



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 20 2007 010 704 U1** 2008.04.10

(12)

Gebrauchsmusterschrift

(21) Aktenzeichen: **20 2007 010 704.8**
(22) Anmeldetag: **01.08.2007**
(47) Eintragungstag: **06.03.2008**
(43) Bekanntmachung im Patentblatt: **10.04.2008**

(51) Int Cl.⁸: **C02F 3/20** (2006.01)
C02F 1/46 (2006.01)
B01D 61/14 (2006.01)

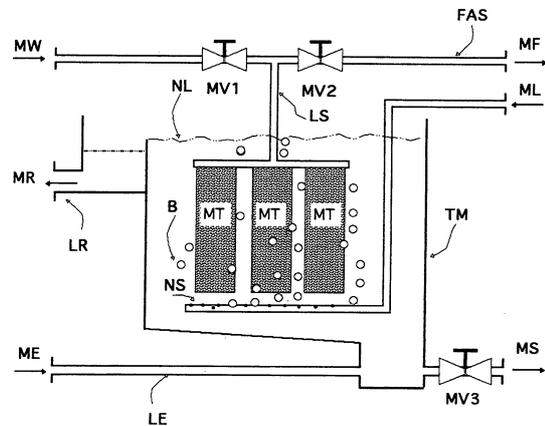
(73) Name und Wohnsitz des Inhabers:
Blum, Holger, Teufen, CH

(74) Name und Wohnsitz des Vertreters:
**Kirschner, K., Dipl.-Phys., Pat.-Anw., 82041
Oberhaching**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Belebtschlamm Filtervorrichtung**

(57) Hauptanspruch: Einrichtung zur Filtration von Belebtschlamm, insbesondere zur Gewinnung von Brauchwasser aus Belebtschlamm, umfassend:
einen von Belebtschlamm durchströmten Membranfiltertank (TM) mit wenigstens einer Filtermembran (MT), die zur Filtration der Belebtschlammpopulation dimensioniert ist, eine mit einer Filtratabsaugeleitung des Membranfiltertanks (TM) verbundene Elektroflokkulationszelle (EF), und einen mit einem Ablauf der Elektroflokkulationszelle verbundenen Flockulat-Filter (SF) mit körniger Filtermasse.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Filtration an Belebtschlamm.

[0002] Es ist bekannt die Abwasserreinigung nach dem Belebtschlammverfahren ohne Nachklärbecken durchzuführen. Bei dieser Abänderung des Verfahrens wird ein Teilstrom aus dem Belebtschlammkontinuum durch einen Filtertank gepumpt, in dem sich eingehängte, untergetauchte Membranelemente befinden. Jedes Membranelement hat eine Absaugleitung für Unterdruckfiltration, die mit einer Filtratsammelleitung verbunden ist, aus der das Reinwasser in Brauchwasserqualität gewonnen werden kann. Der Stand der Technik ist beispielsweise beschrieben in Prof. Thomas Melin, Prof. Max Dohmann, "Membrantechnik in der Wasseraufbereitung und Abwasserbehandlung, Neuentwicklungen und Betriebserfahrungen im In- und Ausland/ 4. Aachener Tagung Siedlungswasserwirtschaft und Verfahrenstechnik. -Aachen 2001. ISBN 3-921 955- 24-4".

[0003] Der mittlere Porendurchmesser der in der Belebtschlammtechnik verwendeten Membranen beträgt etwa $0,2 \mu\text{m}$ und bei dem in der Praxis gebräuchlichen Transmembrandruck (Druckdifferenz über der Membran) von 2 bis 4 bar fließen lediglich etwa 20 bis 60 Liter Reinwasser pro Stunde und Quadratmeter Membranfläche. Dies entspricht einer Permeatleistung für Wasser von etwa 200 bis 400 Liter pro Quadratmeter und Stunde und bar. Infolgedessen sind sehr große Membranflächen und hohe Investitionskosten erforderlich. Die Membranen erfordern überdies eine sorgfältige 24-stündige Überwachung und müssen in kurzen Abständen ausgebaut, mit Chemikalien gereinigt, wieder eingebaut und ggf. ausgetauscht werden. Diese komplizierte, personalintensive Membranverfahrenstechnik steht daher im krassen Gegensatz zur bekannten Verfahrensweise mit Nachklärbecken, die fast automatisch und mit sehr wenig Personal durchgeführt werden kann, wobei diese Methode allerdings kein Brauchwasser sondern nur Klärabwasser liefert.

[0004] Es ist die Aufgabe der Erfindung eine wartungsarme und betriebssichere kompakte Filtervorrichtung zur Gewinnung von Brauchwasser aus Belebtschlamm bereit zu stellen, deren Einsatzfähigkeit auch nach langen Betriebszeiten gewährleistet ist, verbunden mit einer wesentlich höheren Permeatleistung für Wasser pro eingebautem Quadratmeter Filtermembranfläche.

[0005] Zur Lösung dieser Aufgabe umfasst die erfindungsgemäße Einrichtung zur Filtration von Belebtschlamm, insbesondere zur Gewinnung von Brauchwasser aus Belebtschlamm, einen von Belebtschlamm durchströmten Membranfiltertank mit einer Membran, die zur Filtration der Belebtschlammpopu-

lation dimensioniert ist, eine mit einer Filtratabsaugleitung des Membranfiltertanks verbundene Elektroflokkulationszelle, und einen mit einem Ablauf der Elektroflokkulationszelle verbundenen Flokkulat-Filter mit körniger Filtermasse. Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung werden in dem Membranfiltertank ein großer Teil der Verunreinigung, der durch die Belebtschlammpopulation gebildet wird, ausgefiltert, und die in der Regel kleineren Bestandteile des Belebtschlammes werden in der Elektroflokkulationszelle zu größeren Flocken umgebildet und in dem Flokkulat-Filter entfernt. Dadurch lässt sich der Durchsatz der Einrichtung erheblich verbessern.

[0006] Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Filterfläche der Filtermembran aus Metalldrahtgewebe, vorzugsweise mit 15 bis $25 \mu\text{m}$ Porenweite, oder aus Mikrolochblech, vorzugsweise mit 5 bis $20 \mu\text{m}$ Lochdurchmesser, besteht. Diese Porenweiten bzw. Lochdurchmesser haben es sich als besonders geeignet zur Trennung der Belebtschlammpopulation von dem Rest der Verunreinigung des Belebtschlammes erwiesen.

