

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) **CH**

715 046 A2

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(51) Int. Cl.: **C02F 1/28** (2006.01)
C02F 1/52 (2006.01)
B01D 15/02 (2006.01)
B01J 20/20 (2006.01)
C02F 101/30 (2006.01)
C02F 103/06 (2006.01)

(12) **PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer: 01067/18

(22) Anmeldedatum: 07.09.2018

(43) Anmeldung veröffentlicht: 29.11.2019

(30) Priorität: 21.05.2018 CH 00623/18

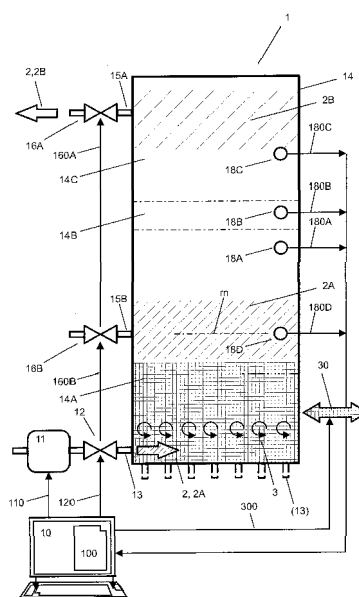
(71) Anmelder:
David Meyer, Fuchsloch 4a
6317 Oberwil b. Zug (CH)

(72) Erfinder:
David Meyer, 6317 Oberwil b. Zug (CH)

(74) Vertreter:
Peter Rutz c/o RUTZ & PARTNER, Alpenstrasse 14
Postfach 7627
6302 Zug (CH)

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Elimination von Mikroverunreinigungen.**

(57) Das Verfahren und die Vorrichtung dienen der Elimination von Mikroverunreinigungen in einer Flüssigkeit (2), wie Abwasser oder Trinkwasser, durch Adsorption an einem Adsorptionsmittel (3), vorzugsweise granulierten Aktivkohle (GAK), in einem Reaktor (14), der eine mit wenigstens einer Eintrittsöffnung (13) versehene Kontaktzone (14A), in dem das Adsorptionsmittel (3) vorgesehen ist, und oberhalb der Kontaktzone (14A) eine Überstandszone (14C) mit wenigstens einer Austrittsöffnung (15A, 15B) aufweist, aus der die von den Mikroverunreinigungen befreite Flüssigkeit (2) austritt. Erfindungsgemäss wird die Flüssigkeit (2), die den Reaktor (14) von der Kontaktzone (14A) bis zur Überstandszone (14C) durchströmt, in wenigstens zwei Prozessphasen (ph1, ph2) durch den Reaktor (14) gefördert, wobei in einer Beschickungsphase (ph1) für eine erste Zeitspanne (d_{ph1}) Flüssigkeit (2) durch die Eintrittsöffnung (13) in den Reaktor (14) eingeführt und in einer Ruhephase (ph2) für eine zweite Zeitspanne (d_{ph2}) der Transfer der Flüssigkeit (2) durch die Eintrittsöffnung (13) reduziert, angehalten und/oder in der Richtung geändert wird.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Elimination von Mikroverunreinigungen in wässrigen Flüssigkeiten, wie Abwasser oder Trinkwasser.

[0002] Täglich gelangen Rückstände organischer Chemikalien – wie Medikamente, Reinigungsmittel, Rostschutzmittel, Pestizide oder dergleichen – nach deren Verwendung als Mikroverunreinigungen in die Gewässer. Hier können sie sich nachteilig auf Wasserlebewesen auswirken und die Trinkwasserressourcen belasten. Beim Eintrag solcher Spurenstoffe spielen auch diffuse Quellen, wie Quellen der Landwirtschaft eine Rolle, doch stammen Medikamente und weitere Chemikalien zu einem Grossteil aus dem Abwasser der kommunalen Kläranlagen. Konventionelle Abwasserreinigungsanlagen (ARA) können derartige Rückstände kaum eliminieren, weshalb eine Nachrüstung dieser Anlagen im Gange ist (siehe [1], «Mikroverunreinigungen aus kommunalen Abwasser, Verfahren zur weitgehenden Elimination auf Kläranlagen», Herausgeberin Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern 2012).

[0003] Bekannte Verfahren zur Elimination von Mikroverunreinigungen in wässrigen Flüssigkeiten implementieren z.B. die Ozonung (siehe [1], Kapitel 8), die Adsorption an Pulver-Aktivkohle (PAK) (siehe [1], Kapitel 9) sowie die Adsorption an granulierter Aktivkohle (GAK) (siehe [1], Kapitel 10). Bei der wässrigen Flüssigkeit handelt es sich üblicherweise um Wasser, das zu Trinkwasser aufbereitet werden soll oder um Abwasser das gereinigt werden soll.

[0004] Der Einsatz von granulierter Aktivkohle (GAK) als Adsorptionsmittel unterscheidet sich vom Einsatz von Pulver-Aktivkohle (PAK) als Adsorptionsmittel im Wesentlichen in zwei Punkten.

[0005] Einerseits wird die GAK-Adsorption in Festbettadsorbern durchgeführt, d.h. das Abwasser durchströmt eine mit Aktivkohle gefüllte Filterzone, die Aktivkohle selbst wird nicht transportiert und soll in der Filterzone verbleiben. Dadurch ist keine weitere Abtrennung erforderlich und die Aktivkohle kann nach Erschöpfung der Adsorptionskapazität ausgetauscht und regeneriert werden.

[0006] Andererseits werden GAK-Korngrössen im Bereich von einigen mm, z.B. in einem Bereich von 100 µm–2000 µm verwendet, während die PAK-Körner einen Durchmesser im Bereich von einigen µm, z.B. 3 µm–100 µm aufweisen. Die spezifische Oberfläche von GAK ist daher wesentlich geringer als bei PAK.

[0007] Die Filtration mit granulierter Aktivkohle (GAK) ist ferner in [2], DE 2 410 007 A1; [3], WO 2006 013 235 A1; [4], WO 2014 184 371 A1, und [5], AQUA & GAS, Nr. 7, 2017, beschrieben. Gemäss dem in [5] offenbarten Verfahren durchströmt das Abwasser in einer Behandlungsstufe von unten nach oben ein Kohlebett mit granulierter Aktivkohle. Um die Aktivkohleschicht mit einer Partikelgrösse im Bereich 200 µm–900 µm in Schwebe zu halten, wird die Strömungsgeschwindigkeit in Abhängigkeit des Kohleprodukts in einem Bereich von 7 m/h–15 m/h gewählt. Die Strömungsgeschwindigkeit wird bei geringem Abwasseranfall durch eine interne Rezirkulation aufrechterhalten. Die durchschnittliche Aufenthaltszeit der Aktivkohle im System liegt bei 80 bis 100 Tagen. Frischkohle wird nicht wie bei PAK-Systemen üblich kontinuierlich, sondern periodisch zugegeben (täglich oder mehrmals wöchentlich) und die beladene GAK wird aus dem System abgezogen und für die Regeneration aufbewahrt. Bei der Zugabe von Frischkohle werden Feinanteile vorgängig abgetrennt, damit diese nicht über den Ablauf in den Vorfluter gelangen. Bei erhöhten Feststofffrachten im Zulauf zum GAK-System verursachen diese eine stärkere Expansion des Aktivkohlebetts, was unerwünscht ist und worauf das System rückgespült werden muss. Ferner erfolgt eine kontinuierliche Überwachung der Höhe oder Expansion des Kohlebetts.

[0008] Im Vergleich weisen das PAK-Verfahren und das GAK-Verfahren individuell Vorteile und Nachteile auf. Das GAK-Verfahren weist aufgrund der geringeren spezifischen Oberfläche von GAK eine reduzierte Effizienz, d.h. eine geringere Adsorption von Mikroverunreinigungen pro Zeiteinheit auf. Ferner ist beim GAK-Verfahren die Strömungsgeschwindigkeit der zu reinigenden Flüssigkeit beschränkt, um den Abfluss des Granulats zu verhindern.

[0009] Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes Verfahren und eine verbesserte Vorrichtung zur Elimination von Mikroverunreinigungen mittels eines Adsorptionsmittels in wässrigen Flüssigkeiten zu schaffen.

[0010] Insbesondere soll das Verfahren bei Verwendung eines Adsorptionsmittels zu einer schnelleren Elimination von Mikroverunreinigungen führen. Das Verfahren soll eine höhere Effizienz pro Volumen aufweisen und den Ertrag an gereinigter Flüssigkeit, insbesondere Klarwasser, steigern.

[0011] Die zur Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens geschaffene erfindungsgemässe Vorrichtung soll möglichst keinen oder nur einen geringen konstruktiven Mehraufwand erfordern. Vorzugsweise soll der Konstruktionsaufwand nach Möglichkeit reduziert werden.

[0012] Die Lösung dieser Aufgabe gelingt mit einem Verfahren gemäss Anspruch 1 und einer Vorrichtung gemäss Anspruch 10. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0013] Das Verfahren und die Vorrichtung dienen der Elimination von Mikroverunreinigungen – wie Medikamente, Reinigungsmittel, Rostschutzmittel, Pestizide oder dergleichen, typischerweise in Spurenkonzentration – in einer Flüssigkeit, wie Abwasser oder Trinkwasser, durch Adsorption an einem Adsorptionsmittel als Pulver oder Granulat, vorzugsweise granulierter Aktivkohle (GAK), in einem Reaktor, der eine mit wenigstens einer Eintrittsöffnung versehene Kontaktzone,

in der das Adsorptionsmittel vorgesehen ist, und oberhalb der Kontaktzone eine Überstandszone mit wenigstens einer Austrittsöffnung aufweist, aus der die von den Mikroverunreinigungen befreite Flüssigkeit bzw. das Klarwasser austritt.

[0014] Erfindungsgemäss wird die Flüssigkeit, die den Reaktor von der Kontaktzone bis zur Überstandszone durchströmt, in wenigstens zwei Prozessphasen durch den Reaktor gefördert, wobei in einer Beschickungsphase für eine erste Zeitspanne Flüssigkeit durch die Eintrittsöffnung in den Reaktor eingeführt und in einer Ruhephase für eine zweite Zeitspanne der Transfer der Flüssigkeit durch die Eintrittsöffnung reduziert, angehalten und/oder in der Richtung geändert bzw. invertiert wird.

