



(10) **DE 10 2014 010 946 A1** 2016.01.28

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2014 010 946.1**

(22) Anmeldetag: **28.07.2014**

(43) Offenlegungstag: **28.01.2016**

(51) Int Cl.: **C02F 9/04 (2006.01)**

**C02F 1/78 (2006.01)**

**C02F 1/28 (2006.01)**

(71) Anmelder:  
**Xylem IP Management S.à.r.l., Senningerberg, LU**

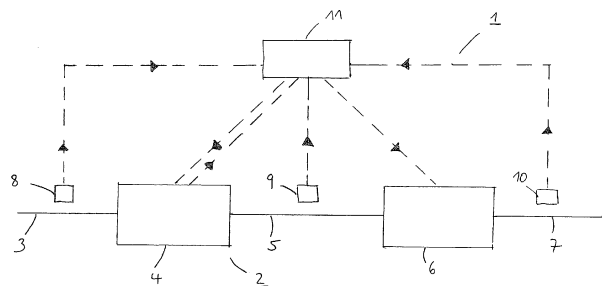
(74) Vertreter:  
**Lenzing Gerber Stute Partnerschaftsgesellschaft  
von Patentanwälten m. b. B., 40212 Düsseldorf,  
DE**

(72) Erfinder:  
**Ried, Achim, Dr., 32549 Bad Oeynhausen, DE;  
Wieland, Arne, 32423 Minden, DE; Zhu, Ivan,  
Cranberry Township, Pa., US**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Regelungsverfahren und -vorrichtung für eine Wasserbehandlung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung einer Wasserbehandlungsanlage (2) mit einem Zulauf (3), einer Ozonungsstufe (4), einer Transferstufe (5), wenigstens einem biologischen Filter (6) und einem Ablauf (7), mit folgenden Verfahrensschritten: Messen eines ersten Parametersatzes in dem Zulauf (3) mittels eines UV/Vis-Sensors (8), wobei anhand des ersten Parametersatzes ein Maß für eine erste Konzentration an Mikroverunreinigungen (c1) und/oder eine Nitritkonzentration (n1) bestimmt wird; Steuern der Ozonungsstufe (4) derart, dass eine Ozoneinspeisung in einem vorgewählten Verhältnis zu dem gemessenen ersten Parametersatz (c1, n1) erfolgt; Messen eines zweiten Parametersatzes in der Transferstufe (5) mittels eines UV/Vis-Sensors (9), wobei anhand des zweiten Parametersatzes ein Maß für eine zweite Konzentration an Mikroverunreinigungen (c2) bestimmt wird; Regeln der Ozonung derart, dass sich der Quotient  $(c1 - c2)/c1$  aus der Differenz der ersten Konzentration an Mikroverunreinigungen (c1) und der zweiten Konzentration an Mikroverunreinigungen (c2) im Verhältnis zu der ersten Konzentration an Mikroverunreinigungen (c1) zwischen einem vorgegebenen Minimalwert und einem vorgegebenen Maximalwert einstellt; Messen eines dritten Parametersatzes in dem Ablauf (7) mittels eines UV/Vis-Sensors (10), wobei anhand des dritten Parametersatzes ein Maß für eine dritte Konzentration an Mikroverunreinigungen (c3) bestimmt wird; Wenn das Maß für die Konzentration an Mikroverunreinigungen (c3) im Ablauf (7) einen vorgegebenen Maximalwert überschreitet, Erhöhen der Ozonzufuhr im Schritt 1.2;



**Beschreibung**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Regelung einer Wasserbehandlungsanlage mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und des Anspruchs 10.

**[0002]** In der Abwasserbehandlung und Trinkwasseraufbereitung spielt neben der Desinfektion, der Reduzierung von Desinfektionsnebenprodukten, der Entfernung von Stickstoff und Phosphor und der Elimination von Geruchs- und Geschmacksstoffen die Elimination von Mikroverunreinigungen eine wachsende Rolle.

**[0003]** Unter Mikroverunreinigungen versteht man organische Substanzen, welche in Gewässern in Konzentrationen im Bereich von wenigen Nano- bis Mikrogramm pro Liter vorkommen und die bereits in diesen Konzentrationen den Ablauf grundlegender biochemischer Prozesse in der Natur beeinflussen können. Darunter fallen einerseits viele synthetische Substanzen wie Arzneimittelstoffe, Stoffe mit bioziden Eigenschaften, Lebensmittelzusatzstoffe, Inhaltsstoffe von Kosmetika oder Reinigungsmittel, etc., aber auch Stoffe natürlichen Ursprungs wie beispielsweise Hormone.

**[0004]** Die US 2012/0080374 A1 offenbart ein Verfahren zur Wasserbehandlung in dem Mikroverunreinigungen mit einer Ozonung und anschließenden Bioreaktoren zu einem großen Teil entfernt oder in unproblematische Produkte umgewandelt werden. Eine Regelung des Verfahrens ist nicht beschrieben.

