt von der Schutzschicht kann mit herkömmlichen Saugbaggern erfolgen, die auf dem Wasser oberhalb des Filterbetts schwimmen; dabei könnte es erforderlich sein, das Abheben der Folie oder der Folien von der Bettoberfläche beispielsweise durch Auflegen eines Metallgitters, wie es oben angeführt ist, zu verhindern.

Das Entfernen der Schmutzdecke durch Abheben der Schutzschicht vom Filter kann manuell oder mechanisch durch Aufrollen oder Falten der Folien erfolgen, nachdem zunächst das Wasser aus dem Filter abgelassen wurde. Dann werden eine oder mehrere Ersatzfolien auf die Sandoberfläche gelegt, die eine neue schützende Filterschicht bilden sollen; anschließend wird der Filter erneut mit Wasser
5 gefüllt und wieder in Betrieb genommen. Aus dem Filter entfernte schmutzige Folien können gewaschen und wiederverwendet werden, was wesentlich weniger Zeit- und Energieaufwand erfordert als das zur Zeit übliche Waschen des abgetragenen Sandes.

Falls dies wirtschaftlich möglich ist, können die schmutzigen Folien auch entsorgt werden.

Ansprüche

1. Verfahren für den Betrieb eines großen Langsandsandfilters, in dem die Schmutzdecke, die sich auf der Oberfläche des Sandbetts bildet, regelmäßig entfernt wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberfläche des Sandbetts von einer oder mehreren dünnen, flexiblen, wasserdurchlässigen Folien bedeckt ist, die eine schützende Filterschicht bilden, so daß die Schmutzdecke nicht auf dem Sand, sondern auf der Schutzschicht entsteht und entweder direkt von der Schutzschicht oder durch Abheben der Schutzschicht mit der darauf befindlichen Schmutzdecke vom Filter entfernt wird.
2. Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei die Folie oder die Folien, die die schützende Filterschicht bilden, auch die Seitenwände des Filters bedecken.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, wobei die Folie oder die Folien aus einem gewebten oder nichtgewebten Synthetikstoff bestehen, der in Wasser inert ist.
4. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei die Folie oder die Folien in etwa gleich wasserdurchlässig sind wie das Sandbett.

5. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei die Folie oder die Folien dichter als Wasser sind, so daß die schützende Filterschicht von alleine auf der Oberfläche des Sandbetts bleibt.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei Metallgitter auf die schützende Filterschicht aufgelegt werden, um sie auf der Oberfläche des Sandbetts zu fixieren, und die Metallgitter vor der Entfernung der schützenden Filterschicht beseitigt werden.
7. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei die Schutzschicht und mit ihr die Schmutzdecke durch Aufrollen oder Falten der Folie oder der Folien vom Filter entfernt wird, nachdem zunächst das Wasser aus dem Filter abgelassen wurde.
8. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei die Schmutzdecke entfernt wird, indem sie von der Folie oder den Folien abgekratzt und abgewaschen wird.

DOKUMENT II (Stand der Technik)

Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung einer Biomasse-Reaktionsoberfläche auf einem Trägermaterial

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung für die Herstellung einer Biomasse-Reaktionsoberfläche auf einem Trägermaterial. Von besonderem Nutzen ist die vorliegende Erfindung in einer Wasseraufbereitungsanlage, in der das Abwasser durch den Durchfluß durch einen festen, körnigen Träger wie Sand aufbereitet wird.

5

Industrielle Abwässer enthalten oft organische oder mineralische Verunreinigungen, die entfernt werden müssen, bevor das Wasser in die Umgebung zurückgeleitet werden kann. Die Behandlung solcher Abwässer kann auf physikalisch-chemischem Wege - z. B. durch die Zugabe von Stoffen, die die Schadstoffe ausfällen - oder auf biologischen Wege erfolgen, wo die Verunreinigungen durch Versetzung des Abwassers mit Mikroorganismen, die beispielsweise kohlenstoff- oder stickstoffhaltige Verunreinigungen eliminieren, entfernt werden.

Die biologische Reaktion erfolgt in der Regel durch die Zusammenführung des Abwassers mit Biomasse in einem Bioreaktor. Biomasse ist eine Ansammlung biologischer Materialien, die ein Ökosystem bilden und verschiedene Bakterienarten umfassen. Die Bakterien in der Biomasse bauen die Verunreinigungen ab. Diese Bakterien werden wiederum von anderen Bakterien abgebaut, die ebenfalls von Bakterien abgebaut werden usw. Die Biomasse ist also eine Nahrungskette. In vielen Fällen entwickelt sich innerhalb der mit Sauerstoff angereicherten Bioreaktoren, die in Wasseraufbereitungsanlagen eingesetzt werden, von ganz alleine eine nützliche Biomasseschicht. Diese

20 Reaktoren enthalten ein Trägermaterial, auf dem die Biomasse wächst. Typischerweise handelt es sich bei den Bakterien in solchen Reaktoren um gramnegative Bakterien, die Exopolysaccharide herstellen. Zu den typischen Bioreaktoren dieses Typs gehören die in großen Wasseraufbereitungsanlagen eingesetzten Langsandsfilter.