[0015] Im Reaktor wird ein Bett mit Adsorptionsmaterial, vorzugsweise granulierter Aktivkohle (GAK), in Intervallen im Aufwärtsstrom mit zu behandelnder wässriger Flüssigkeit beschickt, wobei zwischen Beschickungsphasen jeweils eine Ruhephase vorgesehen ist. Die Ruhephase wird zur Absenkung, gegebenenfalls Sedimentation des Adsorptionsmaterials im Reaktor genutzt, sodass der Überstand als gereinigtes Klarwasser entsteht, das weitgehend von Mikroverunreinigungen und auch von Adsorptionsmittel befreit ist und abgeführt werden kann.

[0016] Während der Beschickungsphase wird im Reaktor die zu reinigende wässrige Flüssigkeit von unten im Reaktorfuss derart zugegeben, dass ein Aufwärtsstrom erzeugt wird und dies vorzugsweise mit einer Steiggeschwindigkeit, bei der das Adsorptionsmaterial im Reaktor aufgewirbelt wird. Bei diesem Vorgang wird die Überstandszone mit Flüssigkeit aus der unter ihr liegenden Kontaktzone, sowie auf Grund der hohen Steiggeschwindigkeit, mit aufgewirbeltem Adsorptionsmittel gefüllt, weshalb verhindert werden muss, dass dieses zur geöffneten Austrittsöffnung gelangt. Die Dauer der Beschickungsphase bis zu ihrem Stopp ist daher derart gewählt, dass das Adsorptionsmittel nicht oben aus dem Reaktor ausgeschwemmt wird.

[0017] Während der Ruhephase wird die Zugabe der wässrigen Flüssigkeit vollständig angehalten und/oder reduziert und/oder invertiert, um die Aufwärtsströmung der Flüssigkeit zu stoppen und die Bewegungsrichtung des Adsorptionsmittels zu invertieren. Anhalten, Reduzieren oder Invertieren des Flüssigkeitsstromes können innerhalb der Ruhephase wahlweise für wählbare oder festgelegte Zeitspannen individuell oder in Kombination durchgeführt werden. Die Änderungen können schrittweise oder linear erfolgen. Z.B. wird zuerst impulsweise ein Rückfluss vorgesehen, wonach der Flüssigkeitsstrom angehalten oder auf einem tiefen Wert in eine der beiden Flussrichtungen gehalten wird. Änderungen des Volumenstroms in der Beschickungsphase und/oder der Ruhephase können auch entlang einer Kurve oder Rampe ansteigend oder absteigend erfolgen. Während der Ruhephase ist die Konzentration des Adsorptionsmittels in der Flüssigkeit in der Kontaktzone sehr hoch und erreicht dadurch innerhalb kurzer Zeit eine hohe Adsorptionsleistung von Mikroverunreinigungen, während sich in der gereinigten Flüssigkeit in der Überstandszone zuerst absinkendes und schlussendlich kein Adsorptionsmittel mehr befindet. Die Dauer der Ruhephase dauert vorzugsweise so lange an, bis das Adsorptionsmittel ganz, teilweise oder fast vollständig im Reaktor sedimentiert ist. Sobald die Sedimentation ausreichend stattgefunden hat, startet der Zyklus von vorne.

[0018] Der Abfluss der gereinigten Flüssigkeit bzw. des Klarwassers erfolgt in der Beschickungsphase und/oder in der Ruhephase. In der Beschickungsphase erfolgt der Abfluss vorzugsweise kontinuierlich, primär in Abhängigkeit der zugeführten zu reinigenden Flüssigkeit oder in Abhängigkeit weiterer Parameter und/oder in Abhängigkeit ermittelter Messwerte. Falls mittels Sensoren z.B. gemessen wird, dass die Überstandszone noch frei von Adsorptionsmittel ist, so kann der Abfluss mit einem höheren Volumenstrom erfolgen. In der Ruhephase kann gereinigte Flüssigkeit (Klarwasser) kontinuierlich oder wahlweise aus dem Reaktor abgeführt werden.

[0019] Die gereinigte Flüssigkeit bzw. das Klarwasser kann durch Druckzufuhr oder Gravitation aus dem Reaktor abgeleitet oder hinaus gepresst werden. Die Ableitung des Klarwassers aus dem Reaktor kann an der Oberseite des Reaktors oder auch tiefer, oberhalb des gegebenenfalls vollständig sedimentierten Adsorptionsmittels erfolgen. Im ersten Fall ist eine Druckzufuhr erforderlich. Im zweiten Fall erfolgt die Ableitung durch einwirkende Gravitationskräfte. Das Klarwasser wird während oder gegen Ende der Ruhephase nicht oben in der Überstandszone aus dem Reaktor gedrückt, sondern durch eine Austrittsöffnung, die wenig über dem oberen Rand der Kontaktzone liegt, im Freispiegel aus dem Reaktor abgelassen. Hierzu muss genügend Zeit zur ausreichenden oder vollständigen Sedimentation des Adsorptionsmittels eingehalten werden, bevor das Ablassen gestartet werden kann. Der Vorteil hierbei ist der verringerte Energiebedarf, weil die Flüssigkeit nicht an der oberen Austrittsöffnung am Reaktorkopf hinaus gepresst werden muss, sondern durch Einwirkung von Schwerkraft aus dem Reaktor abläuft. Hingegen ist typischerweise eine verlängerte Ruhephase erforderlich damit eine ausreichende Sedimentation des Adsorptionsmittels eintritt.

[0020] Das erfindungsgemässe Verfahren und die Vorrichtung weisen wesentliche Vorteile auf. Mit dem erfindungsgemässen Verfahren wird eine höhere Konzentration von Adsorptionsmaterial in der Kontaktzone und somit eine intensivere Wechselwirkung zwischen der zu reinigenden Flüssigkeit und dem Adsorptionsmittel erreicht, ohne dass das Adsorptionsmaterial verklumpt oder verstopft. Die höhere Konzentration des Adsorptionsmittels erlaubt, das für die Behandlung der Flüssigkeit notwendige Volumen zu reduzieren. Dadurch kann eine Volumenreduktion der Reaktoren und eine kürzere Reinigungsdauer für eine vorgegebene gewünschte Eliminationsrate von Mikroverunreinigungen in der Flüssigkeit realisiert werden. Weiterhin kann ein grösserer Durchfluss bzw. eine höhere Ausbeute an gereinigter Flüssigkeit erzielt werden.

[0021] Kleinere Reaktorvolumen erlauben es, die Anlage derart zu gestalten, dass das Wasser weniger hoch hinaufgedrückt werden muss, was eine deutliche Energieeinsparung bringt. Wenn für die Höhenüberwindung Pumpen eingesetzt werden, erfahren diese dank der geringeren Pumphöhe weniger Abnutzung und sind somit kostengünstiger im Unterhalt.

[0022] In einer vorzugsweisen Ausgestaltung der Erfindung wird zwischen der Beschickungsphase und der Ruhephase eine Zwischenphase vorgesehen, der Volumenstrom der Flüssigkeit speziell gesteuert wird und die Flüssigkeit z.B. durch die Eintrittsöffnung vorzugsweise in einem oder mehreren Impulsen nach aussen zurück geführt wird. Auf diese Weise wird die Bewegung des Adsorptionsmittels ruckartig gestoppt und eine Sedimentation innerhalb kürzerer Zeit erzielt.

[0023] Die zu reinigende Flüssigkeit kann mittels eines Vordrucks und gegebenenfalls über ein Einlassventil oder mittels einer Förderpumpe und gegebenenfalls über ein Einlassventil zur wenigstens einen Eintrittsöffnung gefördert werden. Beispielsweise wird die Flüssigkeit von einem höher gelegenen Speicherbecken zur Eintrittsöffnung bzw. zum Einlassventil geführt. Durch Steuerung des Einlassventils kann der Durchfluss wahlweise eingestellt, erhöht, reduziert oder gestoppt werden. Die Verwendung einer entsprechend ausgebildeten Förderpumpe erlaubt es, die Flüssigkeit mit einem höheren Druck in die Eintrittsöffnung einzuführen und den Durchfluss präziser zu steuern. Zudem erlaubt die Förderpumpe, die Flussrichtung wahlweise zu ändern. Dabei ist es möglich, die Flüssigkeit in Impulsen in den Reaktor einzuführen oder den Durchfluss durch wenigstens einen Gegenimpuls, d.h. einen kurzzeitigen intensiven Rückfluss zu beaufschlagen, um die Bewegung des Adsorptionsmittels zu beeinflussen. Das Einlassventil ist vorzugsweise derart steuerbar, dass der Durchfluss wahlweise geändert oder die Eintrittsöffnung verschlossen werden kann, wenn die Förderpumpe ausser Betrieb ist.

[0024] In weiteren vorzugsweisen Ausgestaltungen wird die Expansion des Adsorptionsmittels zur Überstandszone hin mittels wenigstens eines Sensors überwacht, dessen Messsignale in einer Steuereinheit ausgewertet werden, die entsprechend der Auswertung die Förderpumpe und/oder das Einlassventil und/oder ein mit der Austrittsöffnung verbundenes Auslassventil vorzugsweise insbesondere derart steuert, dass ein Austreten des Adsorptionsmittels durch die aktive Austrittsöffnung verhindert wird.

[0025] In vorzugsweisen Ausgestaltungen ist vorgesehen

- a) dass die Beschickungsphase und die Ruhephase und gegebenenfalls daran anschliessende weitere Prozessphasen zyklisch ablaufen; und/oder
- b) dass die Beschickungsphase und die Ruhephase und gegebenenfalls daran anschliessende weitere Prozessphasen zyklisch ablaufen und die Strömungsgeschwindigkeit vorzugsweise in jeder Prozessphase individuell gesteuert wird; und/oder
- c) dass die Beschickungsphase und die Ruhephase und gegebenenfalls daran anschliessende weitere Prozessphasen zyklisch ablaufen und dass die Zeitspannen der Beschickungsphase und der Ruhephase und gegebenenfalls daran anschliessender weitere Prozessphasen individuell gesteuert werden.

[0026] In Zyklen, die wenigstens eine Beschickungsphase und eine Ruhephase umfassen, können zudem wahlweise einzelne Zwischenphasen eingefügt werden, in denen der Volumenstrom geändert wird. Zwischenphasen können auch bedarfsweise eingefügt werden, wenn z.B. mittels der Sensoren unzulässige Zustände festgestellt werden.