**[0005]** Aus der DE 43 08 159 A1 ist ein Verfahren zum Abbau der CSB(chemischen Sauerstoffbedarfs)-Belastung in Abwasser bekannt, bei dem vor einem biologischen Filter ein Oxidationsschritt mit Ozon vorgeschaltet ist. Die Oxidation durch Ozon führt zum Großteil zu einem direkten Abbau der CSB-Belastung und das verbleibende CSB wird durch das reaktive Ozon in seiner Struktur verändert, so dass es von dem biologischen Filter abbaubar ist. Auch hier ist eine Regelung der Abwasserbehandlung nicht offenbart.

**[0006]** Die WO 2014/025478 A1 offenbart ein Verfahren zur Regelung einer Abwasserbehandlungsanlage aufweisend eine Ozonung und einen biologischen Filter. Im Ablauf nach dem Filter wird mittels eines Sensors, der die spektrale Absorption von elektromagnetischer Strahlung im UV-Spektrum und/oder im sichtbaren Spektrum erfasst, der TOC (gesamte organische Kohlenstoff) des Abwassers und mittels einer weiteren Messung des Oxidations-/Reduktionspotential gemessen. Anhand dieser beiden Werte wird die Ozonzufuhr und wenn nötig die Sauerstoffzufuhr des biologischen Filters nach geregelt, um die gewünschte Wasserqualität zu erhalten.

**[0007]** Ein großer Kostenfaktor der zuvor genannten Anlagenkombination aus Ozonung und biologischen Filtern ist der Energieverbrauch des Ozongenerators sowie die Sauerstoffproduktion. Der Ozoneintrag sollte somit so gesteuert werden, dass jeweils nur die für das Reinigungsziel notwendige Ozonmenge hergestellt und eingetragen wird. Weitere Betriebskosten beeinflussende Faktoren liegen im Betrieb des biologisch aktiven Filters (Rückspülintervalle). Daher ist es wünschenswert bezüglich einer Optimierung der Kosten, die Anlagenkombination möglichst effizient zu betreiben.

**[0008]** Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Regelung einer Wasserbehandlungsanlage anzugeben, die möglichst kosteneffizient die gewünschte Wasserqualität erreichen.

**[0009]** Diese Aufgabe wird von einem Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und einer Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 10 gelöst.

**[0010]** Danach ist ein Verfahren zur Regelung einer Wasserbehandlungsanlage mit einem Zulauf, einer Ozonungsstufe, einer Transferstufe, wenigstens einem biologischen Filter und einem Ablauf, mit folgenden Verfahrensschritten vorgesehen:

Messen eines ersten Parametersatzes in dem Zulauf mittels eines Fluoreszenzensors oder UV/Vis-Sensors, wobei anhand des ersten Parametersatzes ein Maß für eine erste Konzentration an Mikroverunreinigungen und/oder eine Nitritkonzentration bestimmt wird; Steuern der Ozonungsstufe derart, dass eine Ozoneinspeisung in einem vorgewählten Verhältnis zu dem gemessenen ersten Parametersatz erfolgt; Messen eines zweiten Parametersatzes in der Transferstufe mittels eines Fluoreszenzensors oder UV/Vis-Sensors, wobei anhand des zweiten Parametersatzes ein Maß für eine zweite Konzentration an Mikroverunreinigungen bestimmt wird; Regeln der Ozonung derart, dass sich der Quotient aus der Differenz der ersten Konzentration an Mikroverunreinigungen und der zweiten Konzentration an Mikroverunreinigungen im Verhältnis zu der ersten Konzentration an Mikroverunreinigungen zwischen einem vorgegebenen Minimalwert und einem vorgegebenen Maximalwert einstellt; Messen eines dritten Parametersatzes in dem Ablauf mittels eines Fluoreszenzensors oder UV/Vis-Sensors, wobei anhand des dritten Parametersatzes ein Maß für eine dritte Konzentration an Mikroverunreinigungen bestimmt wird; Wenn der dritte das Maß für die Konzentration an Mikroverunreinigungen umfassende Parametersatz im Ablauf einen vorgegebenen Maximalwert überschreitet, Erhöhen der Ozonzufuhr.

**[0011]** Durch dieses Verfahren wird die gewünschte Reduktion an Mikroverunreinigungen im Wasser bei kosteneffizienter Ozonzufuhr erzielt.

**[0012]** Vorzugsweise wird anhand des zweiten und dritten Parametersatzes jeweils eine Konzentration an organischen Wasserinhaltsstoffen bestimmt, aus denen die Differenz als Differenz aus den organischen Wasserinhaltsstoffen in der Transferstufe und den organischen Wasserinhaltsstoffen im Ablauf berechnet wird, wobei ein Reinigungsschritt für den biologischen Filter durchgeführt wird, wenn der Quotient einen vorgegebenen Mindestwert unterschreitet. Durch diesen Regelungsschritt wird die Effizienz des Filters überwacht und gegebenenfalls ein Reinigungsschritt initiiert.

**[0013]** In einer vorteilhaften Ausführungsform sind alle Sensoren UV/Vis-Sensoren, die als Parametersatz ein UV/Vis-Absorptionsspektrum aufnehmen.