[0007] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Filterfläche der Filtermembran aus faserverstärktem, porösem Calciumsilikat besteht. Vorzugsweise weist die Filterfläche der Filtermembran zusätzlich andere poröse Mineralstoffe auf. Vorzugsweise weist die Filterfläche der Filtermembran zusätzlich Aktivkohlegranulat auf. Durch diese Ausgestaltung der Filterfläche der Filtermembran in dem Filtermembrantank wird der Wirkungsgrad der Membran in kostengünstiger Weise erhöht.

[0008] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die körnige Filtermasse aus Zeolith, vorzugsweise Clinoptilolith besteht dass vorzugsweise eine Reinheit von mindestens 94 Gew% Clinoptilolith hat. Diese Materialien sind im Hinblick auf den Wirkungsgrad als körnige Filtermasse für den Flokkulat-Filter besonders geeignet.

[0009] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die verwendete Filtermembran eine Permeatleistung für Wasser hat die größer ist als 6000 Liter pro Quadratmeter und Stunde und bar aufweist. Bekanntlich ist der Flüssigkeitsstrom (Permeat), gemessen in Kubikmeter pro Sekunde, eine Funktion der vierten Potenz des Porenradius in Meter, multipliziert mit der Druckdifferenz über der Membran, gemessen in Kilogramm pro Meter und Sekunde im Quadrat, multipliziert mit der Anzahl der Poren pro Fläche, gemessen in Meter^{-2} , multipliziert mit der Membranfläche, gemessen in Meter^2 , das Vorstehende dividiert durch das achtfache der Viskosität der Flüssigkeit, gemessen in Ki-

logramm pro Meter/Sekunde, multipliziert mit der Dicke der Membran, gemessen in Meter. Aus dieser Formel lässt sich somit die für einen Durchsatz von 6000 Liter pro Quadratmeter und Stunde und Bar benötigten Porenradius unter Berücksichtigung der Dicke der Membran berechnen.

[0010] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Filtermembran Durchlassöffnungen mit einem Durchmesser von 1 bis 15 μm und eine Dicke von 0,2 bis 10 mm aufweist. Diese Werte für den Durchmesser der Durchlassöffnungen und die Dicke der Membran haben sich für die üblichen Druckverhältnisse bei derartigen Filtrationen als geeignet erwiesen.

[0011] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Elektroflockulationszelle eine obere und eine untere Elektrode aufweist, die mit einer Stromquelle verbunden und in einem Flüssigkeitsstrom eingetaucht sind, wobei die untere Elektrode ein poröses Bett aus losen Metall-Teilchen, vorzugsweise aus Eisengranulat aufweist, und die obere Elektrode ein Metall-Gitternetz oder -Rippengitter aufweist. Durch diese Ausgestaltung der Elektroflockulationszelle wird mit einfachen Mitteln eine gute Einleitung des elektrischen Stroms in die Zelle und ein entsprechender Wirkungsgrad erzielt.

[0012] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Stromquelle auf eine Zellenspannung von 40 bis 60 Volt ausgelegt ist. Diese Zellenspannung ist im Bezug auf die Sicherheit der Zelle und den Wirkungsgrad vorteilhaft.

[0013] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die obere Elektrode mechanisch in vertikale Schwingungen zu versetzen ist, wodurch das elektrische Feld zwischen den beiden Elektroden variiert und damit ein besserer Wirkungsgrad bei der Flockulation erreicht wird.

[0014] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die untere Elektrode ein poröses Bett aus Eisen- oder Aluminium-Teilchen und die obere Elektrode ein Eisen- oder Aluminium-Gitternetz oder -Rippengitter aufweist. Ein derartiges poröses Bett sorgt für einen guten Kontakt zwischen den zu flockulierenden Teilchen und dem Strom.

[0015] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die losen Metall-Teilchen auf einer schräg verlaufenden leitfähigen Trägerplatte aufliegen, die vorzugsweise um 10 bis 60° gegenüber der Horizontalen angeordnet ist. Dadurch kann das körnige Material leichter

durchmischt werden, so dass der Wirkungsgrad der unteren Elektrode verbessert wird.

[0016] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass an der unteren Elektrode eine Gaszufuhrleitung angeordnet ist. Durch die Gaszufuhr an die untere Elektrode werden die porösen Teilchen wirkungsvoll durchmischt, so dass die gesamte freie Oberfläche der porösen Teilchen für die Flockulation zur Verfügung steht und Ablagerungen den Filter nicht verstopfen können.

[0017] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Gaszufuhrleitung an der Trägerplatte der unteren Elektrode an der Stelle befestigt ist, wo das Filterbett die größte Höhe hat. An dieser Stelle ist die Wirkung der Gaszufuhr beim Durchmischen der porösen Teilchen besonders wirkungsvoll.

[0018] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass der mit dem Ablauf der Elektroflockulationszelle verbundene Filter mit körniger Filtermasse ein rückspülbarer Filter ist. Dadurch wird die Artung des Flockulat-Filters und damit der Einrichtung insgesamt vereinfacht.

[0019] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die körnige Filtermasse des mit dem Ablauf der Elektroflockulationszelle verbundenen Filters aus Zeolith, vorzugsweise Clinoptilolith besteht, das vorzugsweise eine Reinheit von mindestens 94 Gew% Clinoptilolith hat.

[0020] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass der von Belebtschlamm durchströmten Membranfiltertank das Belebtschlammschalenbecken ist. Durch Zusammenlegen von Membranfiltertank und Belebtschlammschalenbecken werden die äußeren Abmessungen der Einrichtung verkleinert, so dass die Einrichtung mobil einsetzbar wird.

[0021] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Filtermembran ein Teil der Wandung des Membranfiltertanks ist. Diese Ausgestaltung dient ebenfalls der Einsparung von Platzbedarf für die Einrichtung, was die Einsetzmöglichkeit der Einrichtung weiter erhöht.

