



(19)

REPUBLIK
ÖSTERREICH
Patentamt

(10) Nummer: **AT 411 596 B**

(12)

PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: A 1234/2002

(51) Int. Cl.⁷: **C02F 1/30**

(22) Anmeldetag: 14.08.2002

(42) Beginn der Patentdauer: 15.08.2003

(45) Ausgabetag: 25.03.2004

(73) Patentinhaber:

MEDISCAN GMBH
A-4550 KREMSMÜNSTER,
OBERÖSTERREICH (AT).

AT 411 596 B (54) VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR NACHBEHANDLUNG VON KLÄRANLAGEN-
ABLAUFWÄSSERN

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein neues Verfahren zur Nachbehandlung des aus einer Reinigungs- bzw. Kläranlage für kommunale Abwässer abströmenden Ablaufwassers, welches dadurch gekennzeichnet ist, dass in einem Strom oder zumindest in einem - letztlich mit einem Ablaufwasser-Rest-Teilstrom zu vereinigenden - Teilstrom des die Abwasser-Reinigungsanlage verlassenden Abwassers durch Führen bzw. Bewegen desselben in Form eines kontinuierlichen Flüssigkeitskörpers durch das Feld mindestens einer - ionisierende Strahlung, insbesondere Gamma-, Röntgen- oder Elektronenstrahlung abgebenden - Strahlungsquelle der Gehalt dieses Ablaufwasser-(Teil)stroms an endokrin wirksamen und für die aquatische Umwelt bedenklichen Hormonen bzw. Hormon-Metaboliten aus der Gruppe der Östrane, insbesondere der Östrogene, reduziert wird. Weiters betrifft sie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

Die vorliegende Erfindung betrifft ein neues Verfahren zur Nachbehandlung des aus einer Reinigungs- bzw. Kläranlage für kommunale Abwässer abströmenden Ablaufwassers sowie weiters eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens, die Verwendung des Verfahrens und die Verwendung der ebengenannten Vorrichtung.

5 In den letzten Jahren sind zunehmend subakute chronische Giftwirkungen, wie insbesondere endokrine Wirkungen, verursachende Stoffe in den Mittelpunkt des Interesses ökologischer Betrachtungen gerückt. So sind beispielsweise Untersuchungen bekannt geworden, die sich das Ziel gesetzt haben, Methoden zu entwickeln, mit deren Hilfe die Kontamination der aquatischen Umwelt mit endokrin wirksamen Substanzen festgestellt werden können. Die aus den Untersuchungen 10 resultierenden Erkenntnisse sollen letztlich insbesondere dem Schutz der aquatischen Lebensräume und - mit denselben innig verknüpft - der Trinkwasserressourcen dienen und somit letztendlich auch dem Menschen. Die Wirkmechanismen und die Frage, über welche Komponenten des endokrinen Systems bei wasserbewohnenden Tieren, wie insbesondere Fischen, die endokrine Wirkung vermittelt wird, sind Gegenstand laufender Forschungsprojekte, um zu Ergebnissen 15 bezüglich der Fragestellung zu gelangen, inwieweit aus der Kontamination von Gewässern eine wirkungsrelevante Belastung aquatischer Ökosysteme, des Trinkwassers und in Folge davon eben auch anderer Lebensmittel eintreten kann, wobei nicht zuletzt die Frage bezüglich chronischer Wirkungen und Spätfolgen beim Menschen im Raum steht.

20 Im Zusammenhang mit den Auswirkungen von Hormonen in Wässern sei nur beispielhaft auf die Publikation von Routledge et al. (1998) "Identification of Estrogenic Chemicals in STW Effluent. 2. In Vivo Responses in Trout and Roach", Environ.Sci.Technol., 32, 1559-1565, hingewiesen, aus welcher hervorgeht, dass durch die Einleitung geklärter Abwässer aus kommunalen Kläranlagen in Flüsse, in dieselben nachweislich ausreichende Mengen an Östranen gelangen, um bei Fischen endokriotoxische Wirkungen hervorzurufen (STW = Sewage Treatment Work).