**[0014]** Dabei ist es bevorzugt, wenn der Parametersatz das UV/Vis-Absorptionsspektrum im Bereich von 200–700 nm umfasst.

**[0015]** Im ersten Schritt der Regelung wird bevorzugt zusätzlich die Nitritkonzentration gemessen, wobei die Ozonung so gesteuert wird, dass dem Abwasserstrom in der Ozonung wenigstens eine der Nitritmenge entsprechende Ozonmenge im Verhältnis 1:1 zugegeben wird.

**[0016]** Vorzugsweise wird die Konzentration an organischen Wasserinhaltsstoffen als TOC-Wert gemessen. Der TOC-Wert ist ein Maß für die Verunreinigung des Wassers durch den gesamten organischen Kohlenstoff.

**[0017]** Weiterhin bevorzugt wird anhand des zweiten Parametersatzes die gelöste Ozonmenge im Wasser bestimmt, wobei die Ozonzufuhr der Ozonung reduziert wird, wenn die gelöste Ozonmenge einen vorgegebenen Maximalwert überschreitet. Durch diesen Schritt kann die Ozonzufuhr nachgeregelt werden, so dass eine unnötige Überdosierung von Ozon verhindert werden kann.

**[0018]** Vorzugsweise wird das Maß für die Konzentration an Mikroverunreinigungen anhand wenigstens eines Wertes ausgewählt aus der Gruppe, die TOC, DOC und CSB umfasst, bestimmt. Wobei CSB ein Maß für den chemischen Sauerstoffbedarf und DOC ein Maß für die gelösten organischen Stoffe ist. Die Mikroverunreinigungen können nicht direkt durch die UV/Vis-Absorptionsspektrometrie nachgewiesen werden. Das Absorptionsspektrum wird in Abhängigkeit der Mikroverunreinigungen charakterisiert und eine Umsetzungsstabelle erstellt. Dazu werden die Mikroverunreinigungen offline gemessen. Anhand dieser Umsetzungsstabelle wird das Maß der Mikroverunreinigung online durch Auswertung des Absorptionsspektrums bestimmt. Dabei kann die Korrelation zum Beispiel anhand bekannter Parameter wie TOC, DOC, CSB erfolgen.

**[0019]** In einer bevorzugten Ausführungsform handelt es sich bei der Wasserbehandlungsanlage um eine Abwasserbehandlungsanlage für kommunale Abwasser.

**[0020]** Weiterhin ist eine Vorrichtung zur Regelung einer Wasserbehandlungsanlage mit einem Zulauf, einer Ozonungsstufe, einer Transferstufe, wenigstens einem biologischen Filter und einem Ablauf, vorgesehen, wobei die Vorrichtung einen ersten Fluoreszenzsensor oder UV/Vis-Sensor in dem Zulauf aufweist, der einen ersten Parametersatz misst, wobei der erste Parametersatz ein Maß für eine erste Konzentration an Mikroverunreinigungen und/oder eine Nitritkonzentration umfasst, und einen zweiten Fluoreszenzsensor oder UV/Vis-Sensor in der Transferstufe aufweist, der einen zweiten Parametersatz misst, wobei der Parametersatz ein Maß für eine zweite Konzentration an Mikroverunreinigungen umfasst, und einen dritten Fluoreszenzsensor oder UV/Vis-Sensor in dem Ablauf aufweist, der einen dritten Parametersatz misst, wobei der Parametersatz ein Maß für eine dritte Konzentration an Mikroverunreinigungen umfasst, und eine Regel- und Auswerteeinheit aufweist, die die Ozonung derart regelt, dass die Ozoneinspeisung in einem vorgewählten Verhältnis zu dem gemessenen Parameter erfolgt, wobei die Ozoneinspeisung so dosiert ist, dass der Quotient aus der Differenz der ersten Konzentration an Mikroverunreinigungen und der zweiten Konzentration an Mikroverunreinigungen im Verhältnis zu der ersten Konzentration an Mikroverunreinigungen zwischen einem vorgegebenen Minimalwert und einem vorgegebenen Maximalwert eingestellt ist.

**[0021]** Dabei ist es vorteilhaft, wenn das Maß für die Konzentration an Mikroverunreinigungen anhand wenigstens eines Wertes ausgewählt aus der Gruppe, die TOC, DOC und CSB umfasst, bestimmt ist.

**[0022]** Zudem kann vorgesehen sein, aus dem gemessenen Parametersatz in der Transferstufe und im Ablauf jeweils eine Konzentration an organischen Wasserinhaltsstoffen zu bestimmen. Diese Konzentrationen werden dann vorzugsweise in der Regel- und Auswerteeinheit weiter verwertet, in dem die Differenz aus der Konzentration an organischen Wasserinhaltsstoffen in der Transferstufe und der Konzentration an organischen Wasserinhaltsstoffen im Ablauf berechnet wird und das Durchführen eines Reinigungsschritts für den biologischen Filter initiiert wird, wenn der Quotient aus der Differenz und der Konzentration an organischen Wasserinhaltsstoffen in der Transferstufe einen vorgegebenen Mindestwert unterschreitet. So kann die Funktionsfähigkeit des Filters anhand der Änderung der Konzentration an organischen Wasserinhaltsstoffen überwacht werden.

