

(12)

Patentschrift

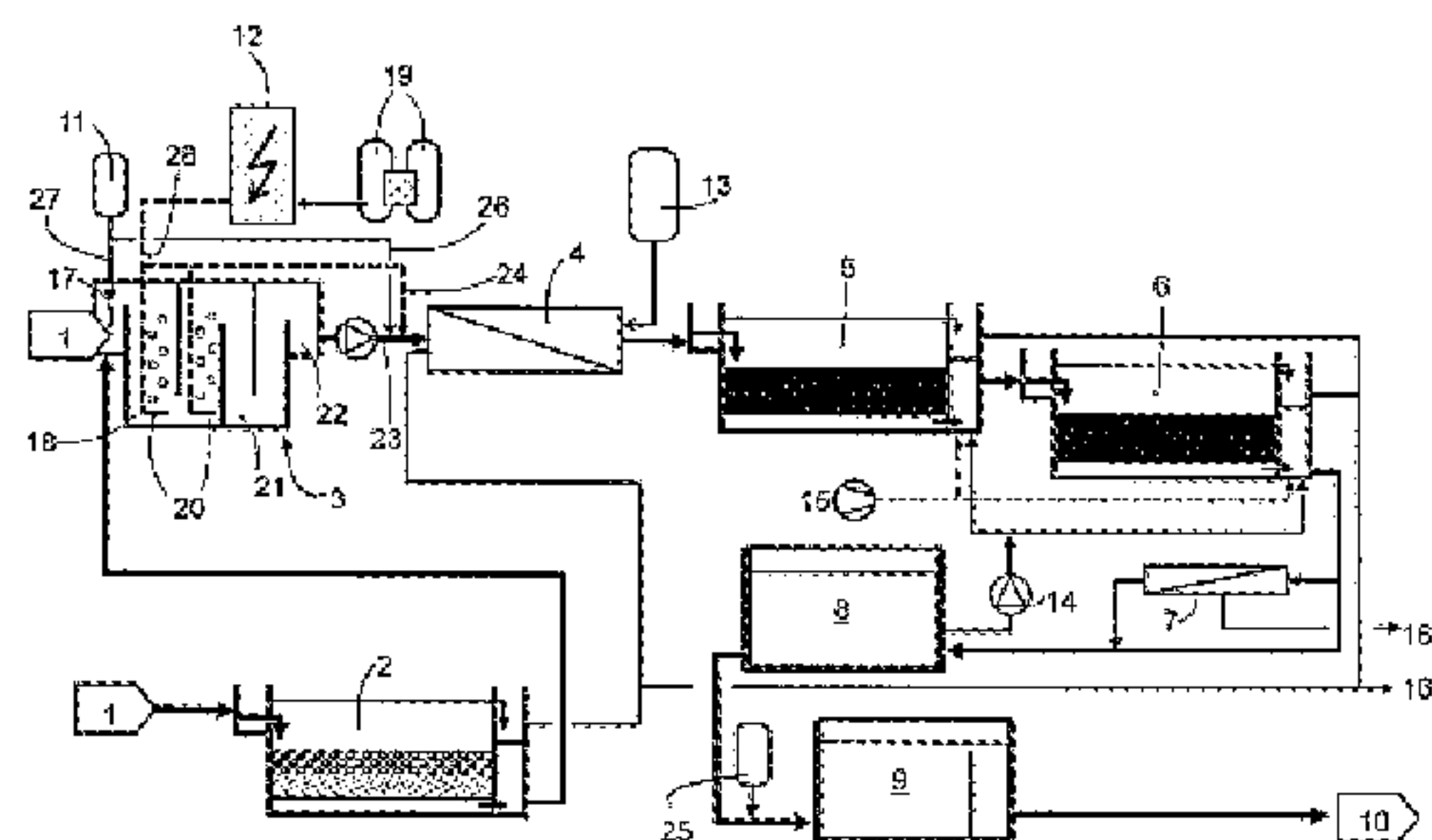
(21)	Anmeldenummer:	A 51031/2016	(51)	Int. Cl.:	C02F 1/78	(2006.01)
(22)	Anmeldetag:	14.11.2016			C02F 1/44	(2006.01)
(45)	Veröffentlicht am:	15.09.2020			B01D 61/00	(2006.01)

(56)	Entgegenhaltungen: WO 2016049675 A1 EP 1044928 A1 EP 1935479 A2	(73)	Patentinhaber: VA TECH WABAG GmbH 1200 Wien (AT)
		(72)	Erfinder: Lahnsteiner Josef Dr. 1180 Wien (AT) Hell Florian Dr. 1210 Wien (AT)
		(74)	Vertreter: Kliment & Henhapel Patentanwälte OG 1010 Wien (AT)

(54)

Aufbereitung von Abwasser zu Trinkwasser mittels Ozon

(57) Gezeigt wird ein Verfahren zur Aufbereitung von Abwasser oder kontaminiertem Rohwasser zu Trinkwasser, wobei, nach einer Vorreinigung des Wassers, dem Wasser in einem Ozonreaktionstank (3) Ozon zugegeben wird und eine Reaktion von Ozon und Verunreinigungen des Wassers erfolgt, wobei das Wasser danach einem Membranfilter (4) mit keramischer Membran zugeführt wird. Dadurch, dass im Membranfilter (4) vor der Membran und/oder in der Leitung (23) zwischen Ozonreaktionstank (3) und Membranfilter (4), insbesondere unmittelbar vor dem Membranfilter (4), eine nochmalige Zugabe von Ozon zum Wasser erfolgt, kann ohne katalytische Membran die Bromatbildung reduziert werden.