25 Es hat sich gezeigt, daß die Geschwindigkeit, mit der dieses Trägermaterial mit der Biomasse überzogen wird, von seiner Oberflächenbeschaffenheit abhängt. Bei nicht-porösen Materialien wie Sand verläuft dieser Vorgang sehr langsam und dauert in der Regel zwischen zwei und drei Wochen. Bei mikroporösen Trägermaterialien hingegen läßt er sich nachweislich deutlich beschleunigen; allerdings sind diese sehr teuer.

Im vorliegenden Fall haben die Erfinder festgestellt, daß eine effiziente Vorbehandlung des körnigen Materials, bei der die einzelnen Körner mit Mikroorganismen beschichtet werden, sehr deutliche Vorteile gegenüber nicht vorbehandelten Materialien aufweist. Vor allem ermöglicht die "Vorsaat" des körnigen Trägermaterials eine wesentlich raschere Erzielung der erforderlichen Konzentrationen der Mikroorganismen der Biomasse.

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren für die Vorbehandlung eines Trägermaterials zur Verwendung in einem Bioreaktor, wobei das Trägermaterial mit Biomasse beschichtet und anschließend eingefroren und auf Temperaturen unter dem Gefrierpunkt gehalten wird, um die Biomasseschicht auf dem Trägermaterial zu konservieren, bis dieses in den Reaktor eingebracht wird.

Dadurch entsteht auf der Oberfläche des körnigen Materials ein Film, der die rasche Bildung des erforderlichen Ökosystems im Reaktor begünstigt. Bei Verwendung des erfindungsgemäßen gefrorenen und beschichteten körnigen Trägermaterials stellt sich die erforderliche Biomasse im Reaktor schneller ein als bei wesentlich teureren (unbeschichteten) mikroporösen Materialien. Während Reaktoren mit normalen körnigen Trägern also zwei bis drei Wochen Vorlaufzeit benötigen, ist das beschichtete körnige Material der vorliegenden Erfindung innerhalb von etwa einem Tag einsatzfähig.

Der körnige Träger wird vor dem Einfrieren in die Biomasse getaucht. Anschließend kann er gefroren werden.

Das gefrorene Trägermaterial kann verwendet werden, um das Verfahren in einem neuen Reaktor einzuleiten oder in einem bestehenden Reaktor nach einer Winterpause oder einer zeitweiligen Außerbetriebnahme zu Wartungszwecken wieder aufzunehmen. Dazu wird der Reaktor mit Abwasser, das unter Umständen mit sauberem Wasser verdünnt ist, gefüllt; dann wird der Recycling-Kreislauf gestartet. Das gefrorene Trägermaterial wird dabei einfach in den Reaktor gefüllt und auf Betriebstemperatur gebracht. Die Vorlaufzeit (d. h. die für das Erreichen eines Gleichgewichtszustands, in dem das Wasser effizient aufbereitet werden kann, benötigte Zeit) verringert sich von zwei bis drei Wochen auf etwa einen Tag.

Die Erfindung ist natürlich nicht auf die spezifischen beschriebenen Ausführungsarten im Bereich der Abwasserreinigung beschränkt, sondern ganz allgemein in Bereichen anwendbar, in denen Biomasse auf Trägermaterialien fixiert werden muß.

- 5 Natürlich versteht es sich auch von selbst, daß die Erfindung, obwohl sie nur speziell bezüglich der Verwendung von Sand als Trägermaterial beschrieben wurde, nicht auf dieses Verfahren beschränkt ist, sondern auf alle Arten von durchlässigen und nicht-durchlässigen Trägermaterialien angewandt werden kann, einschließlich körniger Materialien, gewebter Textilien und Vliesen, wie sie in solchen Reaktoren üblicherweise eingesetzt werden.

Ansprüche

1. Verfahren für die Inbetriebnahme eines Bioreaktors mit Biomasse, die auf Trägermaterialien fixiert ist, dadurch gekennzeichnet, daß es die Einbringung eines Trägers in den Reaktor beinhaltet, der ein oder mehrere Elemente umfaßt, die zuvor mit Biomasse-Material überzogen, anschließend gefroren und dann in gefrorenem Zustand aufbewahrt wurden.
2. Filterelement für Bioreaktoren, dadurch gekennzeichnet, daß es einen festen Träger umfaßt, der mit gefrorener Biomasse überzogen ist.
3. Filterelement gemäß Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der feste Träger ein körniges Material ist.
4. Filterelement gemäß Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das körnige Material ein Sandkorn ist.