25 So haben eigene Untersuchungen das eher unerwartete Ergebnis gebracht, dass im Zuge der an sich sehr aufwändigen und intensiven Aufbereitung kommunaler Abwässer in großstädtischen Abwasserreinigungsanlagen praktisch kein oder nur ein äußerst bescheidener Abbau der (human-) endokrinwirksamen Hormone, wie insbesondere jener aus der Gruppe der Östrane, zu letztlich endokrin nicht mehr wirksamen Abbauprodukten erfolgt.

30 Diese Substanzen aus der Klasse der Hormone sind also biologisch kaum abbaubar und verlassen daher die Abwasserreinigungsanlage im gereinigten Ablaufwasser praktisch in Konzentrationen, in denen sie nach wie vor hoch wirksam sind.

35 Im Hinblick auf die eingangs in ihrer Breite und Bedeutung keineswegs vollständig dargelegte und auch in ihrer Langzeitwirkung und im Hinblick auf nachteilige Synergien mit anderen im Ablaufwasser enthaltenen, ebenfalls in geringen Mengen vorliegenden Problem- und/oder Schadstoffen qualitativ und quantitativ noch kaum abschätzbare Problematik hat sich die vorliegende Erfindung die Aufgabe gestellt, ein Verfahren zu entwickeln, welches es ermöglicht, den in der Abwasserreinigungsanlage praktisch nicht erreichbaren Abbau endokrin wirksamer Substanzen in einem derselben nachgeschalteten Verfahrensschritt bzw. Nachbehandlung-Schritt bis zu einem jeweils 40 gewünschten bzw. aus ökologischer Sicht als notwendig erachteten bzw. erwiesenen Ausmaß zu erzielen.

45 Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist somit ein Verfahren der eingangs genannten Art, welches dadurch gekennzeichnet ist, dass in einem Strom oder zumindest in einem - letztlich mit einem Ablaufwasser-Rest-Teilstrom zu vereinigenden - Teilstrom des die Abwasser-Reinigungsanlage verlassenden Abwassers durch Führen bzw. Bewegen desselben in Form eines kontinuierlichen Flüssigkeitskörpers durch das Feld mindestens einer - ionisierende Strahlung, insbesondere Gamma-, Röntgen- oder Elektronenstrahlung abgebenden - Strahlungsquelle der Gehalt dieses Ablaufwasser-(Teil)stroms an endokrin wirksamen und für die aquatische Umwelt bedenklichen Hormonen bzw. Hormon-Metaboliten aus der Gruppe der Östrane, insbesondere der Östrogene, 50 reduziert wird.

55 Bevor auf die Vorteile der Erfindung näher eingegangen wird, ist generell festzustellen, dass schon seit längerem - teilweise auch schon durchaus praxisbewährte - Verfahren zur Hebung der Qualität von "trinkwasser-nahen", also schon von vornherein ziemlich reinen und an sich - von natürlichen Wasserinhaltsstoffen abgesehen - geringe Mengen an Inhaltsstoffen aufweisenden Wässern auf - den jeweils behördlich vorgeschriebenen Standards bzw. Vorgaben dann tatsächlich

entsprechende -Trinkwasserqualität bekannt geworden sind, wobei diese Verfahren eine Behandlung der Wässer mit ionisierender Strahlung vorsehen, wobei aus Gründen der unproblematischen Steuerung und insbesondere im Hinblick auf die Möglichkeit eines einfachen Abschaltens der Einsatz von Elektronenstrahlung besonders bevorzugt ist.

5 Es ist auf diesem Sektor insbesondere auf die AT 392 462 B, welche den Abbau von chlorierten Ethylenen in reinen Wässern betrifft, auf die AT 405 173 B, die sich mit der Reduzierung der Gehalte Triazin-Derivaten in derartigen Wässern beschäftigt, weiters auf die AT 407 521 B, deren Gegenstand in der Unschädlichmachung von gentoxisch wirksamen Substanzen in solchen Wässern liegt, sowie schließlich auf die AT 399 863 B hingewiesen, welche die Reduktion der Mikroorganismenzahl zum Inhalt hat.