Beschreibung

AUFBEREITUNG VON ABWASSER ZU TRINKWASSER MITTELS OZON

GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Aufbereitung von Abwasser oder kontaminiertem Rohwasser zu Trinkwasser, wobei, nach einer Vorreinigung des Wassers, dem Wasser in einem Ozonreaktionstank Ozon zugegeben wird und eine Reaktion von Ozon und Verunreinigungen des Wassers erfolgt, wobei das Wasser danach einem Membranfilter mit keramischer Membran zugeführt wird.

[0002] Insbesondere kann mit diesem Verfahren kommunales Abwasser, also verbrauchtes Trink- und Brauchwasser, wieder zu Trinkwasser aufbereitet werden. Dies wird im Englischen mit „Potable Reuse“ bezeichnet.

STAND DER TECHNIK

[0003] Die Aufbereitung von verbrauchtem Trinkwasser, also kommunalem Abwasser, zu Trinkwasser ist vor allem in jenen Gebieten notwendig, wo frisches Trinkwasser, in Form von Quellwasser, Brunnenwasser oder Oberflächenwasser (Flüsse, Seen), rar ist. Dies betrifft einerseits von Natur aus trockene Gebiete, wie Wüsten- oder Steppengebiete, andererseits auch Großstädte mit hoher Bevölkerungsdichte. Entsprechend wichtig ist hier die Desinfektion des Wassers, um Viren, Bakterien und Protozoen aus dem Wasser zu entfernen, und um so unbedenkliches Trinkwasser zu erhalten. Meist wird zur Desinfektion Ozon eingesetzt.

[0004] Der Nachteil von Ozon ist, dass sich bei entsprechenden Vorläufersubstanzen, nämlich bei Bromiden, Bromat im Wasser bilden kann. Bromat ist ein potenziell kanzerogener Stoff, der je nach nationaler Gesetzgebung einen bestimmten Grenzwert nicht überschreiten darf. In der EU und in den USA liegt der Trinkwassergrenzwert für Bromat bei 10 µg/L. Einen definierten Ablauf bei der Bromatbildung gibt es nicht. Es gibt eine Vielzahl von chemischen Reaktionen, die auf komplexe Art miteinander im Zusammenhang stehen. Die Reaktionen sind beeinflusst von der Stabilität des Ozons, von der Bildung des Hydroxyd-Radikals OH sowie von der chemischen Entstehung von hypobromiger Säure, die ein Zwischenprodukt in der Reaktionskette von Bromid zu Bromat ist. Zusätzlich können Karbonat-Radikale, die durch Reaktion von OH-Radikalen mit Bikarbonat und Karbonat entstehen, die Bromatbildung verstärken. Die Kinetik wird durch verschiedene Parameter, wie organische Bestandteile im Wasser, Bikarbonat, Karbonat und pH-Wert, bestimmt. Diese Parameter können zusammen sowohl verstärkend, als auch abschwächend auf die Bromatbildung wirken. Daher kann die Bromatbildung schwer vorhergesagt werden. Maßnahmen zur Vermeidung oder Verringerung der Bromatbildung müssen daher experimentell erarbeitet werden.

[0005] Die US 2006/0175256 A1 beschreibt ein Verfahren zur Aufbereitung von Oberflächenwasser, bei welchem das Wasser nach der Ozonierung in einem Keramikfilter gereinigt wird. Der Keramikfilter weist eine katalytische Membran auf, die einem sogenannten Fouling der Membran, also einer Anlagerung eines Filterkuchens, entgegenwirkt. Daher kann die Zugabe von Ozon, welche sonst für die Membranreinigung nach dem Stand der Technik notwendig wäre, reduziert werden. Eine absolute Reduktion der Menge des eingebrachten Ozons bedingt in der Folge eine Reduktion von Bromat. Eine großflächige Verwendung von katalytischen Membranen wird aber oft an den Kosten scheitern.

[0006] Die WO 2016/049675 A1 zeigt die Beigabe von Ozon vor einer Ultrafiltrationsmembran an einer nicht näher definierten Stelle. Die EP 1044928 A1 betrifft ein Verfahren, wo Ozon einmal vor einer Membranfiltration zugeführt wird und die Konzentration des Ozons im gefilterten Wasser gemessen wird, um die Zugabe von Ozon einzustellen. Die EP 1935479 A2 betrifft ein Verfahren zur Meerwasserentsalzung mittels Umkehrosmose mit keramischen Membranen, wobei vor der Umkehrosmose an einer Stelle Ozon zugegeben wird.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0007] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, auch ohne katalytische Membran die Bromatbildung zu reduzieren.

[0008] Diese Aufgabe wird gemäß Anspruch 1 gelöst, indem im Membranfilter vor der Membran und/oder in der Leitung zwischen Ozonreaktionstank und Membranfilter, insbesondere unmittelbar vor dem Membranfilter, eine nochmalige Zugabe von Ozon zum Wasser erfolgt. Dadurch kann die gesamte einzubringende Menge an Ozon dem Wasser in zwei kleineren Portionen zugegeben werden, sodass nie gleichzeitig die gesamte Menge Ozon für Reaktionen zur Verfügung steht. Das heißt, ein Teil des insgesamt eingebrachten Ozons wird in den Ozonreaktionstank eingebracht, der restliche Teil des insgesamt eingebrachten Ozons wird im Membranfilter vor der Membran und/oder in der Leitung zwischen Ozonreaktionstank und Membranfilter zugefügt. Dabei können in der Leitung zwischen Ozonreaktionstank und Membranfilter eine oder mehrere Zugabestellen sein, oder es können im Membranfilter eine oder mehrere Zugabestellen sein, oder es können sowohl in der Leitung zwischen Ozonreaktionstank und Membranfilter als auch im Membranfilter eine oder mehrere Zugabestellen sein.