**[0023]** Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnung näher erläutert.

**[0024]** Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Regelkreises **1** einer Abwasserbehandlungsanlage **2** für kommunale Abwässer. Die Abwasserbehandlungsanlage **2** weist in Strömungsrichtung einen Zulauf **3**, eine Ozonungsstufe **4**, eine Transferstufe **5**, einen biologischen Filter **6** und einen Ablauf **7** auf. Im Zulauf **3**, in der Transferstufe **5** und im Ablauf **7** ist jeweils ein Sensor **8**, **9**, **10** vorgesehen. Die hier zur Verwendung kommenden Sensoren **8**, **9**, **10**, die die spektrale Absorption von elektromagnetischer Strahlung im UV-Spektrum und/oder im sichtbaren Spektrum erfassen und damit besonders empfindlich für verschiedene Inhaltsstoffe des Abwassers sind, werden im Folgenden in Übereinstimmung mit dem technischen Sprachgebrauch auf diesem Gebiet „UV/Vis-Sensoren“ genannt. Der UV/VIS Sensor nimmt simultan ein komplettes Absorptionsspektrum auf. Über eine mathematische Auswertung der Spektren kann eine Aussage über gängige Summenparameter wie TOC, CSB, DOC und spezifische Parameter wie Nitrit erhalten werden. Weiterhin ermöglicht die gezielte Spektren-Auswertung eine genauere Aussage über die erfolgten Reaktionen der organischen Wasserinhaltsstoffe mit Ozon und Radikalen. Von dieser Reaktion kann auf die Reaktion des Ozons mit den Mikroverunreinigungen geschlossen werden. Somit kann die Wirkungsweise des eingetragenen Ozons für die Regelung nach der vorliegenden Erfindung verfolgt werden.

**[0025]** Der im Zulauf **3** angeordnete erste UV/Vis-Sensor **8** ist dazu eingerichtet simultan 256 ausgewählte Wellenlängen im Spektrum von 200–700 nm zu erfassen. Daraus kann das Maß für eine erste Konzentration an Mikroverunreinigungen, die Summe der organischen Wasserinhaltsstoffe zum Beispiel in Form von TOC und die Nitritkonzentration des Wassers vor der Abwasserbehandlung bestimmt werden. Das aufgenommene Spektrum charakterisiert das zu behandelnde Wasser und erlaubt die Aussage einer Anfangsdosierung für die Ozonzugabe. Diese so ermittelte Ausgangssituation ist für jedes Wasser spezifisch und verändert sich bei Variationen der Wasserzusammensetzung im Laufe des Betriebs der Wasserbehandlungsanlage. Die gemessenen Werte werden an eine Auswerte- und Regelungseinheit **11** weitergegeben, die anhand von vorgegebenen Daten eine für die gemessene Wassermatrix geeignete Ozondosis bestimmt. Die berechnete Ozondosis wird an die Ozonungsstufe weitergegeben und der entsprechende Ozoneintrag veranlasst.

**[0026]** Das Ozon in der Ozonungsstufe reagiert im Wasser direkt mit einer Vielzahl anorganischer und organischer Substanzen. Ein Teil des Ozons zerfällt im Wasser in Gegenwart von organischem Kohlen-

stoff und Hydroxid-Ionen in Radikale, die sehr schnell mit verschiedenen Substanzen reagieren. Trotz ihrer kurzen Lebensdauer und der geringen Konzentration können sie substanzial zur Elimination von Mikroverunreinigungen beitragen. Vorhandenes Nitrit reagiert mit Ozon zu Nitrat. Ein hoher Nitritgehalt erhöht den Ozonbedarf und damit den Energieverbrauch und die Kosten. Entsprechend der gemessenen Nitritkonzentration im Zulauf muss daher die Ozonzufuhr erhöht werden, so dass sicher davon ausgegangen werden kann, dass genügend Ozon für die Elimination von Mikroverunreinigungen bzw. TOC zur Verfügung steht. In der Transferstufe **5** ist ein zweiter UV/Vis-Sensor **9** dazu eingerichtet das Absorptionsspektrum für die zuvor definierten Wellenlängen erneut nach der Ozonung **4** aufzunehmen. In der Auswerte- und Regelungseinheit **11** wird die Differenz zwischen den Absorptionsspektren vor und nach dem Ozoneintrag im Verhältnis zum Absorptionsspektrum im Zulauf ermittelt. Die gemessene Absorption für die jeweiligen Wellenlängen verändert sich aufgrund der Zugabe von Ozon ins Wasser. Mit der Erhöhung der Ozonzugabe verringern sich die Absorptions-Linien im Spektrum. Die Höhe der Reduzierung der Einzelinien für eine spezifische Ozondosierung ist unterschiedlich. Die beobachtete Veränderung des Linienspektrums spiegelt die unterschiedliche Reaktion des Ozons mit den Wasserinhaltsstoffen wieder. Diese Veränderung korreliert auch mit dem Abbau der Mikroverunreinigungen und kann daher in ein Maß für eine Änderung der Konzentration an Mikroverunreinigungen umgerechnet werden. Um die Korrelation zu bestimmen, wird vorher die Abhängigkeit der Änderung des Spektrums von der Änderung der Konzentration der Mikroverunreinigungen offline gemessen. Dieser Datensatz dient als Grundlage für das vorliegende Verfahren. Eine Möglichkeit ist es die Änderung der Konzentration der Mikroverunreinigungen in Abhängigkeit von TOC für den Datensatz zu bestimmen.