10 Bei allen diesen bekannten Verfahren geht es um die Behandlung von dem "Trinkwasserstatus" nahen Wässern, also von Wässern mit oft äußerst geringen Schadstoff-Belastungen und relativ geringen Mengen an sonstigen Inhaltsstoffen, mit ionisierender Strahlung.

15 Allen diesen Verfahren ist gemeinsam, dass der Schadstoffabbau bzw. die Inaktivierung von Mikroorganismen durch die in Wasser durch die Einwirkung ionisierender Strahlung gebildeten Wasserradikale erfolgt. Da die so gebildeten Radikale extrem reaktionsfreudig sind, reagieren sie nicht nur in gewünschter Weise mit Schadstoffen bzw. Mikroorganismen, sondern auch mit fast allen sonst noch im Wasser vorhandenen Wasserinhaltsstoffen. Daraus folgt, dass die Effizienz des Schadstoffabbaus bzw. der Inaktivierung von Mikroorganismen durch die Einwirkung ionisierender Strahlung in hohem Maße von den im Wasser vorhandenen Wasserinhaltsstoffen bestimmt wird. Da dieser Anteil in Trinkwässern wesentlich geringer ist als in den Abläufen von Kläranlagen, liegen bei der Trinkwasserbestrahlung besonders günstige Bedingungen für einen Schadstoffabbau bzw. für die Inaktivierung von Mikroorganismen durch die Einwirkung von ionisierender Strahlung vor.

20 25 Zu dem durch die oben genannten vier Patentsschriften repräsentierten Stand der Technik auf dem Gebiet der Trinkwasser-Aufbereitung ist ganz besonders darauf hinzuweisen, dass dort der erfolgreiche Abbau der Schadstoffe in den damit belasteten Wässern keineswegs durch eine Behandlung der Ausgangswässer mit ionisierender Strahlung allein erzielt wird, sondern nur dadurch, dass zusätzlich zur Einwirkung der ionisierenden Strahlung in das zu behandelnde Wasser eine gleichzeitige Einbringung von Ozon in dasselbe vorgesehen werden musste, um den gemäß den oben angeführten Schriften angestrebten Erfolg eines ins Gewicht fallenden, gezielten Abbaus der oben genannten Schadstoffe zu erreichen.

30 35 Zum technologischen Hintergrund auf dem Abwasserbehandlungssektor sei weiters auf die DE 25 46 756 C hingewiesen, welche die Hygienisierung von kommunalen Klärschlämmen mittels Elektronenstrahlung in einer Durchflusssrinne, also eine Reduzierung der dort enthaltenen hohen Mikroorganismen-Anzahl zum Gegenstand hat.

40 45 Gemäß dieser Patentschrift ist - offenbar dort auch wegen zu geringer Wirksamkeit der Strahlung allein - eine zusätzliche Einbringung von Sauerstoff in den der ionisierenden Strahlung ausgesetzten Klärschlamm vorgesehen, wobei dort die eigentliche Wirksamkeit des Sauerstoff-Eintrags dem durch die angewandte Strahlung aus dem Sauerstoff zum Teil gebildeten Ozon zugeschrieben wird.

Die Klärschlammhygienisierung durch Bestrahlung wurde technisch in Geiselbullach, Deutschland, bereits realisiert, wobei allerdings nicht Elektronenstrahlung, sondern Gammastrahlung zum Einsatz kam. Auch im Fall der Gammabestrahlung konnte aus wirtschaftlichen Gründen nicht auf die zusätzliche Einbringung von Luftsauerstoff in den zu bestrahlenden Klärschlamm verzichtet werden.