[0009] Das Einbringen von Ozon unmittelbar vor dem Membranfilter und/oder auch im Membranfilter selbst stellt sicher, dass die Membranflächen durch das Ozon gereinigt werden und Fouling vermieden wird. Dies gelingt deshalb, weil ja in der Leitung zum Membranfilter oder im Membranfilter, anders als im Ozonreaktionstank, keine Reaktionsvolumina vorgesehen sind, die eine Durchmischung bzw. Reaktion des Wassers mit Ozon bewirken. Auch ist in der Regel keine Belüftung der Membran vorgesehen, welche Belüftung eine Durchmischung des Wassers mit Ozon begünstigen würde. Dennoch kann es in den Membranmodulen (etwa in den freien Volumina der Membranröhrchen) als Nebeneffekt zu einer zusätzlichen Desinfektion und Oxidation von restlichen Mikroorganismen bzw. (Mikro)verunreinigungen kommen.

[0010] Damit die Bromatbildung gering gehalten wird, kann vorgesehen sein, dass die Menge des zugegebenen Ozons für zumindest eine Zugabe so gewählt wird, dass der Restgehalt an freiem Ozon nach jeder Zugabe kleiner als 0,1 mg/L ist. Das heißt, an einer bestimmten Zugabestelle wird nur so viel Ozon zugegeben, dass nach Reaktion des Ozons mit den Verunreinigungen nur mehr weniger als 0,1 mg/L freies Ozon im Wasser verbleiben. Durch Versuchsmessungen an Wasser nach der Vorreinigung, insbesondere sekundärem oder tertiärem Abwasser, kann das Vorliegen eines bestimmten Restgehalts an Ozon bestimmt werden. In Frage kommen hier Kinetikversuche, bei welchen die Ozonzehrung bestimmt wird, oder sogenannte Dose-Response-Versuche. Bei Kinetikversuchen wird der Abwasserprobe Ozon in wässriger Form zudosiert und es werden innerhalb eines bestimmten Zeitraumes Proben genommen. Dabei wird ein zeitlich aufgelöstes Profil der Ozonzehrung bestimmt. Bei Dose-Response-Versuchen wird Abwasserproben Ozon unterschiedlicher Konzentration zudosiert und die Proben werden nach vollständiger Ozonzehrung (mindestens 24 Stunden Reaktionszeit) gemessen.

[0011] Durch Labor-Ozonzehrungsversuche mit sekundärem oder tertiärem Abwasser etwa kann festgestellt werden bei welcher Ozondosis (z.B. 5 mg/L) sich nach der ersten Zugabestelle eine Restkonzentration von 0,1 mg/L einstellt. Bevor also in einer nächsten Zugabestelle neuerlich Ozon zudosiert wird, sollte der Gehalt an freiem Ozon weniger als 0,1 mg/L betragen. Für ein bestimmtes Abwasser lässt sich die dafür notwendige Menge des zuzugebenden Ozons durch Versuche am Beginn des Betriebs ermitteln. Die Einhaltung dieser Bedingung kann dann während des Betriebs ständig oder stichprobenartig überprüft werden, um Änderungen in der Zusammensetzung des Abwassers Rechnung tragen zu können. Am besten sollte für alle Zugabestellen von Ozon angestrebt werden, dass der Restgehalt an freiem Ozon nach jeder Zugabe kleiner als 0,1 mg/L ist. Es ist in der Praxis ausreichend, wenn Ozonzehrungsversuche, und zusätzlich, wenn zweckmäßig, Dose-Response-Versuche, mit dem Zulauf (sekundäres oder tertiäres Abwasser) zum Ozonreaktionstank durchgeführt werden und der Restgehalt des freien Ozons einmal nach dem Ozonreaktionstank und/oder einmal im Permeat des Membranfilters - mit entsprechenden Messeinrichtungen - gemessen wird. Es ist nicht notwendig und auch kaum praktikabel, diesen nach jeder Zugabe von Ozon im Ozonreaktionstank zu messen.

[0012] Bevorzugt ist vorgesehen, dass dem Wasser insgesamt weniger als 15 mg/L Ozon, insbesondere weniger als 12 mg/L Ozon, besonders bevorzugt weniger als 10 mg/L Ozon, zugegeben werden. Auch wenn das benötigte Ozon von der Verschmutzung des Wassers abhängt, kann man mit einer geringen gesamten Ozonmenge das Auslangen finden. Versuche mit 5 mg/L insgesamt eingebrachtem Ozon haben dabei zu einer besonders niedrigen Bromatmenge im gereinigten Wasser geführt.

[0013] Da das insgesamt zugegebene Ozon das Wasser reinigen soll, wird in der Regel der Großteil des Ozons in den Ozonreaktionstank eingebracht. Insofern kann vorgesehen sein, dass im Ozonreaktionstank 50-80% des insgesamt zugeführten Ozons zugegeben wird. Die restlichen 20-50% Ozon werden dann entweder nur in der Leitung zwischen Ozonreaktionstank und Membranfilter, oder nur im Membranfilter, oder sowohl teils in der Leitung als auch teils im Membranfilter zugegeben.

[0014] Um nicht auf einmal eine zu große Menge von Ozon zuzugeben, kann vorgesehen sein, dass dem Wasser im Ozonreaktionstank an mehreren Zugabestellen Ozon zugegeben wird. Beispielsweise kann dies an zwei oder drei Zugabestellen erfolgen. Diese Zugabestellen können z.B. durch Tauchwände voneinander getrennt sein.