[0027] Ferner können Zwischenphasen eingefügt werden, in denen z.B. auf das Adsorptionsmittel eingewirkt wird. Z.B. wird nach hundert Zyklen eine Zwischenphase eingefügt, in der z.B. verbrauchtes Adsorptionsmittel weggeführt und neues Adsorptionsmittel zugeführt wird. Auch diese Vorgänge können automatisch gesteuert werden.

[0028] In einer weiteren vorzugsweisen Ausgestaltung wird die Zeitspanne der Ruhephase und/oder der Transfer der Flüssigkeit durch die Eintrittsöffnung während der Ruhephase derart gewählt, dass das Adsorptionsmittel nach Abschluss der Ruhephase im Wesentlichen unterhalb eines Ruheniveaus liegt, das vorzugsweise mittels eines Ruhesensors überwacht wird. Sobald das Adsorptionsmittel genügend sedimentiert ist, kann gereinigte Flüssigkeit aus einer unteren Austrittsöffnung ausgelassen werden. Ferner kann das Adsorptionsmittel bzw. dessen Expansion überwacht werden, sodass eine Optimierung des Verfahrens bzw. eine optimierte Steuerung der Beschickungsphasen und der Ruhephasen, gegebenenfalls der Zwischenphasen, möglich ist. Z.B. kann nach erfolgter Sedimentation die nächste Beschickungsphase früher gestartet werden. Auf diese Weise lässt sich der Durchsatz um bis zu 10% oder mehr erhöhen.

[0029] In einer weiteren vorzugsweisen Ausgestaltung ist die wenigstens eine Austrittsöffnung oder wenigstens eine von mehreren Austrittsöffnungen auf einem Höheniveau angeordnet, das

- a) während der Beschickungsphase vom expandierten Adsorptionsmittel oder
 - b) nach der Ruhephase vom ruhenden Adsorptionsmittel
- nicht erreicht wird.

[0030] Die gereinigte Flüssigkeit kann daher in beiden Fällen durch die Ausgangsöffnung abfliessen, die auf einem Höheniveau, gegebenenfalls dem genannten Ruheniveau liegt, das vom Adsorptionsmittel nicht erreicht wird.

[0031] In einer weiteren vorzugsweisen Ausgestaltung wird die Flüssigkeit durch die wenigstens eine Eintrittsöffnung oder durch mehrere verteilte Eintrittsöffnungen mit einer einheitlichen oder individuellen, konstanten oder variablen Strömungsgeschwindigkeit derart in den Reaktor eingeführt, dass eine Verwirbelung des Adsorptionsmittels resultiert. Die Eintrittsöffnungen sind vorzugsweise radial gleichmässig verteilt auf der Seite des Reaktors und/oder vorzugsweise gleichmässig verteilt auf der Unterseite des Reaktors vorgesehen. Durch eine Verteilung der Eintrittsöffnungen gelingt eine Verwirbelung des Adsorptionsmittels über den gesamten Querschnitt des Reaktors und somit eine optimierte Kopplung bzw. ein intensivierte Aufeinandertreffen der eintretenden Flüssigkeit und dem Adsorptionsmittel. Aufgrund der Verteilung der Eintrittsöffnungen kann zudem deren Durchmesser reduziert werden, sodass verhindert wird, dass ein zentraler Wasserstrom praktisch ohne Kontaktierung des Adsorptionsmittels in die Überstandszone gelangen kann. Zugleich wird verhindert, dass Adsorptionsmittel mit einem grossen zentralen Wasserstrom schnell nach oben getrieben wird. Stattdessen verharrt das Adsorptionsmittel länger an der Unterseite des Reaktors bzw. der Kontaktzone und verwirbelt, ohne schnell nach oben getrieben zu werden. Auf diese Weise kann die Zeitspanne der Beschickungsphase vorteilhaft verlängert werden.

[0032] In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung ist im Reaktor, vorzugsweise in der Überstandszone oder in einer zwischen der Kontaktzone und der Überstandszone liegenden Zwischenzone ein verschiebbares und/oder deformierbares Filter angeordnet, welches in der Beschickungsphase mit dem Adsorptionsmittel aus einer Ausgangsposition in Richtung einer Endposition nach oben verschoben oder deformiert und während der Ruhephase mittels eines Antriebs oder durch Gravitation in die Ausgangsposition zurückgeführt wird. Das Filter, welches das Adsorptionsmittel auffängt, kann z.B. mittels eines ausfahrbaren Kolbens zurückgeführt werden. Alternativ ist das spezifische Gewicht des Filters derart bemessen, dass es bei Einleitung der Flüssigkeit mit nach oben verschoben oder deformiert wird. In der Ruhephase, in Abwesenheit einer Strömung oder bei reduzierter Strömung, wird das Filter durch dessen Eigengewicht hingegen zusammen mit dem Adsorptionsmittel rasch wieder in die Ausgangsposition zurückgeführt. Auf diese Weise gelingt es vorteilhaft, die Zeitspanne der Ruhephasen zu verkürzen. Stationäre Filter werden in der Regel vermieden.

[0033] Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Zeichnungen näher erläutert. Dabei zeigt:

- Fig. 1a eine erfindungsgemässe Vorrichtung 1 zur Elimination von Mikroverunreinigungen in einer Flüssigkeit 2 in einem Reaktor 14, in dem eine zu reinigende Flüssigkeit 2 in wenigstens zwei Prozessphasen ph1, ph2 durch eine mit Adsorptionsmittel 3 versehene Kontaktzone 14A und durch eine Überstandszone 14C zu einer Austrittsöffnung 15A, 15B geführt wird;
- Fig. 1b die Vorrichtung 1 von Fig. 1a in einer ersten Prozessphase bzw. der Beschickungsphase ph1, während welcher die zu reinigende Flüssigkeit 2A durch das Adsorptionsmittel 3 geführt wird, welches in der Folge in Richtung zur Überstandszone 14C expandiert;
- Fig. 1c die Vorrichtung 1 von Fig. 1a in einer zweiten Prozessphase bzw. der Ruhephase ph2, in der das Adsorptionsmittel 3 durch Gravitationskraft in Richtung zur Ausgangsposition zurück wandert;
- Fig. 2a die Vorrichtung 1 von Fig. 1a in einer vorzugsweisen Ausgestaltung mit einem verschiebbaren oder deformierbaren Filter 6, welches in der Beschickungsphase ph1 in Richtung zur Überstandszone 14C verschoben oder deformiert wird;
- Fig. 2b die Vorrichtung 1 von Fig. 2a in der Ruhephase ph2, in der das Filter 6 durch einen Antrieb 62 oder durch Schwerkraft in Richtung zur Kontaktzone 14A zurück verschoben oder deformiert wird, wobei das Adsorptionsmittel 3 in Richtung zur Ausgangsposition zurück gedrängt wird;
- Fig. 3a die Darstellung eines ersten Prozessverlaufs in den Vorrichtungen 1 von Fig. 1a und Fig. 2a mit zwei sich zyklisch wiederholenden Prozessphasen ph1, ph2 konstanter Länge und darin beschickten Volumenströmen Q1, Q21, -Q22;
- Fig. 3b die Darstellung eines zweiten Prozessverlaufs in den Vorrichtungen 1 von Fig. 1a und Fig. 2a mit zwei sich zyklisch wiederholenden Prozessphasen ph1, ph2 und darin beschickten Volumenströmen, die bedarfsweise geändert werden; und
- Fig. 3c die Darstellung eines dritten Prozessverlaufs in den Vorrichtungen 1 von Fig. 1a und Fig. 2a mit drei sich vorzugsweise zyklisch wiederholenden Prozessphasen ph1, ph2, deren Länge bedarfsweise gesteuert wird, und darin beschickten Volumenströmen, die ebenfalls bedarfsweise geändert werden.

[0034] Fig. 1a zeigt in prinzipieller Darstellung eine erfindungsgemässe Vorrichtung 1 zur Elimination von Mikroverunreinigungen in einer Flüssigkeit 2, wie Abwasser oder aufzubereitendes Trinkwasser, mit einem Reaktor 14, in dem eine zu reinigende Flüssigkeit 2 in wenigstens zwei Prozessphasen ph1, ph2 durch eine mit Adsorptionsmittel 3 versehene Kontaktzone 14A und durch eine Überstandszone 14C zu einer Austrittsöffnung 15A, 15B geführt wird.

[0035] Das Adsorptionsmittel ist vorzugsweise granuliert Aktivkohle (GAK) Das erfindungsgemässe Verfahren ist jedoch nicht auf granuliert Aktivkohle beschränkt, sondern kann mit allen Adsorbentien durchgeführt werden, die ähnliche relevante physikalische Eigenschaften aufweisen.

[0036] Der Reaktor 14 weist seitlich wenigstens eine Eintrittsöffnung 13 auf, durch die zu reinigende Flüssigkeit 2 an der Unterseite des Reaktors 14 bzw. am Reaktorfuß eintreten kann. Vorzugsweise sind mehrere Eintrittsöffnungen 13 seitlich radial verteilt und/oder an der Unterseite des Reaktors 14 vorgesehen, sodass die Flüssigkeit 2 bzw. 2A an verschiedenen Stellen in die Kontaktzone 14A eindringen und das Adsorptionsmittel 3 praktisch über den gesamten Querschnitt kontaktieren, aufwirbeln und durchdringen kann. Es ist illustriert, dass mit dem Eindringen in die Absorptionsschicht 3 über den gesamten Querschnitt eine Verwirbelung des Adsorptionsmittels erfolgt.

[0037] Die wenigstens eine Eintrittsöffnung 13 ist über ein Einlassventil 12 mit einer Förderpumpe 11 verbunden, mittels der die Flüssigkeit 2 vorzugsweise wahlweise in beide Richtungen vor und zurück, gegebenenfalls jedoch nur in den Reaktor hinein gefördert werden kann. Das Einlassventil 12 und die Förderpumpe 11 sind über Steuerleitungen 110, 120 mit einer Steuereinheit 10 verbunden, in der ein Betriebs- und Steuerprogramm 100 implementiert ist.

[0038] Alternativ können auch andere Mittel zum Öffnen und Schliessen der Eintrittsöffnung 13 vorgesehen werden. Z.B. kann auch ein manuell oder motorisch betätigbarer Schieber vorgesehen sein. Die Flüssigkeit 2 kann auch ohne eine Förderpumpe 11 unter Druck in den Reaktor eingeführt werden, z.B. aus einem höher gelegenen Becken. Es sind daher verschiedene Konfigurationen möglich.