50 55 Im Hinblick auf die sowohl bei der Verbesserung von Wässern auf Trinkwasserqualität als auch bei der Hygienisierung von Klärschlämmen als unabdingbar erkannte Notwendigkeit einer simultanen Einwirkung von ionisierender Strahlung und Ozon bzw. Sauerstoff zur Erreichung des angestrebten Ziels des Abbaus von Schadstoffen bzw. der Inaktivierung von Mikroorganismen erbrachten die oben angeführten, eingehenden Versuche mit und Untersuchungen an aus Abwasserbehandlungsanlagen kommenden Ablaufwässern die überraschende Erkenntnis, dass in denselben im Nanogramm-pro-Liter-Bereich vorhandene, vom vorangegangenen Abwasserbehandlungsprozess weitgehend unberührt gebliebene Schadstoff-Substanzen, wie eben die genannten Hormone - die in einer vergleichsweise äußerst hohe Gehalte an organischer Substanz, wie z.B.

einen CSB-Wert von über 100 mg/L und einen TOC-Wert von 30 bis 40 mg/L, aufweisenden und erwarteterweise den größten Teil der Strahlungsenergie "verzehrenden" Matrix im Ablaufwasser vorliegen - durch die Einwirkung ionisierender Strahlung allein und ohne zusätzliche simultane Einbringung von Ozon und/oder Sauerstoff und ohne irgend eine sonstige, den Abbau unterstützende Maßnahme - in durchaus effektiver Weise - zu offensichtlich dann nicht mehr endokrin wirksamen Substanzen abgebaut werden können.

5 Erstaunlicherweise wurde weiters gefunden, dass die ionisierende Strahlung - ohne Beihilfe von Ozon und/oder Sauerstoff - bei der jeweils zur Reduzierung der im jeweiligen Ablaufwasser enthaltenen Hormon-Gehalte eingesetzten Strahlungsdosis - ohne Beeinträchtigung des Hormonabbaus - auch die Zahl der Mikroorganismen, insbesondere aus der Gruppe der coliformen Bakterien, im Ablaufwasser - in beachtlichem Maße zu reduzieren imstande ist.

10 Was die für einen effektiven Abbau der Hormone in den Ablaufwasser-Flüssigkeitskörper günstigerweise einzubringende Strahlungsdosis - im Wesentlichen unabhängig von der Art der Strahlung - betrifft, so sind dem Anspruch 2 - vom Standpunkt der Wirtschaftlichkeit her - zu bevorzugende Bereiche der anzuwendenden Strahlungsdosis zu entnehmen. Bei Anwendung dieser Strahlungsdosen kann ein Hormonabbau im Ausmaß von bis zu drei Größenordnungen erzielt werden. Im Falle des Einsatzes von Elektronenstrahlung bieten sich für die genannten Dosis-Werte Elektronenbeschleuniger in einem Energiebereich von 0,5 bis 5 MeV besonders an.

15 Bei Anwendung dieser Strahlungsdosen kann ein Hormonabbau im Ausmaß von bis zu drei Größenordnungen erreicht werden.

20 Der Gegenstand des Anspruches 3 betrifft die im Rahmen der Erfindung erzielte, unerwartet hohe Mikroorganismen-Inaktivierung, deren Ausmaß durchaus im Bereich von 2 bis 5 Zehnerpotenzen liegen kann, wobei diese Inaktivierung die Effizienz des Hormonabbaus nicht beeinträchtigt.

25 Es hat sich - wie dem Anspruch 4 zu entnehmen - als vorteilhaft erwiesen, den Flüssigkeitskörper des Ablaufwassers in kompakter Form durch das Strahlungsfeld zu führen.

30 Prinzipiell ist es - wie dem Anspruch 5 zu entnehmen - günstig, für eine Art intensiven Austausch der der Strahlungsquelle näheren Volums-Schichten des den Strahlungskegel durchlaufenden Flüssigkeitskörpers mit den von der Strahlungsquelle weiter entfernten bzw. äußeren Schichten desselben Sorge zu tragen.

35 Es hat sich im Sinne einer in Anbetracht der äußerst geringen Menge der abzubauenden Hormone bei gleichzeitiger Anwesenheit großer Mengen an Matrixstoffen im Ablaufwasser möglichst multilateralen Exposition des Ablaufwassers gegenüber der Strahlung als günstig erwiesen, möglichst für eine turbulente Strömung im Ablaufwasser-Flüssigkeitskörper Sorge zu tragen, wozu auf den Anspruch 6 verwiesen sei.