[0015] Da die Ozonzehrung an der ersten Zugabestelle am größten sein wird, ist es vorteilhaft, wenn hier die größte Menge an Ozon zugegeben wird. Insofern kann vorgesehen sein, dass an der - in Filterrichtung gesehen - ersten Zugabestelle im Ozonreaktionstank mehr Ozon zugegeben wird als an den anderen Zugabestellen im Ozonreaktionstank. So könnte beispielsweise an einer ersten Zugabestelle maximal 5 mg/L zugegeben werden, während an einer zweiten Zugabestelle maximal 3 mg/L zugegeben werden. In der Leitung zum Membranfilter und/oder im Membranfilter selbst könnte insgesamt dann wieder eine größere Menge als an der letzten Zugabestelle im Ozonreaktionstank zudosiert werden, z.B. maximal 5 mg/L.

[0016] Es kann vorgesehen sein, dass unmittelbar vor oder im Ozonreaktionstank eine Zugabe von Wasserstoffperoxid zum Wasser erfolgt. Alternativ oder zusätzlich kann vorgesehen sein, dass im Membranfilter vor der Membran und/oder in der Leitung zwischen Ozonreaktionstank und Membranfilter eine Zugabe von Wasserstoffperoxid zum Wasser erfolgt. Die Zugabe von Wasserstoffperoxid (H_2O_2) im Zuge eines sogenannten AOP (Advanced Oxidation Process) führt zwar zu einer vermehrten Ozonzehrung. Die Reaktion von Ozon mit Wasserstoffperoxid (Peroxon-Prozess) führt aber andererseits zur Bildung von OH-Radikalen mit einer Ausbeute von 50%. Diese OH-Radikale sind für den Abbau komplexer organischer Strukturen und schwer mit Ozon abbaubaren (Mikro)verunreinigungen hilfreich.

[0017] Wenn das Wasser nach dem Membranfilter mit Aktivkohle gefiltert wird, kann sichergestellt werden, dass die gelösten organischen Kohlenstoffverbindungen (engl. DOC Dissolved Organic Carbon) adsorbiert und/oder abgebaut werden. Untersuchungen ergaben, dass die Reaktionen von Ozon mit organischen Wasserinhaltsstoffen zu einer Verlagerung von den hochmolekularen Fraktionen der natürlichen organischen Wasserinhaltsstoffe (engl. NOM Natural Organic Material) zu niedermolekularen Fraktionen führt. Zudem kommt es zu einer Anreicherung von Sauerstoff im Grundgerüst der natürlichen organischen Wasserinhaltsstoffe und zur Bildung niedermolekularer Carbonylverbindungen und organischen Säuren, die biologisch gut verfügbar sind. Daher ist in einer nachgeschalteten biologischen aktiven Stufe mit einem deutlichen DOC-Abbau zu rechnen. Eine biologische aktive Stufe und/oder eine Adsorption an Aktivkohle könnte der Ozonung nachgeschaltet werden, um übermäßiges Biofilmwachstum zu verhindern. Insbesondere können in einem ersten Aktivkohlefilter durch dort angesiedelte Mikroorganismen komplexe Kohlenstoffverbindungen abgebaut werden, und in einem anschließenden zweiten Aktivkohlefilter die verbliebenen Schadstoffe adsorbiert werden.

[0018] Da das erfindungsgemäße Verfahren vor allem für die Wiedergewinnung von Trinkwasser gedacht ist, kann vorgesehen sein, dass das zu reinigende Wasser kommunales Abwasser ist. Kommunales Abwasser enthält neben schadstoffbelastetem Regenwasser häusliche Abwässer mit Fäkalien, Speiseresten, Desinfektionsmitteln und Spül- und Reinigungsmitteln, die häufig schwer abbaubare Bestandteile enthalten. Neben dem Schmutzwasser aus Haushalten und dem

in die Kanalisation abfließenden Niederschlagswasser, das jedenfalls den Großteil des kommunalen Abwassers ausmacht, kann kommunales Abwasser auch Abwasser aus Gewerbe- oder Industrieanlagen enthalten. Für ausschließlich Industrieabwasser ist das gegenständliche Verfahren nur ausnahmsweise gedacht, da dieses Abwasser je nach Industriezweig für Menschen gefährliche Inhaltsstoffe aufweist, die eine Trinkwasseraufbereitung sehr aufwändig machen würden. Ein Einsatz des gegenständlichen Verfahrens in der Lebensmittelindustrie wäre aber durchaus möglich.

[0019] Das erfindungsgemäße Verfahren wird vorteilhaft so eingesetzt, dass das zu reinigende Abwasser nach der Vorreinigung dem Ozonreaktionstank als sekundär gereinigtes Abwasser zugeführt wird. Mit sekundär gereinigtem Abwasser (engl. secondary effluent) wird Abwasser nach einer biologischen Reinigung bezeichnet.

[0020] Dieses Abwasser hat im monatlichen Durchschnitt typischer Weise weniger als 30 mg/L BSB (biologischen Sauerstoffbedarf) und typischer Weise weniger als 30 mg/L Feststoffe. Im Abwasser nach einer primären Reinigung (nach Entfernung von abgesunkenen und oben auf schwimmenden Feststoffen) und nach einer sekundären Reinigung sollten zumindest 85% des ursprünglichen BSB und der ursprünglich gelösten Feststoffe entfernt sein.