[0039] Über dem ruhenden Adsorptionsmittel 3 in der Kontaktzone 14A befindet sich die Überstandszone 14C. Zwischen der Kontaktzone 14A und der Überstandszone 14C kann eine Zwischenzone 14B vorgesehen sein. Sofern vorgesehen, können für diese Zwischenzone 14B Regeln aufgestellt werden. Z.B. kann festgelegt werden, zu welchen Zeitpunkten der Prozessphasen das Adsorptionsmittel 3 dort auftreten darf. Alternativ kann der Zustand der Zwischenzone 14B, der mittels eines Sensors 18B überwacht wird, als Entscheidungskriterium für die Prozesssteuerung verwendet werden.

[0040] Im Bereich der Zwischenzone 14B und der Überstandszone 14 sind Austrittsöffnungen 15A, 15B und daran anschliessende Auslassventile 16A, 16B vorgesehen, die von der Steuereinheit 10 über Steuerleitungen 160A, 160B wahlweise betätigt werden können, um die gereinigte Flüssigkeit 2, 2B am oberen Ende des Reaktors 14 bzw. am Reaktorkopf oder oberhalb der Kontaktzone 14A, insbesondere oberhalb des Adsorptionsmittels (z.B. Aktivkohlebetts) 3, energieoptimiert aus dem Reaktor 14 abzuführen. Um festzustellen, ob auf dem Höhenniveau r_n der unteren Auslassöffnung 15B kein Adsorptionsmittel 3 mehr vorhanden ist, ist ein Sensor 18D vorgesehen.

[0041] Fig. 1a zeigt, dass zur Überwachung des Prozesses und der Prozessphasen vier Sensoren 18A, 18B, 18C und 18D vorgesehen sind, deren Messsignale über Sensorleitungen 180A, 180B, 180C und 180D zur Steuereinheit 10 übertragen und dort ausgewertet werden, um in der Folge die Förderpumpe 11 und/oder das oder die Einlassventile 12 und/oder die Auslassventile 16A, 16B entsprechend dem gemessenen Prozesszustand zu steuern.

[0042] Fig. 1a zeigt ferner symbolisch den Prozess und die Vorrichtung 30 für den Austausch des Adsorptionsmittels 3. Vorzugsweise wird von Mikroverunreinigungen gesättigtes Adsorptionsmittel 3 automatisch aus dem Reaktor 14 entfernt und neues Adsorptionsmittel 3 ebenfalls automatisch in den Reaktor 14 wieder eingeführt. Der Vorgang wird vorzugsweise von der Steuereinheit 10 über eine Steuerleitung 300 gesteuert.

[0043] Fig. 1b zeigt die Vorrichtung 1 von Fig. 1a in einer ersten Prozessphase bzw. in der Beschickungsphase ph_1 , während welcher die zu reinigende Flüssigkeit 2, 2A durch die Eintrittsöffnung 13 in den Reaktor 14 eingeführt und in der Kontaktzone 14A durch das Adsorptionsmittel 3 hindurch geführt wird, welches in Folge verwirbelt und in Richtung zur Überstandszone 14C expandiert. Die zu reinigende Flüssigkeit 2, 2A wird unter Druck, optional gefördert durch die Förderpumpe 11 und/oder optional durch das Einlassventil 12 hindurch geführt, der wenigstens eine Eintrittsöffnung 13 zugeführt.

[0044] Im Reaktor 14 gelangt die zu behandelnde wässrige Flüssigkeit 2 in Kontakt mit dem Adsorptionsmittel 3 (z.B. Aktivkohle). Das Adsorptionsmittel 3 hat die Eigenschaft, in der Flüssigkeit 2 enthaltene Mikroverunreinigungen zu adsorbieren und so die Flüssigkeit 2 zu reinigen.

[0045] Wie oben beschrieben wurde, werden die Strömungsgeschwindigkeit und das Volumen der über die wenigstens eine Eintrittsöffnung 13 zugeführten Flüssigkeit 2 derart gewählt, dass das Adsorptionsmittel 3 aufgewirbelt wird. Vorzugsweise wird der Durchfluss bzw. Volumenstrom Q (m^3/s) in der Beschickungsphase derart gewählt, dass die Steiggeschwindigkeit im Reaktor 14 zwischen 20–200 m/h beträgt. Entsprechend wird der Volumenstrom Q der zugeführten Flüssigkeit 2 dem Reaktorvolumen angepasst. Die mit einer relativ hohen Steiggeschwindigkeit bewegte Flüssigkeit 2 wirbelt das Adsorptionsmittel 3 auf und trägt das Adsorptionsmittel 3 zusammen mit der Flüssigkeit 2 in den oberen Teil des Reaktors 14 bzw. in die Überstandszone 14C. Die Beschickungsdauer, während der Flüssigkeit 2 in den Reaktor 14 eingeführt wird, ist derart gewählt, dass sie lediglich so lange andauert, bis das aufgewirbelte Adsorptionsmittel 3 den obersten Bereich der Überstandszone 14C erreicht. Es wird hingegen darauf geachtet, dass das Adsorptionsmittel 3 nicht durch die Austrittsöffnung 15A aus den Reaktor 14 austreten kann.

[0046] Die zulässige Expansion des Adsorptionsmittels 3 z.B. bis zur Zwischenzone 14B oder bis zur Mitte oder zum oberen Ende der Überstandszone 14C, kann individuell festgelegt und hinsichtlich des maximalen Durchsatzes an gereinigter Flüssigkeit 2, 2B optimiert werden. Fig. 1b zeigt die Expansionsphase.

[0047] Fig. 1c zeigt die Vorrichtung 1 von Fig. 1a in einer zweiten Prozessphase bzw. der Ruhephase ph2, in der das Adsorptionsmittel 3 durch Gravitationskraft in Richtung zur Ausgangsposition zurück wandert. In der Ruhephase ph2 wird der Volumenstrom Q der zugeführten Flüssigkeit 2 abgestellt, stark reduziert oder gegebenenfalls invertiert. Dadurch wird die Vorrichtung 1 wieder in den Anfangszustand überführt und für die nächste Beschickungsphase ph1 vorbereitet.

[0048] Optional wird der Volumenstrom Q während der Ruhephase ph2 nur so weit reduziert, dass im Reaktor 14 kaum eine Steiggeschwindigkeit und somit kaum Strömung herrschen. Durch einen verbleibenden minimalen Volumenstrom Q wird verhindert, dass Adsorptionsmaterial 3 aufgrund des Wasserdrucks in die Eintrittsöffnung 13 eintritt und die Zuleitung zum Reaktor 14 verstopft. Aus diesem Grund wird an der Eintrittsöffnung 13 vorzugsweise ein Filter vorgesehen, welches das Eintreten des Adsorptionsmittels 3 verhindert. Sofern der Volumenstrom Q nur kurzzeitig invertiert wird, so wird das Adsorptionsmittel 3 im Reaktor 14 gehalten. In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung wird die zu reinigende Flüssigkeit 2, 2A über einen Siphon 130 der Eintrittsöffnung 13 zugeführt (in Fig. 1b schematisch gezeigt). Aus der Eintrittsöffnung 13 entweichendes Adsorptionsmittel 3 gelangt daher erst in ein ansteigendes Rohr des Siphons und fällt wieder zurück.

[0049] Der Unterbruch bzw. die entsprechende Reduktion der Flüssigkeitszugabe beendet die Aufwärtsströmung im Reaktor 14. Die Ruhephase ph2 ist zeitlich so ausgelegt, dass ein wesentlicher Anteil oder praktisch das gesamte Adsorptionsmittel 3 in der nun ruhenden Flüssigkeit 2 wieder in die Kontaktzone 14C abzusinken vermag. Die minimale Zeitspanne der Ruhephase ph2 hängt von der Korngrösse des Adsorptionsmittels 3 und dessen spezifischem Gewicht ab. In der Kontaktzone 14A liegt das Adsorptionsmittel 3 auf engem Raum sedimentiert in der Flüssigkeit 2, sodass es weder schwebt noch schwimmt sondern als Schüttung auf sich selber liegt. Diese hohe Konzentration des Adsorptionsmittels 3 bewirkt, dass Mikroverunreinigungen rascher auf einen Adsorptionskörper (z.B. ein Aktivkohlestück) treffen, an dessen Oberfläche die Mikroverunreinigungen gebunden werden. Dadurch resultiert eine hohe Adsorptionsleistung mit schneller Elimination von hohen Mengen an Mikroverunreinigungen.

[0050] Nachdem das Adsorptionsmittel 3 abgesunken ist und nun ruhend in der Kontaktzone 14A liegt, befindet sich in der Überstandszone 14C nur noch gereinigte Flüssigkeit 2, 2B bzw. Klarwasser ohne Mikroverunreinigungen und ohne Adsorptionsmittel 3.

[0051] Je nach zu erreichender Eliminationsrate und Art der Mikroverunreinigung benötigt die zu reinigende Flüssigkeit 2, 2A längeren Kontakt mit dem Adsorptionsmittel 3, weshalb die Kontaktdauer bedarfsweise erhöht wird. Die Zeitspanne der Beschickungsphase ph1 liegt vorzugsweise in einem Bereich von wenigen Sekunden bis einigen Minuten, z.B. zwischen 1 Sekunde und 2 Minuten. Die Zeitspanne der Ruhephase ph2 liegt vorzugsweise in einem Bereich von wenigen Sekunden bis 10 Minuten, z.B. zwischen 1 Sek. und 10 Minuten. Wie erwähnt sind die Zeitspannen vorzugsweise variabel insbesondere entsprechend dem Zustand der Vorrichtung 1 und der zu behandelnden Menge der zugeführten Flüssigkeit 2 gegebenenfalls zusätzlich unter Berücksichtigung des Zustands des Adsorptionsmittels 3 gewählt.

[0052] Die gereinigte Flüssigkeit 2 kann in der Beschickungsphase ph1 und/oder in der Ruhephase ph2 auf verschiedene Arten aus dem Reaktor 14 abgeführt werden. Wie dies beschrieben wurde, kann die gereinigte Flüssigkeit 2, 2B während der Beschickungsphase ph1 aus der oberen Austrittsöffnung 15A aus gepresst werden, was in Fig. 1b mit einem Pfeil symbolisiert ist.