40 Der Anspruch 7 gibt an, welche Form der Flüssigkeitskörper im Falle des Einsatzes von Elektronenstrahlung für die Erreichung optimaler Ergebnisse der Hormonreduktion günstigerweise aufweisen soll.

45 Günstig ist es, im Falle des Einsatzes von Elektronenstrahlung weiters, zur Vermeidung von Strahlungsverlusten, die bei Einsatz einer geschlossenen Strahlungseinwirkungs-Kammer eintreten, mit zur Strahlungsquelle hin offener Kammer zu arbeiten, wie dem Anspruch 8 zu entnehmen.

50 Einen weiteren Gegenstand der vorliegenden Erfindung bildet, wie eingangs kurz erwähnt, eine Vorrichtung zur Durchführung des neuen Abwasser-Nachbehandlungsverfahrens gemäß Anspruch 9, welche dadurch gekennzeichnet ist, dass sie - für den Fall des Einsatzes von Elektronenstrahlung - mindestens eine im Bereich des Strahlungskegels des Elektronenbeschleunigers zum genannten Kegel quer, bevorzugt im Wesentlichen senkrecht, zur Strahlungsrichtung angeordnete, jeweils mindestens eine Zuführung für aus einer kommunalen Abwasserreinigungsanlage kommendes, hormonhaltiges, und mindestens eine Abführung für zumindest in seinem Gehalt an Hormonen reduziertes Ablaufwasser aufweisende, die Ausbildung eines im Wesentlichen schichtartig flachen, kontinuierlich strömenden Flüssigkeitskörpers bewirkende, zur Strahlungsquelle hin entweder mit einem strahlungs-transparenten Fenster ausgestattete, oder aber bevorzugterweise in der genannten Richtung offene, Strahlungseinwirkungs-Kammer bzw. -Zelle umfasst.

55 Den beiden Ansprüchen 10 und 11 sind zwei - insbesondere für die Erzeugung erwünschter Turbulenz im die Strahlungseinwirkungs-Kammer bzw. -Zelle durchströmenden Ablau-

wasser-Flüssigkeitskörper vorteilhafte - Ausgestaltungsformen von Turbulenz-Generatoren zu entnehmen.

Die beiden Ansprüche 12 und 13 betreffen jeweils die neue Verwendung des neuen Abwasser-Nachbehandlungsverfahrens und der oben angeführten Vorrichtung zu dessen Durchführung in ihrer Grundkonzeption sowie in jeder der oben näher beschriebenen bevorzugten Ausführungsformen.

Anhand der folgenden Beispiele wird die Erfindung näher erläutert:

Beispiele:

10 Für alle im Folgenden beschriebenen Versuche wurde ein Ablaufwasser aus einer Kläranlage verwendet, das folgende Kenndaten aufwies:

CSB 124 mg/L;	TOC 37 mg/L;
BSB ₅ 41 mg/L;	TSS 44 mg/L;
Total-N 38 mg/L;	Total-P 2,4 mg/L

15 Außerdem enthielt dieses Ablaufwasser Östrane in folgenden Konzentrationen:

Östran 20 ng/L;	17a Östradiol 2,6 ng/L;
17b Östradiol 2,3 ng/L;	Östriol 24 ng/L;
Ethinylöstradiol 4,2 ng/L	

20 Darüber hinaus enthielt dieses Wasser noch erhebliche Mengen an coliformen Bakterien, und zwar:

930 000/100 ml Gesamtcoliforme;	
480 000/100 ml Fäkalcoliforme und	
346 590/100 ml E.coli.	

30 Dieses Wasser wurde sowohl einer Elektronenbestrahlung als auch einer Gammabestrahlung unterworfen. Für die Elektronenbestrahlungen wurde eine im Forschungszentrum Seibersdorf befindliche Laboranlage verwendet, die es ermöglichte, die Schichtdicke der die Bestrahlungskammer durchfließenden Flüssigkeit zwischen 1 und 3 mm zu variieren. Auf den Boden der Bestrahlungskammer sind bei der 3 mm-Schichthöhen-Anordnung Drähte in Fischgrät-Anordnung aufgeschweißt, um die Turbulenz zu erhöhen.