[0022] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist gekennzeichnet durch eine Rückführungsleitung für in dem Belebtschlammschalenbecken vorgefiltertem Filtratwasser zu dem Membranfiltertank zur Verdünnung der Belebtschlammsuspension. Durch diese Anordnung wird ein Teil des Belebtschlamms vorläufig gefiltert und zur Verdünnung der Belebtschlammsuspension verwendet, was den Wirkungsgrad der Einrichtung insgesamt weiter erhöht.

[0023] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist gekennzeichnet durch eine Abwasserleitung von dem Filter zu einem separaten Sedimentationstank, in dem sich der Niederschlag aus Metallhydroxid plus zusammengeballten Mikroteilchen sowie der Abrieb aus der zurück gespülten körnigen Filtermasse absetzt, und durch eine Überlaufleitung, durch die das klare Überlaufwasser aus diesem Sedimentationstank wieder in das Belebtschlammbecken zurückzuführen ist. Dadurch wird der Wasserverlust der Abwasseraufbereitung vernachlässigbar klein.

[0024] Die vorliegend beschriebenen kompakten Ausführungsformen der Erfindung bieten eine überraschende Anzahl von wichtigen technischen Vorteilen. Bei der erfindungsgemäßen Einrichtung sind keine Membranen mit engen Poren erforderlich. Dadurch wird die Herstellung und Konstruktion der in den Belebtschlammstrom eingetauchten Membranfilterelemente wesentlich vereinfacht. Deren Filterfläche kann nunmehr als Siebfläche beispielsweise aus mechanisch robustem Edelstahlrahtgewebe hergestellt werden womit das Problem der Rückspülung mit Chemikalien und das Problem des Zuwachsens (Biofouling) beseitigt bzw. minimiert wird.

[0025] Weiterhin erreicht man durch die Einrichtung eine überaus zuverlässige und störungsfrei Rückspülung der eingetauchten Membranfilterelemente lediglich mit dem erzeugten Brauchwasser, ohne dass die Membranelemente aus dem Filtertank ausgebaut werden müssen. Auf Grund des einfachen kompakten Aufbaus des Filtertanks ist der Wartungsaufwand sehr gering und hat nur minimalen hydraulischen Energieverbrauch zur Folge wegen des Vorhandenseins von nur einer geringen Anzahl von Membranelementen. Weiterhin gelangt man auf dem erfindungsgemäßen Weg zu einem geringen Flächenbedarf der gesamten Filtervorrichtung für Belebtschlamm, da sehr viel Raum durch die hohe Durchsatzleistung eingespart wird.

[0026] Eine weitere Sicherung für außergewöhnliche Betriebszustände besteht darin, dass die Einrichtung während des Betriebes weitgehend immun ist gegen Schwankungen der Belebtschlamm-Zusammensetzung welche durch den Filtertank geleitet wird und dass die Gefahr der Eintrübung des Brauchwassers am Ablauf des rückspülbaren Filters selbst dann weitestgehend ausgeschaltet ist, wenn der Fall des stossweisen Belebtschlammzulaufes eintritt.

[0027] Die Elektroflokkulationszelle mit beweglichen Elektroden bewirkt, dass diejenigen Mikropartikel, welche die Filtermembran nicht zurückhält, gezwungen werden mit hoher Geschwindigkeit eine Schicht von metallischem Elektrodengranulat zu durchlaufen, wodurch sich die Mikropartikel zu großen Flocken zusammenballen und leicht filtrierbar

werden und damit eine der Hauptursachen für die geringe Durchsatzleistung der bisherigen Membrantechnik beseitigt ist.

[0028] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist darüber hinaus ein rückspülbare Filter mit körniger Filtermasse vorgesehen, durch welches Abfluss der Elektroflokkulationszelle durchgeleitet wird. Die koagulierten Mikropartikel zusammen mit dem Metallhydroxid der Elektrodenmasse (z. B. Eisen-III-Hydroxid) lagern sich durch Van-der-Waalsche Kräfte auf der körnigen Filtermasse ab, so dass ein einwandfreies Klärabwasser entsteht, welches in öffentliche Gewässer oder Flüsse abgelassen werden kann oder welches als Brauchwasser weiter verwendet werden kann.

[0029] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden an Hand der beigefügten Zeichnungen erläutert, in denen:

[0030] [Fig. 1](#) schematisch den Membranfiltertank in Form eines oben offenen Kastens mit darin befindlichen untergetauchten Filtermembranen zeigt;

[0031] [Fig. 2](#) schematisch den Membranfiltertank in Form einer Mammutpumpe mit Filtermembranen als ein Teil der Wandung zeigt;

[0032] [Fig. 3](#) schematisch die an die Filtratabsaugeleitung FAS des Membranfiltertanks angeschlossene Elektroflokkulationszelle; und

[0033] [Fig. 4](#) schematisch das Fließschema der erfindungsgemäßen Vorrichtung mit dem Membranfiltertank, durchströmt durch eine mit Filtratwasser verdünnte Belebtschlamm suspension, die an die Filtermembran angeschlossene Elektroflokkulationszelle sowie den Belebtschlamm tank.

[0034] Wie aus [Fig. 1](#) zu ersehen ist, fließt der vom Bioreaktor gepumpte Belebtschlammstrom ME durch die Leitung LE in den Membrantank TM vorbei an den Filtermembranen MT und verlässt den Membrantank TM durch den Stutzen LR als Schlammstrom MR zurückgeleitet in den Bioreaktor. Die Filtermembranen MT sind unterhalb des Flüssigkeitsspiegels NL angebracht und weisen eine Permeatleistung für Wasser auf, die grösser ist als 6000 Liter pro Quadratmeter und Stunde und bar ist. Der Membranfiltertank TM hat die Form eines oben offenen, rechteckigen Kastens mit einem Zufluss- und einem Abflussstutzen für Belebtschlamm und einen am Boden des Kastens angebrachten Ablassstutzen MS für überschüssigen Belebtschlamm. Die Filtermembranen MT haben die Form von Platten oder Röhren und sind in mehrfacher Anzahl im Membranfiltertank enthalten und unterhalb Flüssigkeitsoberfläche in einer oder zwei oder drei Raumachsen fest justiert. Die Filtermembranen MT können ein Teil der Wandung einer Mammutpumpe

pe sein, welche die mit Filtratwasser verdünnte Belebtschlamm suspension mittels eingepresster Luft gefördert wird.