**[0027]** Die notwendige Ozonzugabe zur Erreichung des Behandlungsziels wird über die Veränderung des Absorptions-Spektrums verfolgt. Für ein bestimmtes Reinigungsziel wird die Ozondosierung so geregelt, dass eine vorgegebene Veränderung in % Reduzierung der Gesamtabsorption erreicht wird. Für leichter abbaubare Mikroverunreinigungen wie beispielsweise Carbamazepin und Diclofenac kann die maximale Reduzierung im Bereich einer Reduzierung von 20–60% der Absorption liegen. Für schwerer abbaubare Stoffe wie beispielsweise Benzotriazol kann dies im Bereich von 40–80% liegen. Eine Ozonzugabe zum Abbau von Mikroverunreinigungen ist nur sinnvoll bis zur Erreichung der maximalen Reduktion des abzubauenen Stoffes bzw. der Gesamtabsorption. Darüber hinaus erfolgt kein nennenswerter Spurenstoffabbau des abzubauenen Stoffes. Zur Einhaltung eines optimierten Ozonverbrauches ist es wichtig diesen Punkt nicht zu überfahren. Durch Va-

riation der Ozondosierung kann dieser Wert in einem gewünschten Bereich eingestellt werden. Mit steigender Ozondosierung nähert sich die Differenz der Absorptionsspektren im Verhältnis zum Absorptionsspektrum im Zulauf etwa asymptotisch gegen die gewünschte Reduzierung an. Dabei ist eine optimale Ozondosierung erreicht, wenn die Elimination der Spurenstoffe in einem Bereich kurz vor dem Übergang in den asymptotischen Abschnitt liegt.

**[0028]** Nach der Transferstufe **5** gelangt das Wasser stromabwärts in die biologische Filteranlage **6**. Die Filteranlage **6** hat mehrere Aufgaben zu erfüllen. Die mechanischen Filtereigenschaften führen zu dem Rückhalt von Trübstoffen und Partikeln. Aufgrund der spezifischen Betriebsweise des Systems arbeitet der Filter auch als ein Bioreaktor. Ein Bioreaktor weist Mikroorganismen auf, die unter möglichst optimalen Bedingungen kultiviert sind. Weiterhin wirken im Filter auch Adsorption-Effekte. Hierbei werden gelösten Wasserinhaltsstoffe an die Filtermaterialien adsorbiert. Aufgrund dieser verschiedenen Filtereigenschaften trägt der Filter zum weitergehendem Abbau von organischen Wasserinhaltsstoffen und anderen nicht erwünschten Nebenprodukten (z. B. ND-MA) bei.

**[0029]** Der in der Transferstufe **5** angeordnete zweite UV/Vis-Sensor **9** misst das gesamte Absorptionsspektrum von 200–700 nm. Aus dem Spektrum wird der Ozongehalt im Wasser durch Analyse des UV-Absorptionsspektrum bei 220–350 nm bestimmt. Durch die Optimierung des bereits beschriebenen Teils des Regelkreises ist zu erwarten, dass die Ozondosis so gering ist, dass im Zulauf des Filterbettes kein gelöstes Ozon mehr vorhanden ist. Die gemessene Ozondosis wird an die Regel- und Auswerteeinheit **11** weitergegeben und dort verarbeitet. Ist die Ozondosis zu hoch, kann eine Anpassung des Ozoneintrags vorgenommen werden.

**[0030]** Für den Einsatz in der Filteranlage ist eine Vielzahl von verschiedenen Filtermaterialien mit unterschiedlichen Funktionen geeignet. Das Filterbett hält korpuskuläre Feststoffe zurück und lässt das Filtrat durch. Die vom Ozon in der Ozonung aufgespaltenen organischen Substanzen werden von aeroben Bakterien im ozonfreien Milieu des Filterbetts weitestgehend mineralisiert. Für die biologische Mineralisierung werden in der Regel spezielle entsprechend dimensionierte Aktivkohlefilter bzw. Mehrschichtfilter eingesetzt.

**[0031]** Die Filterleistung der Filteranlage **6** kann mit der Zeit nachlassen, da der Filter zum Beispiel verstopft. Zur Reinigung des Filters wird dieser zum Beispiel mit Wasser frei gespült. Die Freispülung des Filters ist anwendungsspezifisch. Dabei ist eine modifizierte Spülung aus Luft, Luft und Wasser oder Wasser vorgesehen. Die Steuereinheit des Filters kann

verschiedene Spülprogramme imitieren. Diese werden durch das Gesamt-Regelungskonzept vorgegeben.