[0053] In der Ruhephase ph2, nachdem alles Adsorptionsmittel 3 sedimentiert ist, kann die gereinigte Flüssigkeit vorteilhaft knapp über der Oberfläche des ruhenden Adsorptionsmittels 3 aus der zweiten Austrittsöffnung 15B aus dem Reaktor abgelassen wird, wie dies in Fig. 1c mit einem Pfeil symbolisiert ist. Dies hat den Vorteil, dass weniger Energie benötigt wird, um die gereinigte Flüssigkeit 2 aus dem Reaktor 14 abfließen zu lassen, weil es im Freispiegel aus dem Reaktor 14 ausströmt. Entsprechend der Höhe der zweiten Austrittsöffnung 15B ist die Zeitspanne der Ruhephase ph2 zu bemessen, damit die erforderliche Sedimentation des Adsorptionsmittels 3 eintritt. Diese Betriebsart wird vorzugsweise dann gewählt, wenn der zu reinigende Wasseranfall ausreichend unter der maximalen Dimensionierungsmenge des Reaktors 14 liegt und ausreichend Zeit für die Ruhephase ph2 gegeben ist.

[0054] In weiteren vorzugsweisen Ausgestaltungen ist in der Überstandszone 14C, vorzugsweise am oberen Ende unterhalb der Austrittsöffnung 15A, eine Rückhaltevorrückung angebracht bzw. ein Filter vorgesehen, welches die Flüssigkeit 2 passieren lässt, das Adsorptionsmittel 3 jedoch zurückhält. Auf diese Weise kann die Zeitspanne der Beschickungsphase ph1 und der Volumenstrom Q der gereinigten Flüssigkeit 2, 2B erhöht werden.

[0055] Fig. 2a zeigt die Vorrichtung 1 von Fig. 1a in einer vorzugsweisen Ausgestaltung mit einem verschiebbaren oder deformierbaren Filter 6, welches in der Beschickungsphase ph1 in Richtung zur Überstandszone 14C verschoben oder deformiert wird. Auf diese Weise wird die Bewegung des Adsorptionsmittels 3 bereits in einem frühen Stadium gehemmt. Die Konzentration des Adsorptionsmittels 3 und somit die intensive Wechselwirkung zwischen der Flüssigkeit 2 und dem Adsorptionsmittel 3 bleiben für eine längere Zeitdauer erhalten, weshalb nicht nur die Zeitspanne der Beschickungsphase ph1 vorteilhaft verlängert werden kann, sondern gleichzeitig auch eine erhöhte Absorptionsleistung eintritt. Fig. 2a zeigt, dass die Verschiebung oder Deformation des Filters 6, welches beispielsweise von einem im Innenraum des Reaktors 14

installierten Ringflansch 61 gehalten ist, bereits über die Zwischenzone 14B hinaus in die Überstandszone 14C hinein erfolgt ist.

[0056] Fig. 2b zeigt die Vorrichtung 1 von Fig. 2a in der Ruhephase ph2, in der das Filter 6 durch einen Antrieb 62 oder durch Schwerkraft in Richtung zur Kontaktzone 14A zurück verschoben oder deformiert wird, wobei das Adsorptionsmittel 3 in Richtung zur Ausgangsposition zurück gedrängt wird. Dies ergibt in der Ruhephase ph2 den Vorteil, dass das Adsorptionsmittel 3 schneller in die Ausgangsposition zurückgeführt wird und die Zeitspanne für die Ruhephase ph2 verkürzt werden kann. Die Verwendung des Filters 6 ergibt daher Vorteile sowohl in der Beschickungsphase ph1 als auch in der Ruhephase ph2. Die entsprechenden Parameter, die Zeitspannen und Volumenströme, werden entsprechend optimiert.

[0057] Auf der Innenseite des Reaktors 14 können auch vertikal bzw. parallel zur Längsachse des Reaktors 14 ausgeordnete Führungsschienen vorgesehen sein, entlang denen ein Sieb oder Filter 6 verschiebbar ist.

[0058] Fig. 3a zeigt die Darstellung eines ersten Prozessverlaufs in den Vorrichtungen 1 von Fig. 1a und Fig. 2a mit zwei sich zyklisch wiederholenden Prozessphasen ph1, ph2 und darin auftretenden Volumenströmen Q1, Q21, -Q22. Zum Zeitpunkt t1 beginnt der erste Zyklus mit einer Beschickungsphase ph1, die zum Zeitpunkt t2 endet. Während der Beschickungsphase ph1 ist ein Volumenstrom Q1 für die Flüssigkeit 2 eingestellt, die zu Beginn der Ruhephase ph2 zum Zeitpunkt t2 auf den Wert Q21 oder alternativ auf Q20 zurückgesetzt wird. D.h., in der Ruhephase ph1 bleibt kein Volumenstrom Q20 oder lediglich ein minimaler Volumenstrom Q21 erhalten. Zum Zeitpunkt t3 beginnt der nächste Zyklus mit einer weiteren Beschickungsphase ph1. Die Zyklen wiederholen sich beliebig lange da immer neue zu reinigende Flüssigkeit 2 nachgeführt wird. Die Zeitspannen d_{ph1} der Beschickungsphase ph1 und die Zeitspannen d_{ph2} der Ruhephase ph2 sind konstant und sind entsprechend den oben beschriebenen Vorgaben gewählt. Die fett durchgezogene Linie zeigt bevorzugte Parameter. Der Volumenstrom Q20 ist auf dem Wert Null. Der Volumenstrom Q21 in den Ruhephasen ph2 ist auf einem konstanten Wert nahe Null. Durch Zufluss einer geringen Menge von Flüssigkeit wird verhindert, dass Flüssigkeit 2 mit Adsorptionsmittel 3 durch die Eintrittsöffnung 13 zurückfließen kann. Strichpunktiert ist gezeigt, dass der Volumenstrom in der Ruhephase ph2 auch auf tiefere Werte reduziert oder gar invertiert werden kann. Mit einem negativen Volumenstrom -Q22 vorzugsweise nahe Null oder einem Bruchteil des Volumenstroms Q1 in der Beschickungsphase ph1 wird die Sedimentation des Adsorptionsmittels 3 beschleunigt. Für diesen Fall wird die wenigstens eine Eintrittsöffnung 13 vorzugsweise mit einem Filter versehen, welches verhindert, dass Adsorptionsmittel 3 entweichen kann. Noch vorteilhafter ist die Anordnung eines Siphon oder einer Rohrumleitung, die sicherstellt, dass zurückgeführtes Adsorptionsmittel 3 in eine Steigleitung geführt wird, in der es durch Gravitation nach unten fällt und spätestens zu Beginn der nächsten Beschickungsphase ph1 weder in den Reaktor 14 oder in einen Sammelbehälter geführt wird. Durch den Siphon bzw. die Steigleitung kann auf das Filter verzichtet werden, welches verschmutzen könnte.

[0059] Die Fig. 3b zeigt, dass die Prozessparameter, insbesondere die Volumenströme in den Beschickungsphasen ph1 und den Ruhephasen ph2, die Zeitspannen d_{ph1} , d_{ph2} der Beschickungsphasen ph1 und der Ruhephasen ph2 sowie die Zuschaltung weiterer Prozessphasen ph3 mit entsprechenden Prozessparametern d_{ph3} vorzugsweise individuell wählbar und individuell optimierbar sind. Die Steuerung und Optimierung erfolgt mittels Sensoren 18, der Steuereinheit 10, der Aktuatoren 62, Ventile 12, 16, Pumpen 11 und des Steuerprogramms 100, welches die Daten verarbeitet und vorzugsweise auf eine Datenbank 1000 (siehe Fig. 2a) zugreifen kann. In der Datenbank sind vorzugsweise Regeln und Erfahrungswerte abgelegt, die es erlauben die Prozesse zu optimieren.

[0060] Fig. 3b zeigt die Darstellung eines zweiten Prozessverlaufs in den Vorrichtungen 1 von Fig. 1a und Fig. 2a mit zwei sich zyklisch wiederholenden Prozessphasen ph1, ph2 konstanter Länge und darin auftretenden Volumenströmen, die individuell gesteuert werden, um den Prozess zu optimieren.

[0061] Fig. 3c zeigt die Darstellung eines dritten Prozessverlaufs in den Vorrichtungen 1 von Fig. 1a und Fig. 2a mit drei sich vorzugsweise zyklisch wiederholenden Prozessphasen ph1, ph2, ph3 und darin auftretenden Volumenströmen. Die Zeitspannen d_{ph1} , d_{ph2} der Beschickungsphasen ph1 und der Ruhephasen ph2 sowie die Volumenströme in den Beschickungsphasen ph1 werden bedarfsweise gesteuert. Zusätzlich ist nach der Beschickungsphase ph1 eine Zwischenphase ph3 eingefügt. In dieser Zwischenphase ph3 wird vorzugsweise impulsweise ein Rückfluss der Flüssigkeit 2 in geringer Menge vollzogen, um den Vorgang der Sedimentation des Adsorptionsmittels 3 beschleunigt einzuleiten.

Literaturverzeichnis

[0062]

- [1] «Mikroverunreinigungen aus kommunalen Abwasser, Verfahren zur weitgehenden Elimination auf Kläranlagen», Herausgeberin Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern 2012
- [2] DE 2 410 007 A1
- [3] WO 2006 013 235 A1
- [4] WO 2014 184 371 A1
- [5] AQUA & GAS, Nr. 7, 2017