[0035] Vorteilhafter Weise wird der Membranfiltertank TM von unten nach oben durchströmt. Es ist jedoch auch möglich, die Anordnung so zu treffen, dass der Membranfiltertank von oben nach unten durchströmt wird. Der Membranfiltertank MT wird durch mit Filtratwasser verdünnte Belebtschlamm suspension durchströmt.

[0036] Das Permeat MF, welches noch sehr geringe Mengen von kleinsten Mikroorganismen und suspendierten Feinteilchen enthalten kann, gelangt über die Filtratsammelleitung LS und das geöffnete Ventil MV2 in die Filtratabsaugleitung FAS, welche mit der Saugseite der Pumpe PP zur Elektroflockulationszelle verbunden ist.

[0037] Bei dieser Operation ist das Ventil MV1 für die Waschlösung bzw. für das Waschwasser geschlossen. Ein Kompressor oder ein Rotationsgebläse fördert den Luftstrom ML in die unterhalb der Filtermembranen MT befestigte Düsenleitung NS, wodurch die Filtermembranen MT ständig mit einem feinem aufsteigenden Luftstrom B bestrichen werden. Durch Öffnen des Ventils MV3 kann während der Filteroperation überschüssiger Belebtschlamm MS aus dem Zirkulationssystem entfernt werden. Durch Schließen von MV2 und öffnen von MV1 wird Wasser bzw. Waschlösung MW durch LS in die Filtermembranen MT gedrückt und eine Reinigung mittels Rückspülung durchgeführt. Wie man erkennt ist der Vorteil dieser Belebtschlamm-Filtereinrichtung, dass infolge der hohen Permeatleistung die Größendimension von TM sowie die Anzahl der notwendigen Filtermembranen MT nur einen Bruchteil dessen beträgt was mit herkömmlichen Verfahren zu erreichen ist.

[0038] Statt den Filtrationsprozess durch geringe Permeatleistung unnötig zu verlangsamen führt die erfindungsgemäße Einrichtung die Operation der Ausschleusung von Wasser aus dem Belebtschlamm mit dem geringst möglichen Aufwand durch.

[0039] Einzelheiten der Einrichtung sind auch [Fig. 2](#) zu entnehmen. Danach sind die Filtermembranen MT Teil der Wand PB eines Filterkastens K. Dieser Filterkasten K ist aufgeteilt in den Permeatraum RF und in den Durchflussraum DE. Ein geschlossener Rahmen AH sorgt für ein genügenden hydraulischen Abstand zwischen PC und PB. Auf der vorderen Platte PA des Durchflussraums DE ist unter dem Zuflussstutzen LE des vom Bioreaktor gepumptem Belebtschlammstromes ME angebracht. Die Filtermembranen MT sind unterhalb des Flüssigkeitsspiegels NL angebracht und weisen eine Permeatleistung für Wasser auf die größer ist als 6000 Liter pro Quadratmeter und Stunde und bar ist.

[0040] Der teilweise entwässerte Belebtschlammstrom tritt durch den oben an PA angebrachten Stutzen LR als Schlammstrom MR aus und wird in den Bioreaktor zurück geleitet. Der Durchflussraum DE ist vorzugsweise oben mit Öffnungen versehen, so dass sich ohne Gasstauung ein Flüssigkeitsniveau NL einstellen kann.

[0041] Ein Kompressor oder ein Rotationsgebläse fördert den Luftstrom ML in die unterhalb der Filtermembranen befestigte Düsenleitung NS wodurch die Filtermembranen MT ständig mit einem feinem aufsteigenden Luftstrom B bestrichen werden.

[0042] Durch Justieren des Abstandes zwischen PA und PB sowie der Luftzufuhr ML erreicht man einen Mammutpumpeneffekt d.h. die hydraulische Förderung von ME zu MR wird allein durch den Luftstrom ML bewirkt. Durch Öffnen des Ventils MV6 kann während der Filteroperation überschüssiger Belebtschlamm MS aus dem Zirkulationssystem abgelassen werden. Das Permeat MF, welches noch sehr geringe Mengen von kleinsten Mikroorganismen und suspendierten Feinteilchen enthalten kann, gelangt über das geöffnete Ventil MV5 in die Filtratabsaugleitung FAS welche mit der Saugseite der Pumpe PP zur Elektroflockulationszelle verbunden ist. Bei dieser Operation ist das Ventil MV4 für die Waschlösung bzw. für das Waschwasser MW geschlossen. Durch Schließen von MV5 und öffnen von MV4 wird Wasser bzw. Waschlösung MW in die Filtermembranen MT gedrückt und eine Reinigung mittels Rückspülung durchgeführt. Alternativ kann bei dieser Ausführung der Einrichtung die Platte PC vom Rahmen AH abgenommen werden und eine visuelle Inspektion und Reinigung der Filtermembranen MT vorgenommen werden.

[0043] Einzelheiten der Einrichtung sind auch [Fig. 3](#) zu entnehmen. Danach wird das Permeat MF, welches noch sehr geringe Mengen von kleinsten Mikroorganismen und suspendierten Feinteilchen enthalten kann, über die Filtratabsaugleitung FAS mittels der Pumpe PP durch den Einlassstutzen **1a** zur Elektroflockulationszelle EF gefördert. Die Zelle besteht hat ein Gehäuse **1** aus nicht leitendem Material. Durch eine elektrisch leitende Lochplatte **2**, versehen mit Düsenlöchern **2a** strömt das Permeat MF durch die Schicht EA, bestehend aus metallischem Elektrodengranulat. In einer bevorzugten Ausführung der Erfindung besteht das Elektrodengranulat EA aus Gusseisenspänen. Die Stromquelle **5** ist durch die Leitungen **5a** und **5b** mit der elektrisch leitenden Lochplatte **2** und der oszillierenden Gegenelektrode **4** verbunden. Infolge der großen spezifischen Oberfläche des Elektrodengranulates EA werden die kleinsten Mikroorganismen und suspendierten Feinteilchen beim Durchströmen des Permeats MF durch das Elektrodengranulat EA sofort elektrisch entladen und ballen sich zusammen. Gleichzeitig entsteht aus

den Eisenspänen des Elektrodengranulats EA in Wasser suspendiertes Eisenhydroxid, welches aus den zusammengeballten Feinteilchen leicht filterbare Flocken erzeugt. Aus dem Stutzen **1b** der Zelle tritt das flockulierte Permeat als Wasserstrom QE aus und kann über einen rückspülbaren Flockulat-Filter SF mit körniger Filtermasse vom Flockulat befreit werden.