[0021] Selbstverständlich könnte das erfindungsgemäße Verfahren auch auf sogenanntes tertiär gereinigtes Abwasser (engl. tertiary effluent) angewendet werden. Im tertiär gereinigten Abwasser wurden vor allem noch Schwebstoffe, biologische Nährstoffe und Mikroverunreinigungen, wie pharmazeutisch wirksame Substanzen entfernt.

[0022] Erste Versuche zum erfindungsgemäßen Verfahren wurden mit Abwasser mit einer sehr hohen Bromidkonzentration von 0,7-1,35 mg/L durchgeführt. Die Versuche ergaben, dass bei einer Ozondosierung von insgesamt 5 mg/L ein gutes Verhältnis von Elimination von Mikroverunreinigungen und Nebenproduktbildung vorliegt. Höhere Ozondosierungen führten auch bei Zugaben von Wasserstoffperoxid zu einer übermäßigen Bromatbildung, die den WHO Trinkwassergrenzwert von 10 µg/L überschreitet. Bei höherer Bromidkonzentration im Abwasser ist daher auch eine Ozondosierung von insgesamt weniger als 5 mg/L, wie kleiner 4, 3, 2 oder 1 mg/L denkbar.

[0023] Eine Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens umfasst zumindest einen Ozonreaktionstank, mit zumindest einer Einrichtung zur Zugabe von Ozon und einem dem Ozonreaktionstank nachgeschalteten Membranfilter mit keramischer Membran. Die Vorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, dass im Membranfilter vor der Membran und/oder in der Leitung zwischen Ozonreaktionstank und Membranfilter, insbesondere unmittelbar vor dem Membranfilter, eine Einrichtung zur nochmaligen Zugabe von Ozon zum Wasser vorgesehen ist. Im einfachsten Fall ist die Einrichtung eine Leitung.

[0024] Darüber hinaus kann vorgesehen sein, dass eine Einrichtung zur Zugabe von Wasserstoffperoxid in den Ozonreaktionstank vorgesehen ist. Diese Einrichtung kann einfach eine Leitung sein, die eine Wasserstoffperoxid-Dosierstation mit dem Ozonreaktionstank, insbesondere mit einer Vorkammer des Ozonreaktionstanks, verbindet. In dem Fall wird also im Bereich des Ozonreaktionstanks dem Wasser das Wasserstoffperoxid vor dem Ozon zugeführt.

[0025] Alternativ oder zusätzlich kann vorgesehen sein, dass eine Einrichtung zur Zugabe von Wasserstoffperoxid in den Membranfilter vor der Membran und/oder in die Leitung zwischen Ozonreaktionstank und Membranfilter vorgesehen ist. Diese Einrichtung kann ebenfalls im einfachsten Fall eine Leitung sein, die eine Wasserstoffperoxid-Dosierstation mit dem Membranfilter verbindet bzw. die in die Leitung zwischen Ozonreaktionstank und Membranfilter mündet. Dabei wird das Wasserstoffperoxid gegebenenfalls vor dem Ozon zugegeben, das heißt, die Einrichtung zur Zugabe von Wasserstoffperoxid liegt in der Regel vor der Einrichtung zur Zugabe von Ozon.

[0026] Wie bereits im Zusammenhang mit dem Verfahren beschrieben, kann dem Membranfilter zumindest ein Aktivkohlefilter nachgeschaltet sein. Dies wird in der Regel ein Festbettfilter sein. Besonders vorteilhaft werden zwei solche Aktivkohlefilter hintereinander geschaltet, wobei der in Filterrichtung erste Aktivkohlefilter Aktivkohlepartikel enthält, auf denen Mikroorganismen auf-

wachsen können, und der zweite Aktivkohlefilter Aktivkohlepartikel zur Adsorption von Schadstoffen.

[0027] Meist wird dem Ozonreaktionstank zur Vorreinigung des Wassers eine Anlage zur biologischen Abwasserreinigung vorgeschaltet sein.

[0028] Auch wenn es außerhalb des Rahmens der gegenständlichen Erfindung liegt, kann die erfindungsgemäße Anlage so betrieben werden, dass nur Wasserstoffperoxid und kein Ozon zugegeben wird. Eine (Hybrid)variante besteht darin, dass das Verfahren mit Ozon im Ozonreaktionstank und mit alleiniger Wasserstoffperoxiddosierung vor der Membran betrieben wird.

KURZE BESCHREIBUNG DER FIGUR

[0029] Die Erfindung wird nun anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert. Dieses soll den Erfindungsgedanken zwar darlegen, ihn aber keinesfalls einengen oder gar abschließend wiedergeben. Dabei zeigt die Figur eine schematische Darstellung einer Anlage zur Abwasserreinigung, enthaltend eine erfindungsgemäße Vorrichtung.

WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

[0030] In der Figur ist ein Teil einer Anlage zur Abwasserreinigung dargestellt, nämlich der Teil nach der sekundären bzw. tertiären Abwasserreinigung. Das sekundär gereinigte Abwasser 1 kann direkt dem Ozonreaktionstank 3, hier seiner Vorkammer 17, zugeführt werden. Und/oder das sekundär gereinigte Abwasser 1 wird zuerst einem Festbettfilter 2 zugeführt, wo es von oben nach unten durch hier zwei unterschiedliche Filtermedien geführt wird, und somit eine tertiäre Abwasserreinigung erfährt. Die tertiäre Filterung könnte aber auch mit nur einer Filterschicht erfolgen, z.B. einem reinen Sandfilter. Das im Festbettfilter 2 gereinigte Abwasser wird dem Ozonreaktionstank 3 zugeführt, wo dem Wasser in einer Vorkammer 17 bei Bedarf Wasserstoffperoxid aus einer Wasserstoffperoxid-Dosierstation 11 über eine Leitung 27 zugeführt werden kann, wobei die Leitung 27 somit eine Einrichtung zur Zugabe von Wasserstoffperoxid in den Ozonreaktionstank 3 darstellt. Aus der Vorkammer 17 tritt das Wasser über eine Überlaufkante in die anschließende erste Kammer 18 des Ozonreaktionstanks 3 ein. In die erste Kammer 18 wird nahe dem Boden mit Verteilern 20 Ozon eingebracht, das aus Sauerstoff 19 (symbolisch durch Sauerstoffflaschen dargestellt) durch einen Ozongenerator 12 hergestellt und über eine sich dann aufteilende Leitung 28 eingeleitet wird. Durch die Art der Zugabe des Ozons, z.B. mittels Diffusoren und/oder Injektoren, tritt eine bestimmte notwendige Vermischung von Ozon und Wasser ein. In der ersten Kammer 18 ist eine unten offene Tauchwand vorgesehen, um welche das mit dem ersten Verteiler 20 mit Ozon versetzte Wasser unten herum strömt. Nach dieser Tauchwand ist ein zweiter Verteiler 20 vorgesehen. Dabei wird über den ersten Verteiler 20 in der ersten Kammer 18 mehr Ozon, z.B. bis zu 5 mg/L, eingebracht als über den zweiten Verteiler 20, über den z.B. nur bis zu 3 mg/L Ozon eingebracht werden. Über eine oben offene Tauchwand tritt das Wasser in die zweite Kammer 21 des Ozonreaktionstanks 3 ein. Auch diese Kammer 21 enthält eine unten offene Tauchwand, um welche das Wasser fließen muss, um schließlich über eine Überlaufkante in die Austrittskammer 22 zu gelangen. In der zweiten Kammer 21 ist hier kein Verteiler 20 für Ozon vorgesehen. Vor- und Austrittskammer 17, 22 sind kleiner dimensioniert als die beiden Kammern 18, 21.

[0031] Im Ozonreaktionstank 3 wird in der Regel ein Großteil, oder etwa die Hälfte, des insgesamt zugegeben Ozons zugeführt werden und durch das Vermischen mit den organischen Stoffen und Mikroorganismen im zu reinigenden Wasser reagieren. Selbstverständlich kann der Ozonreaktionstank 3 auch anders ausgeführt sein, z.B. mit noch mehr Kammern 18, 21, und/oder mit anderen Einrichtungen zum Zugeben von Ozon (Diffusoren, Injektoren), und/oder mit mehreren Zugabestellen für Ozon, z.B. Zugabestellen in mehr als einer Kammer 18 oder nur eine Zugabestelle in der ersten Kammer 18, nämlich vor der unten offenen Tauchwand.

[0032] Der Ozonreaktionstank 3 ist mit einer Leitung 23 direkt mit dem Membranfilter 4 verbunden, es sind also keine weiteren Filtergeräte zwischen Ozonreaktionstank 3 und Membranfilter 4 vorgesehen. Das Wasser aus dem Ozonreaktionstank 3 wird mit einer Pumpe in den Membran-

filter 4 gepumpt. In diesem Ausführungsbeispiel mündet eine weitere Leitung 24, die vom Ozongenerator 12 kommt, in die Leitung 23. Mit der Leitung 24 wird - zusätzlich zum Ozon, das in den Ozonreaktionstank 3 eingebracht wurde - Ozon in die Leitung zwischen Ozonreaktionstank 3 und Membranfilter 4 eingeleitet. In der Regel wird in die Leitung 23 bzw. in den Membranfilter 4 eine geringere Menge Ozon eingebracht als in den Ozonreaktionstank 3. Es könnten somit in die Leitung 23 bzw. in den Membranfilter 4 als nochmalige Zugabe von Ozon 5 mg/L Ozon zugegeben werden. Das Volumen der Leitung 23, gemessen zwischen der Einmündung der Leitung 24 und dem Membranfilter 4 bzw. dessen Membran(en), wird in der Regel kleiner sein als jenes der Kammern 18, 21, 22 des Ozonreaktionstanks 3, wo Ozon im Wasser ist. Insofern hat das durch Leitung 24 zugeführte Ozon nicht so viel Zeit bzw. eine zu hohe Fließgeschwindigkeit, um weiter mit den organischen Stoffen zu reagieren wie das im Ozonreaktionstank 3 zugegebene Ozon. Es bleibt daher Ozon übrig, das auf die keramischen Membranen des Membranfilters 4 trifft und dort den Filterkuchen reduziert. Anders ausgedrückt ist die Stelle, wo die Leitung 24 für Ozon in die Leitung 23 mündet, so festzulegen, dass eben ausreichend Ozon für die Abreinigung der Membranen im Membranfilter 4 erhalten bleibt. Dazu könnte etwa bei langen Leitungen 23 die Stelle der Einmündung der Leitung 24 näher beim Membranfilter 4 als beim Ozonreaktionstank 3 gewählt werden, insbesondere nahe dem Membranfilter 4, also etwa in den letzten 10% oder 5% der Länge der Leitung 23. Besonders vorteilhaft ist die Einmündung der Leitung 24 direkt bei der Einmündung der Leitung 23 in den Membranfilter 4. Insofern stellt natürlich die Zugabe vom Ozon direkt in den Membranfilter 4 jene Möglichkeit dar, um das meiste außerhalb des Ozonreaktionstanks 3 zugegebene Ozon zu den Membranen zu bringen.