Patentansprüche

1. Verfahren zur Elimination von Mikroverunreinigungen in einer Flüssigkeit (2), wie Abwasser oder Trinkwasser, durch Adsorption an einem Adsorptionsmittel (3), vorzugsweise granuliert Aktivkohle (GAK), in einem Reaktor (14), der eine mit wenigstens einer Eintrittsöffnung (13) versehene Kontaktzone (14A), in dem das Adsorptionsmittel (3) vorgesehen ist, und oberhalb der Kontaktzone (14A) eine Überstandszone (14C) mit wenigstens einer Austrittsöffnung (15A, 15B) aufweist, aus der die von den Mikroverunreinigungen befreite Flüssigkeit (2) austritt, dadurch gekennzeichnet, dass die Flüssigkeit (2), die den Reaktor (14) von der Kontaktzone (14A) bis zur Überstandszone (14C) durchströmt, in wenigstens zwei Prozessphasen (ph1, ph2) durch den Reaktor (14) gefördert wird, wobei in einer Beschickungsphase (ph1) für eine erste Zeitspanne (d_{ph1}) die Flüssigkeit (2) durch die Eintrittsöffnung (13) in den Reaktor (14) eingeführt und in einer Ruhephase (ph2) für eine zweite Zeitspanne (d_{ph2}) der Transfer der Flüssigkeit (2) durch die Eintrittsöffnung (13) reduziert, angehalten und/oder in der Richtung geändert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der Beschickungsphase (ph1) und der Ruhephase (ph2) eine Zwischenphase (ph3) vorgesehen ist, in der der Volumenstrom in seiner Richtung und Intensität vorzugsweise wahlweise steuerbar oder auf einen Wert fixiert ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Flüssigkeit mittels eines Vordrucks und gegebenenfalls über ein Einlassventil (12) oder mittels einer Förderpumpe (11) und gegebenenfalls über ein Einlassventil (12) zur Eintrittsöffnung (13) gefördert wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Expansion des Adsorptionsmittels (3) zur Überstandszone (14C) hin mittels wenigstens eines Sensors (18A, 18B, 18C) überwacht wird, dessen Messsignale in einer Steuereinheit (10) ausgewertet werden, die entsprechend der Auswertung die Förderpumpe (11) und/oder das Einlassventil (12) und/oder ein mit der Austrittsöffnung (15A, 15B) verbundenes Auslassventil (16A, 16B) derart steuert, dass ein Austreten des Adsorptionsmittels (3) durch die Austrittsöffnung (15A, 15B) verhindert wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet,
 - a) dass die Beschickungsphase (ph1) und die Ruhephase (ph2) und gegebenenfalls daran anschliessende weitere Prozessphasen (ph3, ...) zyklisch ablaufen; und/oder
 - b) dass die Beschickungsphase (ph1) und die Ruhephase (ph2) und gegebenenfalls daran anschliessende weitere Prozessphasen (ph3, ...) zyklisch ablaufen und die Strömungsgeschwindigkeit vorzugsweise in jeder Prozessphase (ph1, ph2, ph3,...) individuell gesteuert wird; und/oder
 - c) dass die Beschickungsphase (ph1) und die Ruhephase (ph2) und gegebenenfalls daran anschliessende weitere Prozessphasen (ph3, ...) zyklisch ablaufen und dass die Zeitspannen (d_{ph1} , d_{ph2} , d_{ph3}) der Beschickungsphase (ph1) und der Ruhephase (ph2) und gegebenenfalls daran anschliessender weitere Prozessphasen (ph3, ...) individuell gesteuert werden; wobei die Parameter der Beschickungsphase (ph1) und/oder der Ruhephase (ph3) derart gewählt werden, dass das Adsorptionsmittel (3) nicht zur geöffneten Austrittsöffnung (15A) gelangt.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Zeitspanne (d_{ph2}) der Ruhephase (ph2) und/oder der Transfer der Flüssigkeit (2) durch die Eintrittsöffnung (13) während der Ruhephase (ph2) derart gewählt sind, dass das Adsorptionsmittel (3) nach Abschluss der Ruhephase (ph2) im Wesentlichen unterhalb eines Ruheniveaus (rn) liegt, welches vorzugsweise mittels eines Ruhesensors (18D) überwacht wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine Austrittsöffnung (15A) oder wenigstens eine von mehreren Austrittsöffnungen (15A, 15B) auf einem Höheniveau angeordnet ist, das während der Beschickungsphase (ph1) vom expandierten Adsorptionsmittel (3) oder nach der Ruhephase (ph2) vom ruhenden Adsorptionsmittel (3) nicht erreicht wird, sodass gereinigte Flüssigkeit (2) durch die auf dem vom Adsorptionsmittel (3) nicht erreichten Höheniveau liegende Ausgangsöffnung (15A; 15B) abfließen kann.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Flüssigkeit (2) durch die wenigstens eine Eintrittsöffnung (13) oder durch mehrere verteilte Eintrittsöffnungen (13) mit einer einheitlichen oder individuellen, konstanten oder variablen Strömungsgeschwindigkeit derart in den Reaktor (14) eingeführt wird, dass eine Verwirbelung des Adsorptionsmittels (3) resultiert.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass im Reaktor (14), vorzugsweise in der Überstandszone (14C) oder in einem zwischen der Kontaktzone (14A) und der Überstandszone (14C) liegenden Zwischenzone (14B) ein stationäres Filter (6) oder ein verschiebbares oder deformierbares Filter (6) angeordnet ist, welches in der Beschickungsphase (ph1) mit dem Adsorptionsmittel (3) aus einer Ausgangsposition in Richtung einer Endposition nach oben verschoben oder deformiert und während der Ruhephase (ph2) mittels eines Antriebs (62) oder durch Gravitation in die Ausgangsposition zurückgeführt wird.
10. Vorrichtung (1) zur Elimination von Mikroverunreinigungen in einer Flüssigkeit (2), wie Abwasser oder Trinkwasser, durch Adsorption an einem Adsorptionsmittel (3), vorzugsweise granuliert Aktivkohle (GAK), gemäss dem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, mit einem Reaktor (14), der eine mit wenigstens einer Eintrittsöffnung (13) versehene Kontaktzone (14A), in der das Adsorptionsmittel (3) vorgesehen ist, und oberhalb der Kontaktzone (14A)

eine Überstandszone (14C) mit wenigstens einer Austrittsöffnung (15A, 15B) aufweist, aus der die von den Mikroverunreinigungen befreite Flüssigkeit (2) austreten kann.

11. Vorrichtung (1) nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass eine mit einem Steuerprogramm (100) versehene Steuereinheit (10) vorgesehen ist, mittels der eine mit der Eintrittsöffnung (13) verbundene Förderpumpe (11) und/oder ein mit der Eintrittsöffnung (13) verbundenes Einlassventil (12) steuerbar ist und mittels der der Transfer der Flüssigkeit (2) von der Kontaktzone (14A) bis zur Überstandszone (14C) des Reaktors (14) in wenigstens zwei Prozessphasen (ph1, ph2) derart steuerbar ist, dass in einer Beschickungsphase (ph1) für eine erste Zeitspanne (d_{ph1}) Flüssigkeit (2) durch die Eintrittsöffnung (13) in den Reaktor (14) einföhrbar und in einer Ruhephase (ph2) für eine zweite Zeitspanne (d_{ph2}) der Transfer der Flüssigkeit (2) durch die Eintrittsöffnung (13) reduzierbar, anhaltbar und/oder in der Richtung änderbar ist.
12. Vorrichtung (1) nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit (10) mit wenigstens einem Sensor (18A, 18B, 18C) verbunden ist, mittels dessen die Expansion des Adsorptionsmittels (3) zur Überstandszone (14C) hin überwachbar ist und dessen Messsignale mittels des Steuerprogramms (100) auswertbar sind, mittels dessen entsprechend der Auswertung die Förderpumpe (11) und/oder das Einlassventil (12) und/oder ein mit der Austrittsöffnung (15A, 15B) verbundenes Auslassventil (16A, 16B) steuerbar sind, um ein Eintreten des Adsorptionsmittels (3) in die Überstandszone (14C) und/oder ein Austreten des Adsorptionsmittels (3) aus der Austrittsöffnung (15A, 15B) zu verhindern.
13. Vorrichtung (1) nach Anspruch 10, 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine Austrittsöffnung (15A) oder wenigstens eine von mehreren Austrittsöffnungen (15A, 15B) auf einem Höheniveau angeordnet ist, die während der Beschickungsphase (ph1) vom expandierten Adsorptionsmittel (3) oder nach der Ruhephase (ph2) vom ruhenden Adsorptionsmittel (3) nicht erreicht wird, sodass gereinigte Flüssigkeit (2) durch die auf dem vom Adsorptionsmittel (3) nicht erreichten Höheniveau liegende Ausgangsöffnung (15A; 15B) abfließen kann.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass Flüssigkeit (2) durch die eine Eintrittsöffnungen (13) oder durch mehrere verteilte Eintrittsöffnungen (13) mit einer Strömungsgeschwindigkeit in den Reaktor (14) eingeföhrt wird, die derart gewählt ist, dass eine Verwirbelung des Adsorptionsmittels (3) resultiert und dieses in die Höhe mitzieht.
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass im Reaktor (14), vorzugsweise in der Überstandszone (14C) oder in einer zwischen der Kontaktzone (14A) und der Überstandszone (14C) liegenden Zwischenzone (14B) ein verschiebbares oder deformierbares Filter (6) angeordnet ist, welches in der Beschickungsphase (ph1) mit dem Adsorptionsmittel (3) aus einer Ausgangsposition in Richtung einer Endposition nach oben verschiebbar oder deformierbar und während der Ruhephase (ph2) mittels eines Antriebs (62) oder Gravitation in die Ausgangsposition zurückföhrbar ist.