[0044] Durch intervallweise Zufuhr von Pressluft PL in das Elektrodengranulat wird dieses in langsamer Bewegung gehalten, so dass kein Verstopfen der Zelle oder eine ungleichmäßige Entladung der Feinteilchen stattfinden kann.

[0045] Die Durchsatzgeschwindigkeit der Elektroflokkulationszelle liegt in der Größenordnung von 100 Kubikmeter pro Quadratmeter Filterfläche und Stunde ist also drei Zehnerpotenzen größer als die Durchsatzleistung herkömmlicher Biomembranen. Auch die Durchsatzleistung des rückspülbaren Flockulat-Filters SF in der Größenordnung von 10 bis 20 Kubikmeter pro Quadratmeter Filterfläche und Stunde ist also wiederum mehr als zwei Zehnerpotenzen höher als die Durchsatzleistung von Biomembranen nach dem Stand der Technik.

[0046] Danach ist die Einrichtung zur Filtration von Belebtschlamm, was den Raumzeitdurchsatz betrifft mindestens um eineinhalb Zehnerpotenzen leistungsfähiger als die Verwendung von Biomembranen nach dem Stand der Technik. Durch die geringe Anzahl von Bau- und Apparateanteilen erhöht sich die Einsatzsicherheit, es verringert sich der Personaleinsatz und es vermindern sich die Investitions- und Unterhaltungskosten.

[0047] Einzelheiten über die Einrichtung im Verbund mit einem Bioreaktor zeigt [Fig. 4](#). Danach tritt der biologisch zu reinigende Abwasserstrom QA durch das geöffnete Ventil MV7 und die Zuflussleitung FL in die Zirkulationsleitung FW ein und vermischt sich mit einer verdünnten Belebtschlamm suspension. Die Vermischung wird als ME bezeichnet. ME fließt aus dem Rohrende von FW in den oben offenen Membranfiltertank TM ein. ME strömt sodann an den eingehängten Filtermembranen MT vorbei nach unten, wird dabei teilweise entwässert und tritt als Rücklaufstrom MR durch seitliche Öffnungen der Zwischenwand Y in den Belebtschlamm tank BT ein. In dem Belebtschlamm tank BT strömt der Rücklaufstrom MR nach oben gegen die fixierte Schicht von Kunststoffgranulat BB, welches sich an der Oberfläche mit Belebtschlamm überzogen hat. Das Kunststoffgranulat BB ist leichter als Wasser. Ein Aufschwimmen zur Flüssigkeitsoberfläche NB wird durch das Haltesieb SC verhindert. Dadurch befindet sich die Masse des Belebtschlammes fixiert am Kunststoffgranulat BB unter dem Niveau NB Wasseroberfläche, und nur jeweils ein geringer Teil des Belebtschlammes tritt durch das

Sieb SC hindurch. In das Fallrohr FR tritt daher eine gefilterte, verdünnte Belebtschlamm suspension ein und wird im Steigrohr SR durch den Luftstrom ML1 mit Luftsauerstoff gesättigt. Das Steigrohr SR hat die Funktion einer Mammutpumpe und eine Steighöhe, die über das Flüssigkeitsniveau NL des Membranfiltertanks TM reicht. Durch die Leitung FW fließt also eine mit Sauerstoff gesättigte, mit Filtratwasser verdünnte Belebtschlamm suspension zurück in den Membranfiltertank TM.

[0048] Die hydraulische Höhendifferenz NL minus NB entspricht in etwa dem Druckverlust des Flüssigkeitsstromes MR beim Durchtritt durch die mit Belebtschlamm belegte Kunststoffgranulatschicht BB.

[0049] Ein Kompressor oder ein Rotationsgebläse fördert den Luftstrom ML2 über das Regelventil MV9 in die unterhalb der Filtermembranen MT befestigte Düsenleitung NS, wodurch die Filtermembranen MT ständig mit einem feinem aufsteigenden Luftstrom B bestrichen werden.

[0050] Durch Öffnen des Ventils MV10 kann während der Filteroperation überschüssiger Belebtschlamm MS aus dem Zirkulationssystem abgelassen werden. Bei geöffnetem Ventil MV8 wird das Permeat MF, welches noch sehr geringe Mengen von kleinsten Mikroorganismen und suspendierten Feinteilchen enthalten kann, über die Filtratabsaugleitung FAS mittels der Pumpe PP durch den Einlassstutzen zur Elektroflokkulationszelle EF gefördert.

[0051] Aus der Elektroflokkulationszelle EF tritt das flockulierte Permeat als Wasserstrom QE aus und wird über ein rückspülbaren Filter mit körniger Filtermasse vom Flockulat befreit, so dass es dann als Brauchwasser verwendet werden kann.

[0052] Aus der Elektroflokkulationszelle EF tritt das flockulierte Permeat QE als Wasserstrom aus und gelangt durch das geöffnete Ventil MV12 über die Leitung FL2 in die Verteilerrinne VT des Schwerkraftfilters, der als Flockulat-Filter SF dient. Das Ventil MV13 ist geschlossen, und daher fließt das flockulierte Permeat QE über den Rand der Verteilerrinne VT auf den Flüssigkeitsspiegel NF und weiter abwärts durch die körnige Filtermasse Z, wo das Flockulat durch Van-der Waalsche Kräfte gebunden wird. Das flockulatfreie, gefilterte Wasser tritt über den Düsenboden DB am unteren Teil von SF in die Leitung FL4 ein und fließt bei geschlossenen Ventilen MV14 und MV15 als reines Brauchwasser BW über das geöffnete Ventil MV16 aus der Leitung FL7 aus. Falls erforderlich, kann das aus dem Flockulat-Filter SF austretende Brauchwasser noch einer Ultraviolettstrahlung sterilisiert werden.