[0033] Selbstverständlich können auch mehrere Zugabestellen von Ozon außerhalb des Ozonreaktionstanks 3 vorgesehen sein. Die Leitung 24 könnte sich weiter verzweigen und mehrere Zweige an unterschiedlichen Stellen längs der Leitung 23 in die Leitung 23 münden. Oder die Leitung 24 könnte nur in den Membranfilter 4 münden. Oder mehrere Zweige der Leitung 24 können nur in den Membranfilter 4 münden. Oder ein Zweig der Leitung 24 mündet in die Leitung 23 und ein weiterer Zweig mündet in den Membranfilter 4.

[0034] Bei Bedarf kann in die Leitung 23 - zusätzlich oder alternativ zur Dosierung in den Ozonreaktionstank 3 - Wasserstoffperoxid zudosiert werden, über die von der Wasserstoffperoxid-Dosierstation 11 kommende Leitung 26, die vor der Leitung 24 für Ozon in die Leitung 23 mündet.

[0035] Der Membranfilter 4 weist keramische Membranen auf, die gegenüber Ozon widerstandsfähiger sind als etwa Kunststoffmembranen. Der Membranfilter 4 kann beispielsweise aus einer Vielzahl parallel zueinander angeordneter Membranröhrchen aufgebaut sein. Die Membranröhrchen haben dabei meist einen Innendurchmesser von einigen Millimetern und eine Länge in der Größenordnung von einem Meter. Eine Vielzahl von Membranröhrchen, etwa in der Größenordnung von hundert, ist dabei zu einem sogenannten Modul zusammengefasst, der bei Bedarf austauschbar ist. Dabei sind die Membranröhrchen eines Moduls z.B. innerhalb einer rohrförmigen Hülle angeordnet. Mehrere Module sind dann in einem gemeinsamen Tank oder Membranrack (mehrere Membranmodule sind mit Verteil- und Sammelrohren zu einem Membranrack verbaut) oder Membranstapel angeordnet, der bzw. das hier als Membranfilter 4 bezeichnet wird. Die Leitung 23 für das zu reinigende Wasser mündet in den Membranfilter 4 und kann innerhalb des Membranfilters 4, also etwa innerhalb des Tanks, in Form von eigenen Zuführleitungen weitergeführt werden, die dann bei den Modulen enden, insbesondere unterhalb der meist senkrecht angeordneten Module, um das zu reinigende Wasser direkt zu den Modulen zu fördern. Das Ozon, das in einer denkbaren Ausführungsvariante direkt in den Membranfilter 4 eingebracht wird, könnte dann beispielsweise auch innerhalb des Tanks über Zweige der Leitung 24 in diese Zuführleitungen eingebracht werden.

[0036] Das Permeat aus dem Membranfilter 4 gelangt in einen ersten Aktivkohlefilter 5, welcher granuliert Aktivkohle enthält, auf welcher sich Mikroorganismen ansiedeln, die der weiteren Zerlegung von organischen Bestandteilen dienen. An den ersten Aktivkohlefilter 5 schließt ein zweiter Aktivkohlefilter 6 an, dessen Aktivkohlepartikel zur Adsorption von Schadstoffen dienen, insbesondere von jenen, die zuvor im ersten Aktivkohlefilter 5 durch Abbau aus komplexeren Kohlenstoffverbindungen entstanden sind.

[0037] Das im zweiten Aktivkohlefilter 6 gereinigte Wasser kann optional in einer Entsalzungseinheit 7 teilweise entsalzt werden, oder gleich in einen Wassertank 8 geleitet und gesammelt werden. Retentat aus der Entsalzungseinheit 7 wird aus der Anlage abgezogen. Das Wasser aus dem Wassertank 8 wird mit Chlorgas aus einem Chlorbehälter 25 versetzt, bevor es im Chlorierungstank 9 gespeichert wird. Von dort kann es als gereinigtes Wasser 10 abgezogen und als Trinkwasser verwendet werden.

[0038] Das Rückspülwasser aus dem Membranfilter 4 kann in den Festbettfilter 2 zurückgeführt werden, sofern dieser vorhanden ist.

[0039] Um den Membranfilter 4 periodisch reinigen zu können, wird gereinigtes Wasser nach dem Membranfilter 4 (oder auch gereinigtes Wasser nach den Aktivkohlefiltern 5, 6 oder aus dem Wassertank 8) in einem Rückspültank 13 gespeichert und gegen die Filtrationsrichtung durch die Membranen gepresst. Das dabei anfallende Rückspülwasser wird in den Festbettfilter 2 zurückgeführt und/oder als Rückspülwasser 16 aus der Anlage zur Abwasserreinigung abgezogen. Dieses einfache Rückspülen erfolgt typischer Weise ein- bis dreimal pro Stunde. In größeren Abständen, z.B. einmal pro Woche, ist eine chemisch unterstützte Rückspülung erforderlich, um nicht nur den organischen Filterkuchen, der zwar durch die Ozonierung verringert ist, zu entfernen, sondern auch mineralische Ablagerung, wie z.B. Kalk. Dabei wird dem Rückspülwasser aus dem Rückspültank 13 gemäß Stand der Technik z.B. Zitronensäure und Hypochlorit zugemischt. Durch die Zuführung von Ozon direkt vor dem Membranfilter 4 kann die Menge der Chemikalien, z.B. von Hypochlorit, verringert werden.

[0040] Auch erster und zweiter Aktivkohlefilter 5,6 müssen von Zeit zu Zeit gereinigt werden. Dazu wird einerseits mit einem Rückspülgebläse 15 Luft gegen die Filtrerrichtung eingebracht, andererseits wird mit einer Rückspülpumpe 14 gereinigtes Wasser aus dem Wassertank 8 gegen die Filtrerrichtung eingebracht. Das Rückspülwasser 16 aus den Aktivkohlefiltern 5,6 wird dann aus der Anlage abgezogen.