Fig. 1a

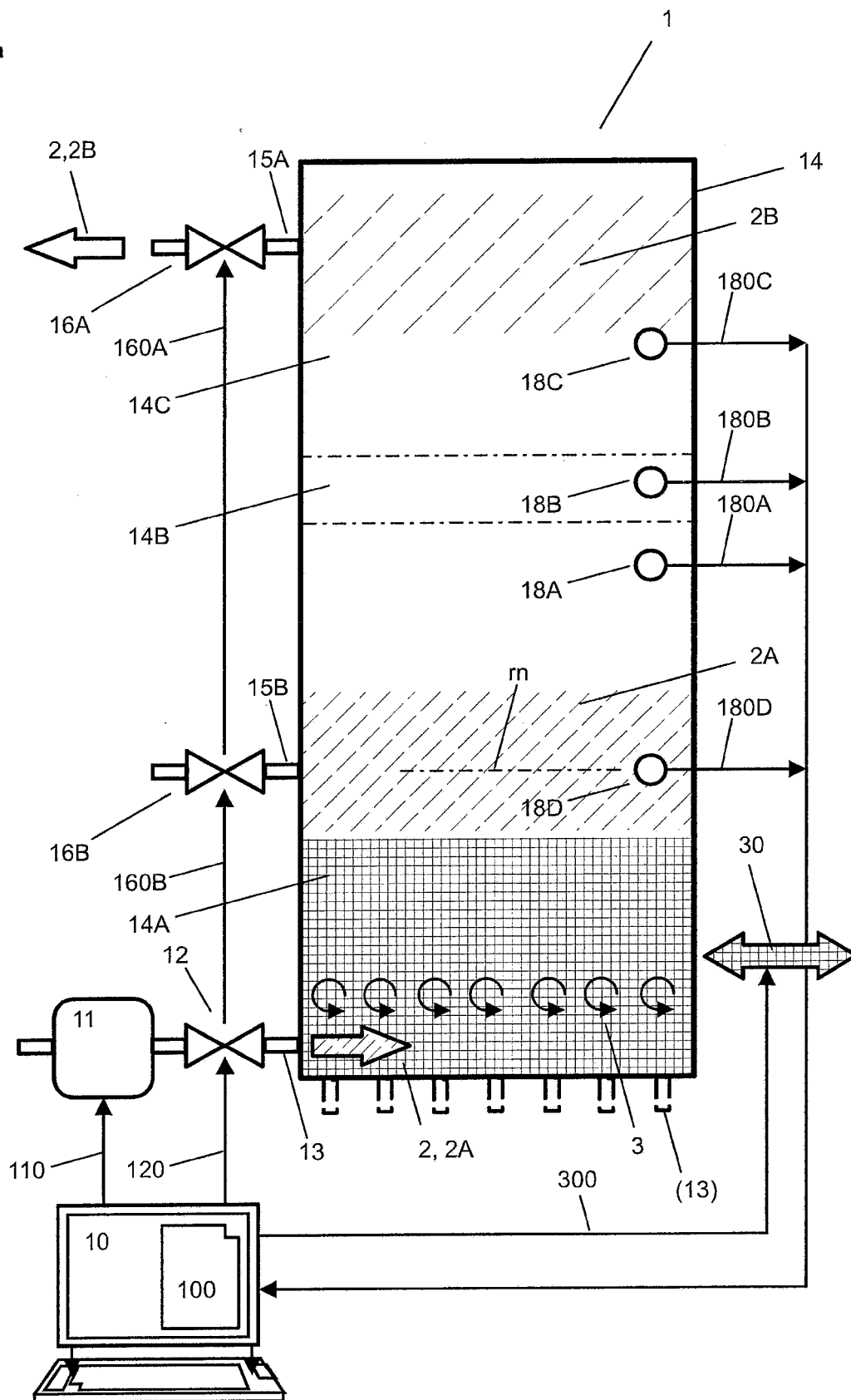


Fig. 1b

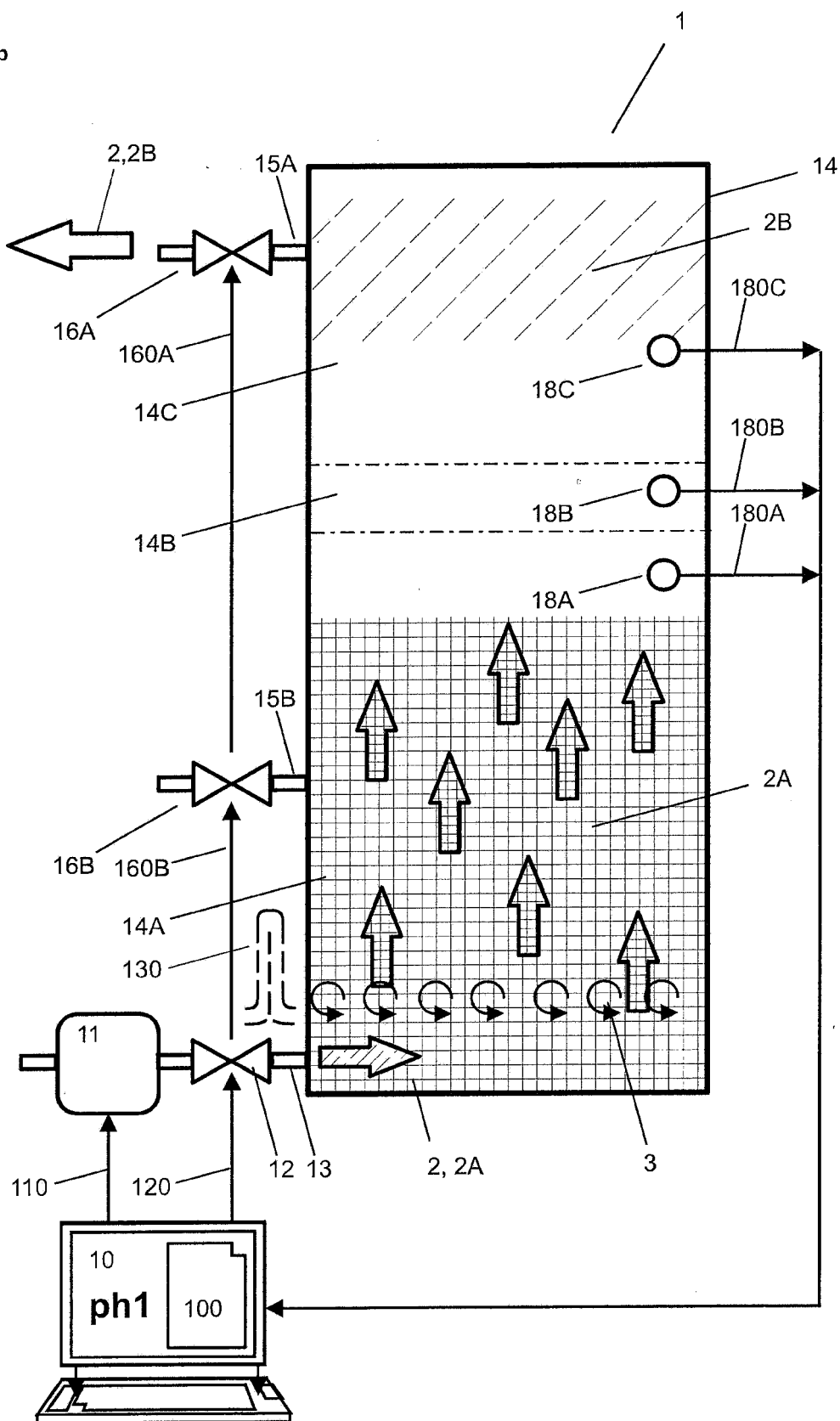


Fig. 1c

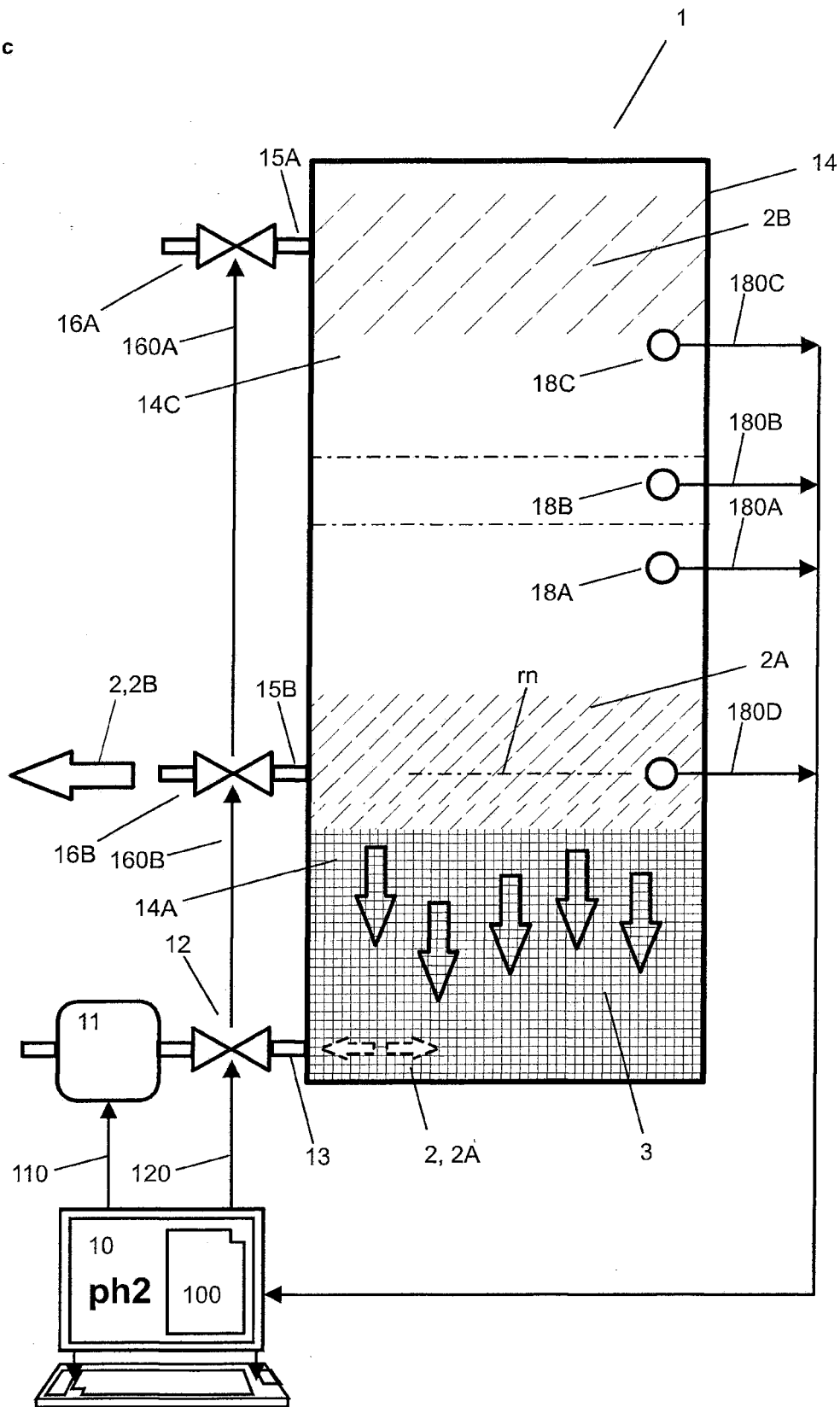


Fig. 2a