[0053] Der Filter arbeitet vorzugsweise mit Zeolith als körniger Filtermasse. Insbesondere wird hochrei-

nes Zeolithmineral Clinoptilolith in einer Reinheit von mindestens 94 Gew% Clinoptilolith verwendet. Der Filter für die körnige Filtermasse hat ein Filterschichthöhe von etwa 1 bis 1,5 m. Der Filter für die körnige Filtermasse hat vorzugsweise nur eine Art Filtermaterial (Monofilter).

[0054] Werden die Ventile MV12, MV14, MV16 geschlossen und die Ventile MV13 und MV 15 geöffnet so kann, bei abgestellter Pumpe PP, in die Leitung FL5 der Waschwasserstrom WW gefördert werden, der aufwärts durch SF strömt und die flockulierten Ablagerungen von der körnigen Filtermasse Z entfernt, welche über die Verteilerrinne VT durch die Leitung FL3 und das Ventil MV 13 als Schlammwasserstrom SW abgelassen werden.

[0055] Ist der Waschvorgang des Filters SF abgeschlossen, werden die Ventile MV15 und MV13 wieder geschlossen, und zunächst wird nur das Ventil MV14 geöffnet, wodurch das Erstwasser EW aus der Leitung FL6 austritt. Sobald das Erstwasser EW trübfrei läuft, wird Ventil MV14 geschlossen, die Ventile MV16 und MV12 werden geöffnet und die Pumpe PP wird wieder gestartet.

[0056] Der ganze Belebtschlamm-Filtrationsprozess kann leicht durch pneumatisch oder elektrisch gesteuerte Ventile vollautomatisch ablaufen, so dass die erfindungsgemäße Einrichtung ohne ständige Überwachung betrieben werden kann.

Beispiel:

[0057] Der Raumbedarf für eine Kompaktkläranlage für 100 Einwohner oder 200 m Kubikmeter Abwasser pro Tag. Die erfindungsgemäße Filtervorrichtung für Belebtschlamm nach [Fig. 4](#) ist so kompakt, dass die gesamte in [Fig. 4](#) beschriebene Kläranlage plus das dazugehörige rückspülbare Filter mit körnigem Zeolith in einen Standard-20 Fuß Container passt.

Schutzansprüche

1. Einrichtung zur Filtration von Belebtschlamm, insbesondere zur Gewinnung von Brauchwasser aus Belebtschlamm, umfassend:
einen von Belebtschlamm durchströmten Membranfiltertank (TM) mit wenigstens einer Filtermembran (MT), die zur Filtration der Belebtschlammpopulation dimensioniert ist,
eine mit einer Filtratabsaugleitung des Membranfiltertanks (TM) verbundene Elektroflockulationszelle (EF), und
einen mit einem Ablauf der Elektroflockulationszelle verbundenen Flockulat-Filter (SF) mit körniger Filtermasse.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet dass die Filterfläche der Filtermembran

(MT) aus Metalldrahtgewebe, vorzugsweise mit 15 bis 25 µm Porenweite, oder aus Mikrolochblech, vorzugsweise mit 5 bis 20 µm Lochdurchmesser, besteht.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet dass die Filterfläche der Filtermembran (MT) aus faserverstärktem, porösem Calziumsilikat besteht.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet dass die Filterfläche der Filtermembran (MT) zusätzlich andere poröse Mineralstoffe aufweist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet dass die Filterfläche der Filtermembran (MT) zusätzlich Aktivkohlegranulat aufweist.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet dass die körnige Filtermasse des Flockulat-Filters (SF) aus Zeolith, vorzugsweise Clinoptilolith besteht.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet dass die körnige Filtermasse aus dem Zeolithmineral Clinoptilolith in einer Reinheit von mindestens 94 Gew% Clinoptilolith besteht.

8. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die verwendete Filtermembran (MT) des Membranfiltertanks (TM) eine Permeatleistung für Wasser hat die größer ist als 6000 Liter pro Quadratmeter und Stunde und bar aufweist.

9. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Filtermembran (MT) des Membranfiltertanks (TM) Durchlassöffnungen mit einem Durchmesser von 1 bis 15 µm und eine Dicke von 0,2 bis 10 mm aufweist.

10. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektroflockulationszelle (EF) eine obere und eine untere Elektrode (4, EA) aufweist, die mit einer Stromquelle (5) verbunden und in einem Flüssigkeitsstrom eingetaucht sind, wobei die untere Elektrode (EA) ein poröses Bett aus losen Metall-Teilchen und die obere Elektrode (4) ein Metall-Gitternetz oder -Rippengitter aufweist.

11. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Stromquelle (5) auf eine Zellenspannung von 40 bis 60 Volt ausgelegt ist.

12. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die obere Elektrode (4) mechanisch in vertikale Schwingungen zu versetzen ist.

13. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die untere Elektrode (EA) ein po-

röses Bett aus Eisen- oder Aluminium-Teilchen und die obere Elektrode ein Eisen- oder Aluminium-Gitternetz oder -Rippengitter aufweist.

schlammbecken zurückzuführen ist.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

14. Einrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die losen Metall-Teilchen auf einer schräg verlaufenden leitfähigen Trägerplatte (2) aufliegen.

15. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die schräg verlaufende leitfähige Trägerplatte (2) um 10 bis 60° gegenüber der Horizontalen angeordnet ist.

16. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass an der unteren Elektrode (EA) eine Gaszufuhrleitung angeordnet ist.

17. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Gaszufuhrleitung an der Trägerplatte (2) der unteren Elektrode (EA) an der Stelle befestigt ist, wo das Filterbett die größte Höhe hat.

18. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der mit dem Ablauf der Elektroflokkulationszelle verbundene Flockulat-Filter (SF) mit körniger Filtermasse ein rückspülbarer Filter ist.

19. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die körnige Filtermasse des Flockulat-Filters (SF) aus Zeolith, vorzugsweise Clinoptilolith besteht, das vorzugsweise eine Reinheit von mindestens 94 Gew% Clinoptilolith hat.

20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet dass der von Belebtschlamm durchströmten Membranfiltertank das Belebtschlammbecken (BT) ist.