BEZUGSZEICHENLISTE

- | | |
|----|----------------------------------|
| 1 | sekundär gereinigtes Abwasser |
| 2 | Festbettfilter |
| 3 | Ozonreaktionstank |
| 4 | Membranfilter |
| 5 | erster Aktivkohlefilter |
| 6 | zweiter Aktivkohlefilter |
| 7 | Entsalzungseinheit |
| 8 | Wassertank |
| 9 | Chlorierungstank |
| 10 | gereinigtes Wasser |
| 11 | Wasserstoffperoxid-Dosierstation |
| 12 | Ozongenerator |
| 13 | Rückspültank |
| 14 | Rückspülpumpe |
| 15 | Rückspülgebläse |
| 16 | Rückspülwasser |

- 17 Vorkammer des Ozonreaktionstanks 3
- 18 erste Kammer des Ozonreaktionstanks 3
- 19 Sauerstoff
- 20 Verteiler für Ozon (Einrichtung zur Zugabe von Ozon)
- 21 zweite Kammer des Ozonreaktionstanks 3
- 22 Austrittskammer
- 23 Leitung
- 24 Leitung vom Ozongenerator 12 in die Leitung 23 (Einrichtung zur nochmaligen Zugabe von Ozon zum Wasser)
- 25 Chlorbehälter
- 26 Leitung von der Wasserstoffperoxid-Dosierstation 11
- 27 Leitung von der Wasserstoffperoxid-Dosierstation 11
- 28 Leitung abgehend vom Ozongenerator 12

Patentansprüche

1. Verfahren zur Aufbereitung von Abwasser oder kontaminiertem Rohwasser zu Trinkwasser, wobei, nach einer Vorreinigung des Wassers, dem Wasser in einem Ozonreaktionstank (3) Ozon zugegeben wird und eine Reaktion von Ozon und Verunreinigungen des Wassers erfolgt, wobei das Wasser danach einem Membranfilter (4) mit keramischer Membran zugeführt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Membranfilter (4) vor der Membran und/oder in der Leitung (23) zwischen Ozonreaktionstank (3) und Membranfilter (4), insbesondere unmittelbar vor dem Membranfilter (4), eine nochmalige Zugabe von Ozon zum Wasser erfolgt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Menge des zugegebenen Ozons für zumindest eine Zugabe so gewählt wird, dass der Restgehalt an freiem Ozon nach jeder Zugabe kleiner als 0,1 mg/L ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Restgehalt des freien Ozons einmal nach dem Ozonreaktionstank (3) und/oder einmal im Permeat des Membranfilters (4) gemessen wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Restgehalt des freien Ozons durch Versuchsmessungen an Wasser nach der Vorreinigung, insbesondere sekundärem oder tertiärem Abwasser, bestimmt wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Wasser insgesamt weniger als 15 mg/L Ozon, insbesondere weniger als 12 mg/L Ozon, besonders bevorzugt weniger als 10 mg/L Ozon, zugegeben werden.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Ozonreaktionstank (3) 50-80% des insgesamt zugeführten Ozons zugegeben wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Wasser im Ozonreaktionstank (3) an mehreren Zugabestellen Ozon zugegeben wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass an der - in Filterrichtung gesehen - ersten Zugabestelle im Ozonreaktionstank (3) mehr Ozon zugegeben wird als an den anderen Zugabestellen im Ozonreaktionstank (3).
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass unmittelbar vor oder im Ozonreaktionstank (3) eine Zugabe von Wasserstoffperoxid zum Wasser erfolgt.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Membranfilter (4) vor der Membran und/oder in der Leitung (23) zwischen Ozonreaktionstank (3) und Membranfilter (4) eine Zugabe von Wasserstoffperoxid zum Wasser erfolgt.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Wasser nach dem Membranfilter (4) mit Aktivkohle gefiltert wird.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das zu reinigende Wasser kommunales Abwasser ist.
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das zu reinigende Abwasser nach der Vorreinigung dem Ozonreaktionstank (3) als sekundär oder tertiär gereinigtes Abwasser (1) zugeführt wird.
14. Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 13, umfassend zumindest einen Ozonreaktionstank (3), mit zumindest einer Einrichtung (20) zur Zugabe von Ozon, einem dem Ozonreaktionstank nachgeschalteten Membranfilter (4) mit keramischer Membran, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Membranfilter (4) vor der Membran und/oder in der Leitung (23) zwischen Ozonreaktionstank (3) und Membranfilter (4), insbesondere unmittelbar vor dem Membranfilter (4), eine Einrichtung (24) zur nochmaligen Zugabe von Ozon zum Wasser vorgesehen ist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Einrichtung (27) zur Zugabe von Wasserstoffperoxid unmittelbar vor oder in den Ozonreaktionstank (3) vorgesehen ist.
16. Vorrichtung nach Anspruch 14 oder 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Einrichtung (26) zur Zugabe von Wasserstoffperoxid in den Membranfilter (4) vor der Membran und/oder in die Leitung (23) zwischen Ozonreaktionstank (3) und Membranfilter (4) vorgesehen ist.
17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Membranfilter (4) zumindest ein Aktivkohlefilter (5, 6) nachgeschaltet ist.
18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Ozonreaktionstank (3) zur Vorreinigung des Wassers eine Anlage zur biologischen Abwasserreinigung vorgeschaltet ist.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