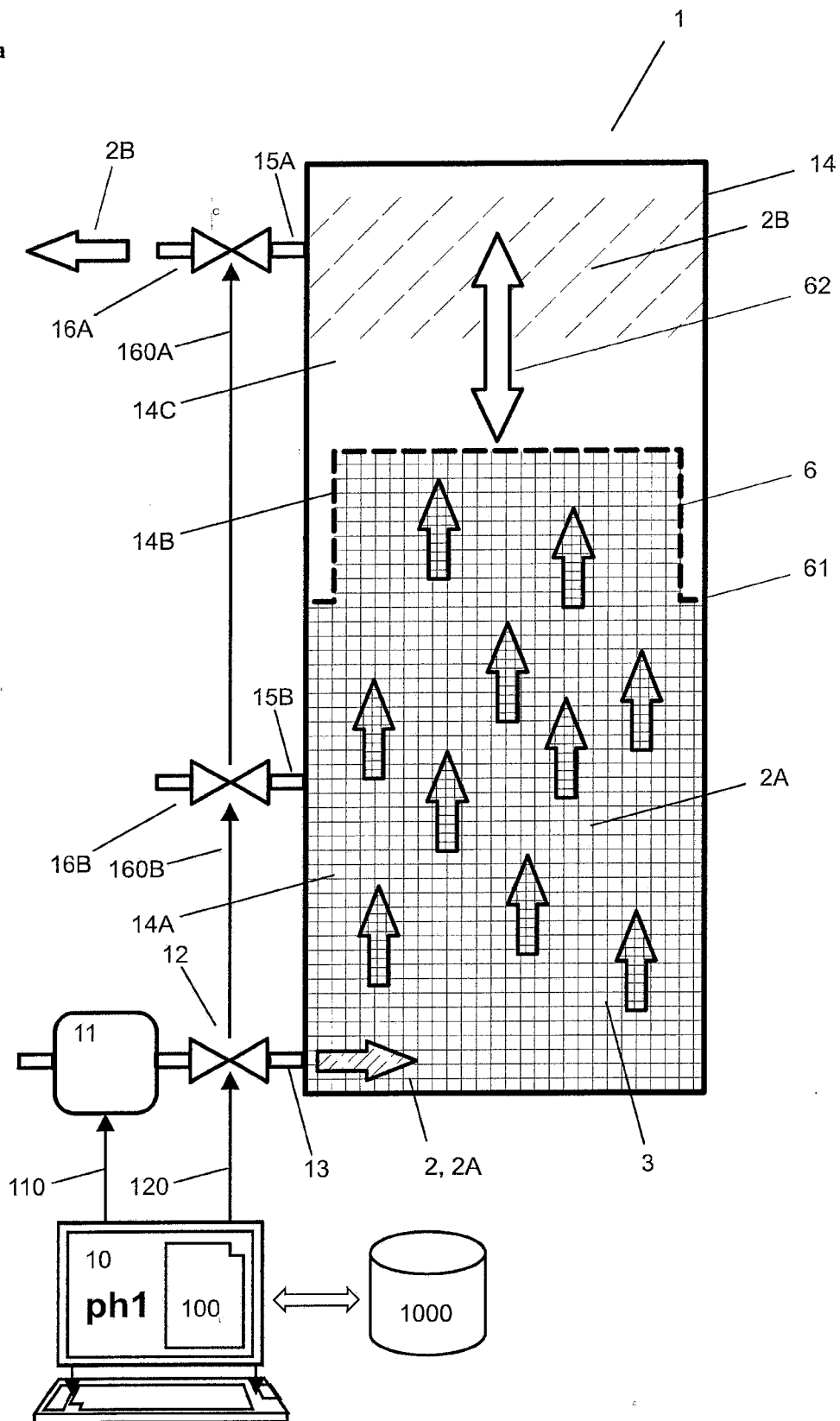


Fig. 2b

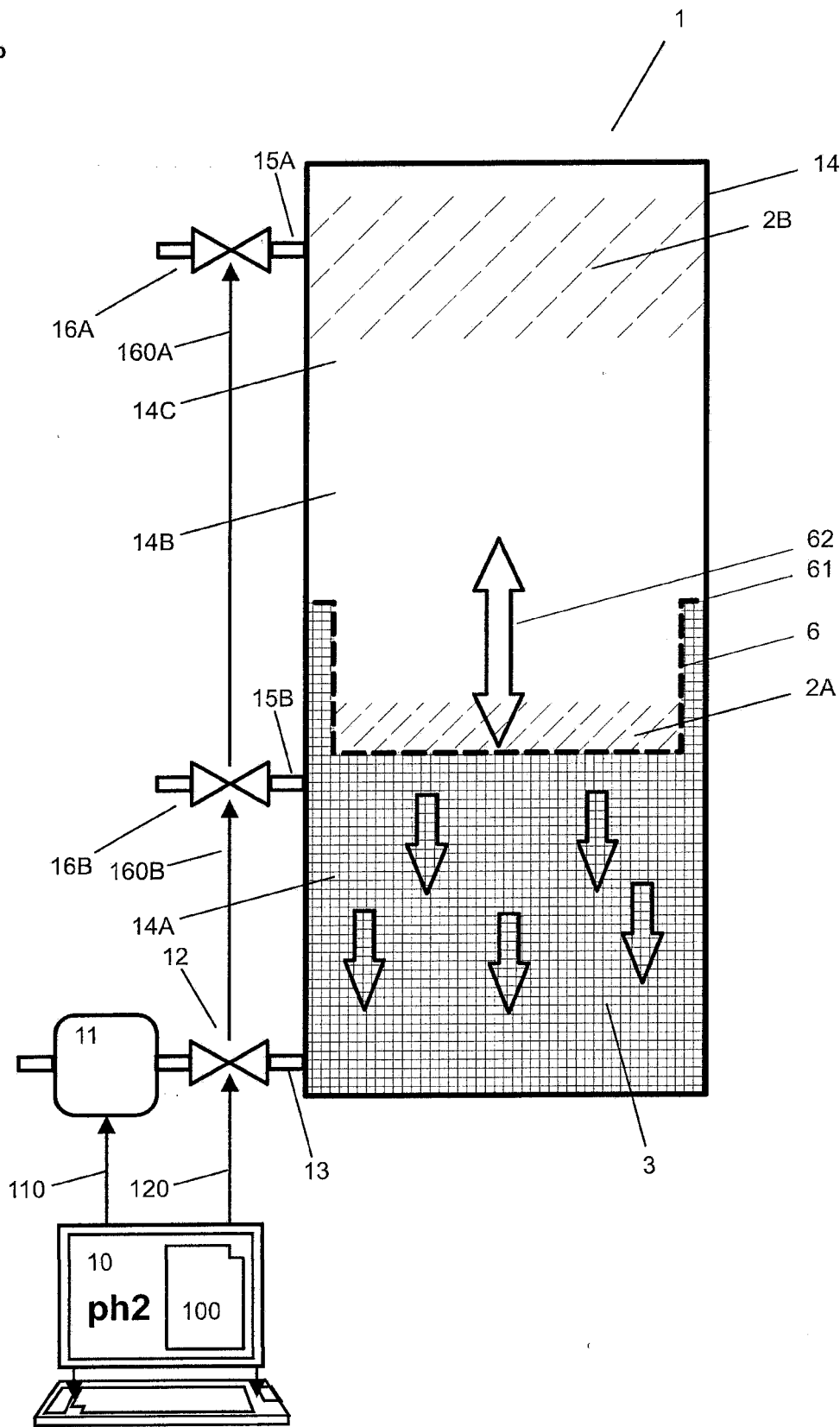


Fig. 3a

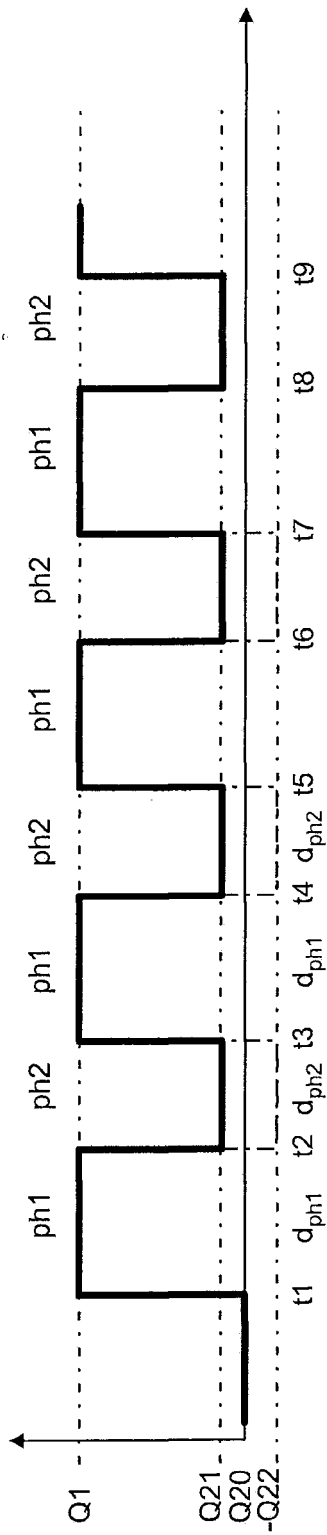


Fig. 3b

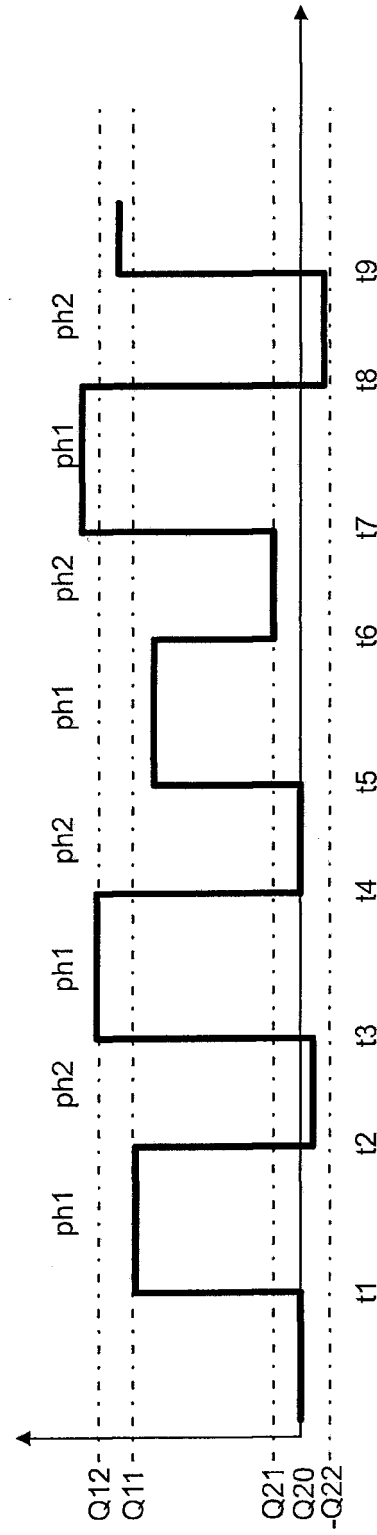


Fig. 3c