**[0032]** Um unter Anderem die Leistung des Filters **6** zu überwachen ist im Ablauf **7** ein dritter UV/Vis-Sensor **10** vorgesehen. Der dritte UV/Vis-Sensor **10** misst die Konzentration an Spurenstoffen durch Aufnahme eines Absorptionsspektrums beispielsweise organischer Wasserinhaltsstoffe nach dem biologischen Filter und gibt den Wert an die Regel- und Auswerteeinheit weiter. Dort wird die Differenz der Absorptionsspektren vor und nach dem Filter im Verhältnis zum Absorptionsspektrum in der Transferstufe ermittelt. Dieser Wert steht für die Effizienz des biologischen Filters. Sinkt die Effizienz unter einen bestimmten Wert, wird eine Reinigung des Filters veranlasst. Der Reinigungsschritt kann ein angepasstes Spülprogramm des Filters und/oder andere Reinigungsvorfahren, wie zum Beispiel eine Veränderung der Ozonzufuhr umfassen. Für den Filterbetrieb wird typischerweise noch der Differenzdruck im Filterbett und das Vorhandensein von Trübstoffen und Partikeln in Form von TSS und NTU vor und hinter dem Filter kontrolliert.

**[0033]** Weiterhin wird das Absorptionsspektrum im Ablauf **7** mittels des dritten Sensors **10** überwacht. Die Auswerte- und Regeleinheit **11** vergleicht hier die aus dem Spektrum ermittelte Konzentration zum Beispiel an organischen Wasserinhaltsstoffen in Form von TOC mit einem vorgegebenen Sollbereich und kann bei einer zu hohen Konzentration zum Beispiel die Ozonzufuhr in der Ozonungsstufe erhöhen.

**[0034]** Es kann auch vorgesehen sein Fluoreszenzsensoren einzusetzen, um wenigstens einen Teil der Parameter zu messen.

**[0035]** In Sonderfällen, insbesondere bei der Trinkwasseraufbereitung, kann es notwendig sein, zusätzlich zu dem Ozon eine aktivierende Chemikalie wie beispielsweise  $H_2O_2$  zu dosieren. Die Zudosierung von z. B.  $H_2O_2$  würde im Regelkonzept folgendermaßen umgesetzt: Eine optionale  $H_2O_2$  Dosierung kann im Programm zugeschaltet werden. Die notwendige  $H_2O_2$  Dosiermenge wird durch das Programm an die ermittelte Ozonmenge über ein vorgegebenes Verhältnis Ozon/ $H_2O_2$  angepasst. Da im Ablauf kein  $H_2O_2$  erwünscht ist sind Kontrollmessungen in der Transferstufe **5** und im Ablauf des Filters vorgesehen.

**[0036]** Das Verfahren und die Vorrichtung zur Regelung lassen sich auch für die Aufbereitung von Trinkwasser mit Ozon-Biofiltration einsetzen.

**[0037]** Die erfindungsgemäße Regelung der Wasserbehandlungsanlage dient der Kostenoptimierung aber auch der Verfahrens- und Betriebssicherheit. Die Wasserbehandlungsanlage kann mit der erfin-

dungsgemäßen Regelung Matrixschwankungen ausgleichen, potentielle Ozonüberdosierung vermeiden, die Effizienz des biologischen Filters überwachen und das Durchschlagen von Ozon in den Ablauf verhindern. Dabei kann durch die Regelung der optimale Betriebspunkt der Anlage eingestellt werden, so dass möglichst kostengünstig die gewünschte Wasserqualität erreicht wird. Ohne ein solches Regelungskonzept werden in der Praxis oft aus Sicherheitsgründen mehr Betriebsmittel eingesetzt (z. B. Ozonmenge) als notwendig. Für einen Betreiber steht in der Praxis die Erreichung des Reinigungszieles an erster Stelle. Um dies sicher zu erreichen wird dann ohne die Kenntnis des Reinigungsvorganges in der Regel überdosiert, was zu erhöhten Betriebskosten führt. Das neu entwickelte Regelungskonzept kann dazu beitragen bis zu 50% der Betriebskosten einzusparen.

**[0038]** Die erfindungsgemäße Regelung erlaubt eine gezielte Dosierung der Ozonmenge, um eine bestimmte Reinigungswirkung zu erreichen. Die Reinigungswirkung kann sich auf den Abbau von Spurenstoffen und auch auf die Erreichung anderer Reinigungsziele wie Desinfektion beziehen. Weiterhin ermöglicht diese Art von Kontrolle der Ozondosierung auch eine Kontrolle der Entstehung von unerwünschten Nebenprodukten wie beispielsweise Bromat.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- US 2012/0080374 A1 [0004]
- DE 4308159 A1 [0005]
- WO 2014/025478 A1 [0006]

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung einer Wasserbehandlungsanlage (2) mit einem Zulauf (3), einer Ozonungsstufe (4), einer Transferstufe (5), wenigstens einem biologischen Filter (6) und einem Ablauf (7), mit folgenden Verfahrensschritten:

1.1. Messen eines ersten Parametersatzes in dem Zulauf (3) mittels eines Fluoreszenzensors (8) oder UV/Vis-Sensors (8), wobei anhand des ersten Parametersatzes ein Maß für eine erste Konzentration an Mikroverunreinigungen (c1) und/oder eine Nitritkonzentration (n1) bestimmt wird;

1.2. Steuern der Ozonungsstufe (4) derart, dass eine Ozoneinspeisung in einem vorgewählten Verhältnis zu dem gemessenen ersten Parametersatz (c1, n1) erfolgt;

1.3. Messen eines zweiten Parametersatzes in der Transferstufe (5) mittels eines Fluoreszenzensors (9) oder UV/Vis-Sensors (9), wobei anhand des zweiten Parametersatzes ein Maß für eine zweite Konzentration an Mikroverunreinigungen (c2) bestimmt wird;

1.4. Regeln der Ozonung derart, dass sich der Quotient  $(c1 - c2)/c1$  aus der Differenz der ersten Konzentration an Mikroverunreinigungen (c1) und der zweiten Konzentration an Mikroverunreinigungen (c2) im Verhältnis zu der ersten Konzentration an Mikroverunreinigungen (c1) zwischen einem vorgegebenen Minimalwert und einem vorgegebenen Maximalwert einstellt;

1.5. Messen eines dritten Parametersatzes in dem Ablauf (7) mittels eines Fluoreszenzensors (10) oder UV/Vis-Sensors (10), wobei anhand des dritten Parametersatzes ein Maß für eine dritte Konzentration an Mikroverunreinigungen (c3) bestimmt wird;

1.6. Wenn der dritte das Maß für die Konzentration an Mikroverunreinigungen (c3) umfassende Parametersatz im Ablauf (7) einen vorgegebenen Maximalwert überschreitet, Erhöhen der Ozonzufuhr im Schritt 1.2;

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass anhand des zweiten und dritten Parametersatzes jeweils eine Konzentration an organischen Wasserinhaltsstoffen (c4, c5) bestimmt wird, aus denen die Differenz delta (c4, c5) als Differenz aus c4 in der Transferstufe und c5 im Ablauf berechnet wird, wobei ein Reinigungsschritt für den biologischen Filter durchgeführt wird, wenn der Quotient  $\text{delta} (c4, c5)/(c4)$  einen vorgegebenen Mindestwert unterschreitet.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Sensoren (8, 9, 10) UV/Vis-Sensoren sind, die als Parametersatz ein UV/Vis-Absorptionsspektrum aufnehmen.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Parametersatz das UV/Vis-Absorptionsspektrum im Bereich von 200–700 nm umfasst.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Schritt 1.1 die Nitritkonzentration (n1) gemessen wird und dass die Ozonung (4) so gesteuert wird, dass dem Abwasserstrom in der Ozonung (4) wenigstens eine der Nitritmenge entsprechende Ozonmenge im Verhältnis 1:1 zugegeben wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Konzentration an organischen Wasserinhaltsstoffen (c4, c5) als TOC-Wert gemessen wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass anhand des zweiten Parametersatzes die gelöste Ozonmenge im Wasser bestimmt wird, wobei die Ozonzufuhr im Schritt 1.2 reduziert wird, wenn die gelöste Ozonmenge einen vorgegebenen Maximalwert überschreitet.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Maß für die Konzentration an Mikroverunreinigungen (c1, c2, c3) anhand wenigstens eines Wertes ausgewählt aus der Gruppe, die TOC, DOC und CSB umfasst, bestimmt wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass es sich bei der Wasserbehandlungsanlage um eine Abwasserbehandlungsanlage für kommunale Abwässer handelt.

10. Vorrichtung zur Regelung einer Wasserbehandlungsanlage (2) mit einem Zulauf (3), einer Ozonungsstufe (4), einer Transferstufe (5), wenigstens einem biologischen Filter (6) und einem Ablauf (7), **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung einen ersten Fluoreszenzsensor (8) oder UV/Vis-Sensor (8) in dem Zulauf (3) aufweist, der einen ersten Parametersatz misst, wobei der erste Parametersatz ein Maß für eine erste Konzentration an Mikroverunreinigungen (c1) und/oder eine Nitritkonzentration (n1) umfasst, und einen zweiten Fluoreszenzsensor (9) oder UV/Vis-Sensor (9) in der Transferstufe (5) aufweist, der einen zweiten Parametersatz misst, wobei der Parametersatz ein Maß für eine zweite Konzentration an Mikroverunreinigungen (c2) umfasst, und einen dritten Fluoreszenzsensor (10) oder UV/Vis-Sensor (10) in dem Ablauf (7) aufweist, der einen dritten Parametersatz misst, wobei der Parametersatz ein Maß für eine dritte Konzentration an Mikroverunreinigungen (c3) umfasst, und eine Regel- und Auswerteeinheit (11) aufweist, die die Ozonung derart regelt, dass die Ozoneinspeisung in einem vorgewählten Verhältnis zu dem gemessenen Parameter (c1, n1) erfolgt, wobei die Ozoneinspeisung so dosiert ist, dass der Quotient  $((c1 - c2)/$



(c1)) aus der Differenz der ersten Konzentration an Mikroverunreinigungen (c1) und der zweiten Konzentration an Mikroverunreinigungen (c2) im Verhältnis zu der ersten Konzentration an Mikroverunreinigungen (c1) zwischen einem vorgegebenen Minimalwert und einem vorgegebenen Maximalwert eingestellt ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Maß für die Konzentration an Mikroverunreinigungen (c1, c2, c3) anhand wenigstens eines Wertes ausgewählt aus der Gruppe, die TOC, DOC und CSB umfasst, bestimmt ist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass aus dem gemessenen Parametersatz in der Transferstufe (5) und im Ablauf (7) jeweils eine Konzentration an organischen Wasserinhaltsstoffen (c4, c5) bestimmt ist.