21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet dass die Filtermembran (MT) ein Teil der Wandung des Membranfiltertanks (TM) ist.

22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, gekennzeichnet durch eine Rückführungsleitung (SR) von Filtratwasser von einem in dem Belebtschlammbecken (BT) vorgesehenen Filter (BB) zu dem Membranfiltertank (TM) zur Verdünnung der Belebtschlamm suspension.

23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, gekennzeichnet durch eine Abwasserleitung (SW) von dem Flockulat-Filter (SF) zu einem separaten Sedimentationstank, in dem sich der Niederschlag aus Metallhydroxid plus zusammengeballten Mikroteilchen sowie der Abrieb aus der zurück gespülten körnigen Filtermasse absetzt, und durch eine Überlaufleitung, durch die das klare Überlaufwasser aus diesem Sedimentationstank wieder in das Beleb-

Anhängende Zeichnungen

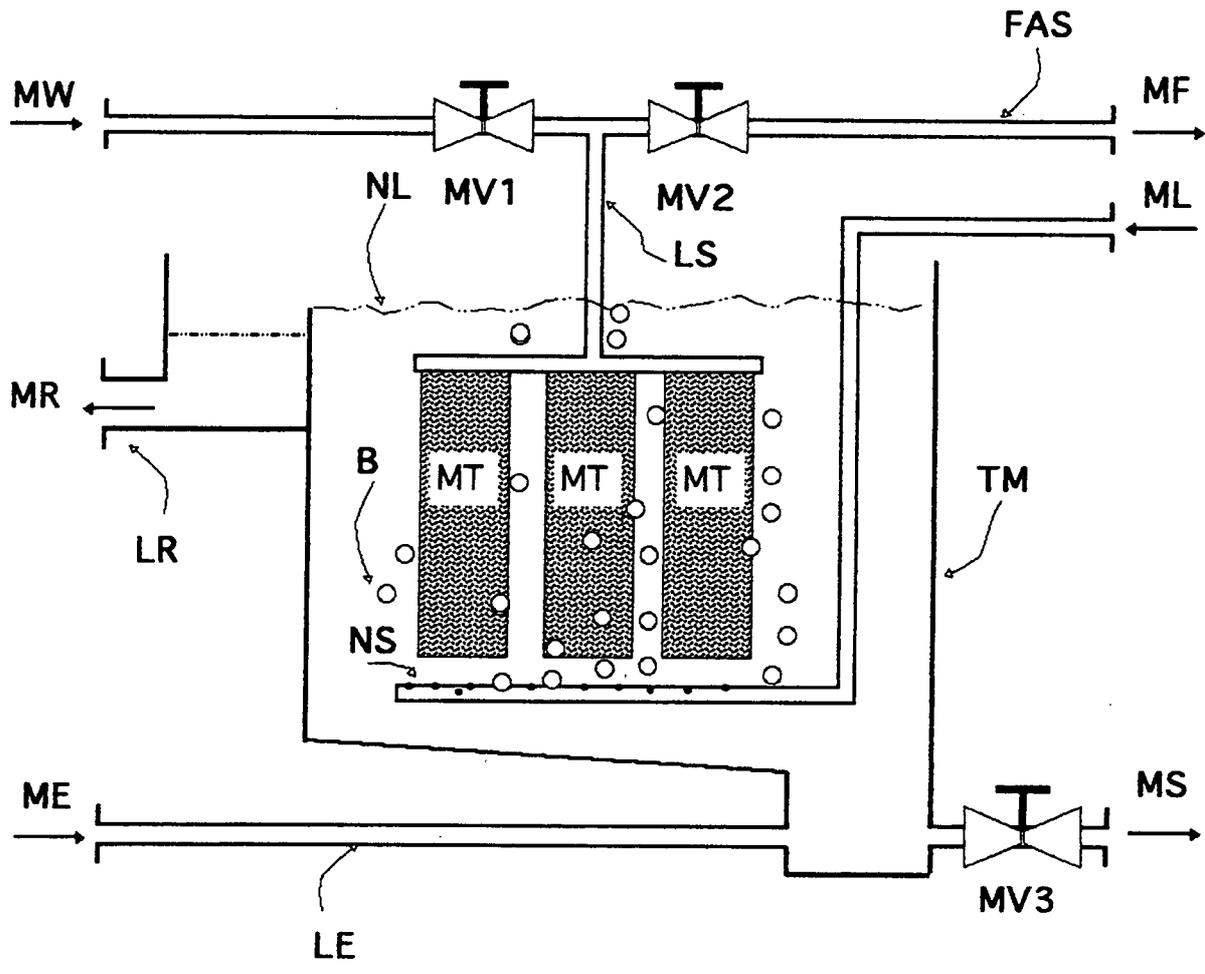


Fig: 1

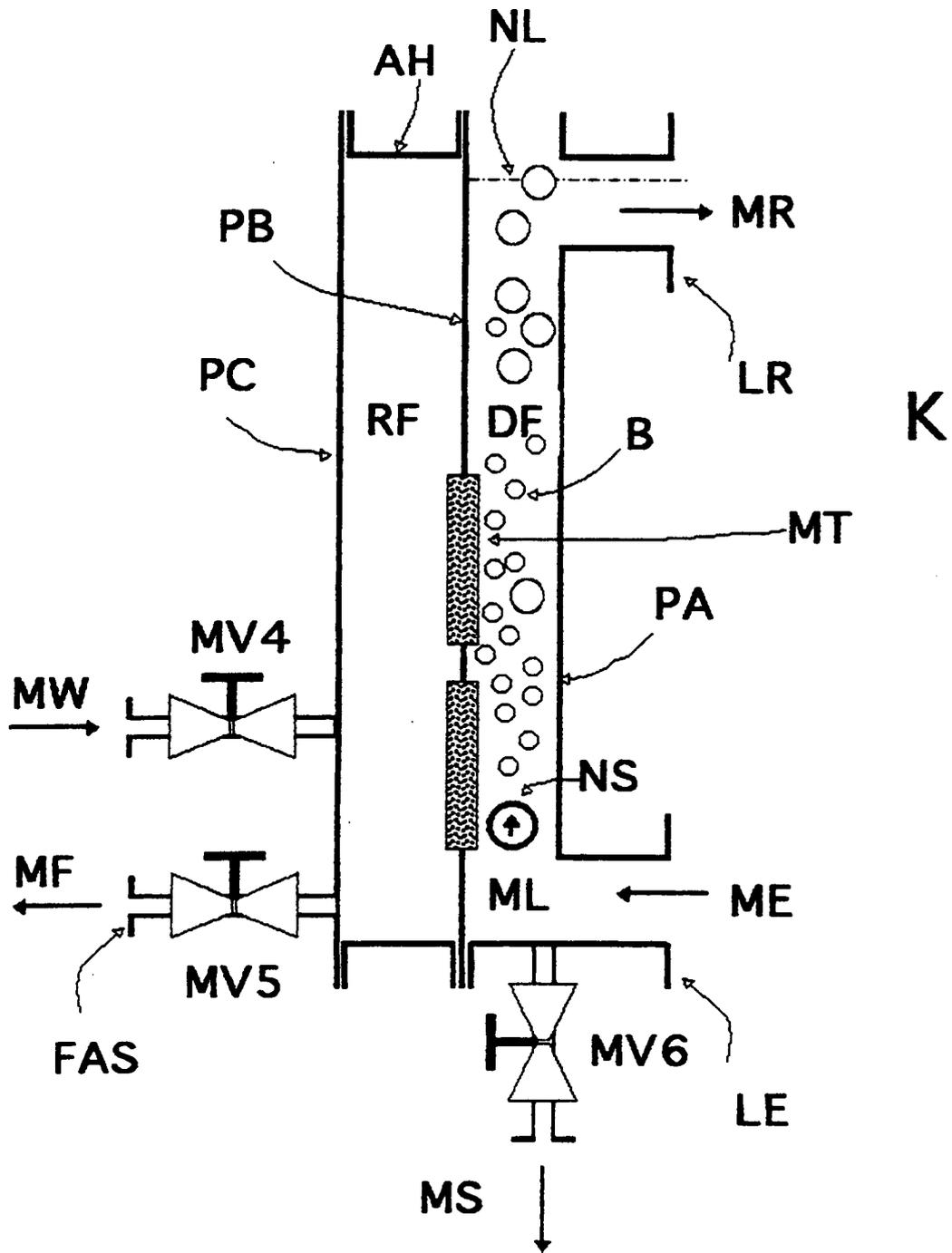


Fig: 2

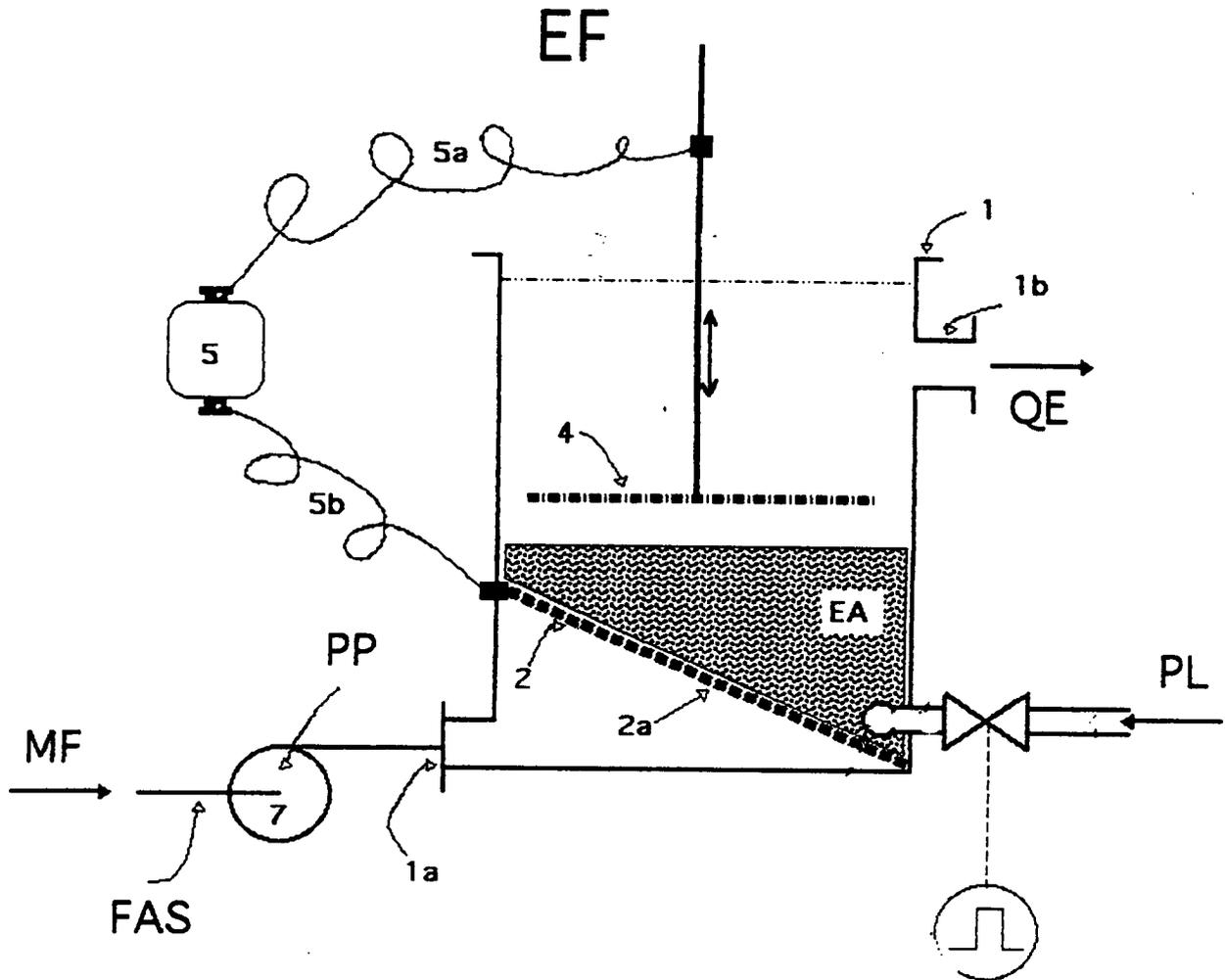


Fig: 3