13. Vorrichtung nach Anspruch, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Regel- und Auswerteeinheit (11) die Differenz (c4, c5) aus der Konzentration an organischen Wasserinhaltsstoffen (c4) in der Transferstufe und der Konzentration an organischen Wasserinhaltsstoffen (c5) im Ablauf berechnet und das Durchführen eines Reinigungsschritts für den biologischen Filter initiiert, wenn der Quotient aus der Differenz (c4, c5) und der Konzentration an organischen Wasserinhaltsstoffen (c4) in der Transferstufe (5) einen vorgegebenen Mindestwert unterschreitet.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

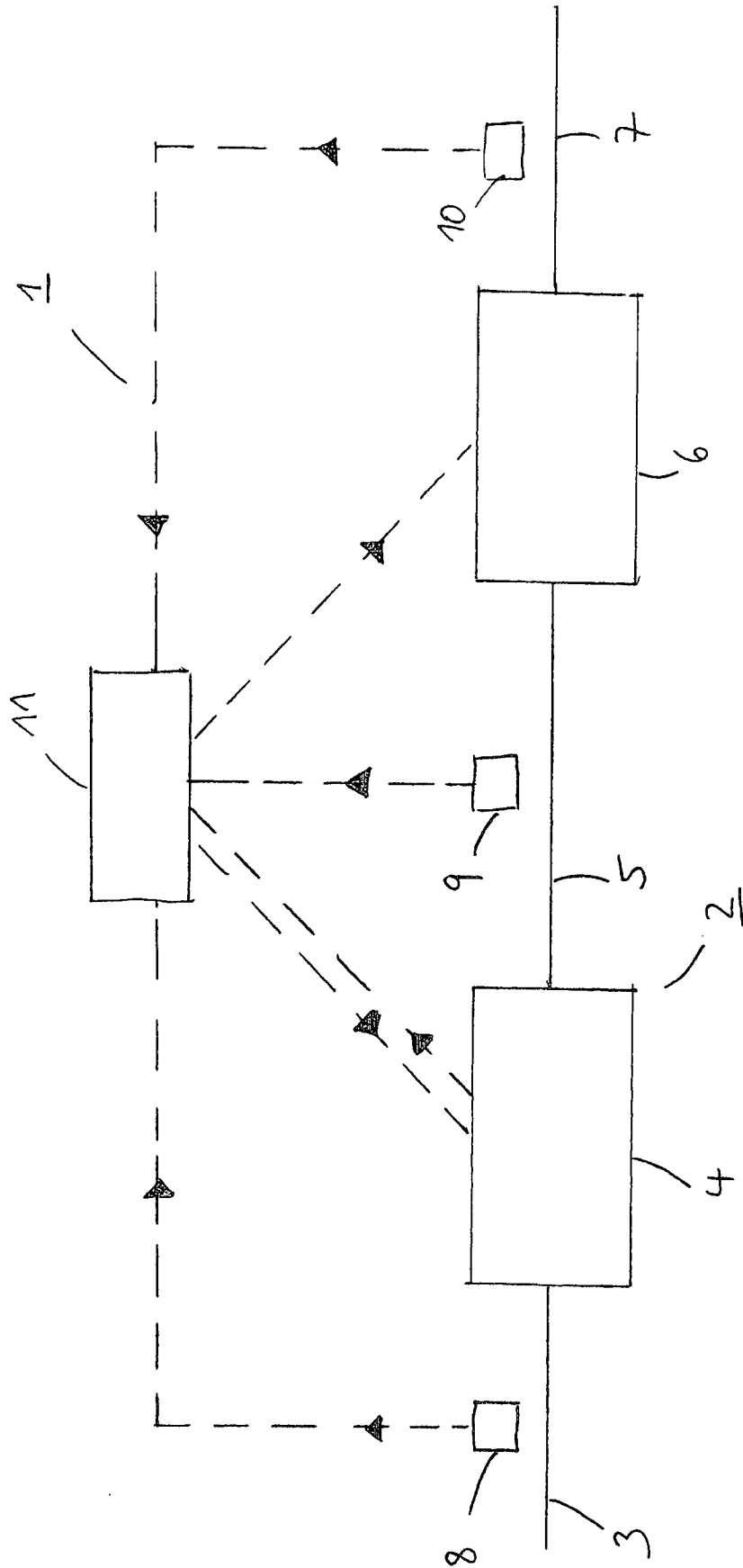


Figure 1