35 Der Elektronenbeschleuniger, der 500 keV-Elektronen liefert, wurde mit Stromstärken zwischen 2 und 8 mA gefahren, um die erforderlichen Strahlendosen, wie aus der folgenden Ergebnistabelle ersichtlich, zu applizieren.

40 Für die Bestrahlung des Ablaufwassers mit Gammastrahlung wurde eine Kobalt-60 Gammacell 220 der Fa. Nordion, Canada, mit einer Dosisleistung von etwa 0,9 Gy/s eingesetzt. Die Ergebnisse der Reduzierung des Hormongehaltes zeigt ebenfalls die folgende Ergebnistabelle:

45

50

55

Bestrahlungsverfahren	Dosis Gy	Konzentration in ng/L im Ablaufwasser					Keim-Anzahl in 100 ml	
		Östron	17a-Östra-diol	17b-Östra-diol	Östriol	17a-Ethinyl-östradiol	Gesamt-coliforme	Fäkal-coliforme
500 keV Elektronen, Wasserschicht 1 mm	0	20	2,6	2,3	24	4,2	930 000	480 000
	250	-	-	-	-	-	240 000	24 000
	500	12	0,9	0,3	14	1,4	4 800	4 800
	750	-	-	-	-	-	930	480
	1000	5,9	0,6	0,4	8,1	n.n.	48	150
	2000	1,7	0,6	< 0,3	n.n.	n.n.	-	610
	5000	< 0,3	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	-	-
500 keV Elektronen, Wasserschicht 3 mm	0	20	2,6	2,3	24	4,2		
	250	-	-	-	-	-		
	500	12	1	0,3	15	1,6		
	750	-	-	-	-	-		
	1000	6,2	0,6	0,4	9,1	n.n.		
	2000	1,9	0,6	n.n.	n.n.	n.n.		
	5000	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
Gammacell	0	20	2,6	2,3	24	4,2	930 000	460 000
	250	-	-	-	-	-	240 000	n.b.
	500	10	1	0,4	15	1,6	4 800	9 300
	750	-	-	-	-	-	2 400	930
	1000	4,5	0,6	0,4	8,2	n.n.	240	240
	2000	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	-	-
	5000	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		

n.n.: nicht nachweisbar

n.b.: nicht bestimmt

PATENTANSPRÜCHE:

1. Verfahren zur Nachbehandlung des aus einer Reinigungs- bzw. Kläranlage für kommunale Abwässer abströmenden Ablaufwassers,
dadurch gekennzeichnet,
dass in einem Strom oder zumindest in einem - letztlich mit einem Ablaufwasser-Rest-Teilstrom zu vereinigenden - Teilstrom des die Abwasser-Reinigungsanlage verlassenden Abwassers durch Führen bzw. Bewegen desselben in Form eines kontinuierlichen Flüssigkeitskörpers durch das Feld mindestens einer - ionisierende Strahlung, insbesondere Gamma-, Röntgen- oder Elektronenstrahlung abgebenden - Strahlungsquelle der Gehalt dieses Ablaufwasser-(Teil)stroms an endokrin wirksamen und für die aquatische Umwelt bedenklichen Hormonen bzw. Hormon-Metaboliten aus der Gruppe der Östrane, insbesondere der Östrogene, reduziert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der das Strahlungsfeld durchlaufende Flüssigkeitskörper des Ablaufwasser-(Teil)stroms - bei Gesamt-Gehalten an den Hormonen aus der Gruppe der Östrane von 10 bis 1000 ng/L- mit einer Strahlungsdosis von 300 bis 5000 Gy, vorzugsweise von 500 bis 2500 Gy, beaufschlagt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass - bei Beaufschlagung des Ablaufwasser-(Teil)stroms mit im Wesentlichen jeweils gleicher bzw. der im Anspruch 2 genannten Strahlungs-Dosis simultan mit der Reduzierung des Gehaltes des Ablaufwassers an Hormonen der Östran-Gruppe der Gehalt dieses Ablaufwassers an coliformen Bakterien um zumindest eine Zehnerpotenz reduziert wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Flüssigkeitskörper in im Wesentlichen kompakter Form durch das Feld der ionisierenden Strahlung geführt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass in dem das Strahlungsfeld durchlaufenden Flüssigkeitskörper des Ablaufwasser-(Teil)stroms im Einwirkungsbereich der ionisierenden Strahlung der Strahlungsquelle zugekehrte Volumsbereich des Flüssigkeitskörpers mit hohem Durchmischungsgrad mit dem der Strahlungsquelle abgekehrten Volumsbereich desselben gemischt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass in dem das Strahlungsfeld durchlaufenden Flüssigkeitskörper des Ablaufwasser-(Teil)stroms im Einwirkungsbereich der ionisierenden Strahlung - bevorzugt mittels turbulenz-generierenden Einbauten in einer den Flüssigkeitskörper definierenden Durchfluss-Zelle und/oder mittels zumindest einem in demselben bzw. in derselben angeordneten, gegebenenfalls berührungslos angetriebenen, rotierenden Rührkörper - eine Turbulenz generiert wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass im Falle des Einsatzes von Elektronen-Strahlung das Ablaufwasser in die Form eines den Strahlungskegel des Elektronenbeschleunigers quer, bevorzugt im Wesentlichen senkrecht, zur Strahlungsrichtung durchlaufenden, schichtartig flachen Flüssigkeitskörpers gebracht wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass - im Falle des Einsatzes von Elektronenstrahlung - der Flüssigkeitskörper des Ablaufwasser-(Teil)stroms durch den Einwirkungsbereich der Strahlung mit zur Strahlungsquelle hin freier Flüssigkeits-Oberfläche bewegt bzw. geführt wird.
9. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens zur Ablaufwasser-Nachbehandlung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass sie - für den Fall des Einsatzes von Elektronenstrahlung - mindestens eine im Bereich des Strahlungskegels des Elektronenbeschleunigers zum genannten Kegel quer, bevorzugt im Wesentlichen senkrecht, zur Strahlungsrichtung angeordnete, jeweils mindestens eine Zuführung für aus einer kommunalen Abwasserreinigungsanlage kommendes, hormonhältiges, und mindestens eine Abführung für zumindest in seinem Gehalt an Hormonen reduziertes Ablaufwasser aufweisende, die Ausbildung eines im Wesentlichen schichtartig flachen, kontinuierlich strömenden Flüssigkeitskörpers bewirkende, zur Strahlungsquelle hin entweder mit einem strahlungs-transparenten Fenster ausgestattete, oder aber bevorzugterweise in

- der genannten Richtung offene, Strahlungseinwirkungs-Kammer bzw. -Zelle umfasst.
- 5 10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Strahlungseinwirkungs-Kammer bzw. -Zelle, insbesondere von ihrem der Strahlungsquelle fernen Boden aufragende, Einbauten bzw. Elemente für die Generierung turbulenter Strömung aufweist.
- 10 11. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass zur Generierung turbulenter Strömung im Flüssigkeitskörper des Ablaufwassers, unmittelbar vor der Strahlungseinwirkungs-Kammer eine Drallbeaufschlagungs-Einrichtung angeordnet ist.
- 10 12. Verwendung des Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8 für die Reduktion des Gehaltes eines aus einer Reinigungs- bzw. Kläranlage für kommunale Abwässer abströmenden Ablaufwassers an endokrin wirksamen und für die aquatische Umwelt bedenklichen Hormonen und Hormon-Metaboliten aus der Gruppe der Östrane, insbesondere der Östrogene.
- 15 13. Verwendung einer Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 9 bis 11 für die Reduktion des Gehaltes eines aus einer Reinigungs- bzw. Kläranlage für kommunale Abwässer abströmenden Ablaufwassers an endokrin wirksamen und für die aquatische Umwelt bedenklichen Hormonen und Hormon-Metaboliten aus der Gruppe der Östrane, insbesondere der Östrogene.

20

KEINE ZEICHNUNG

25

30

35

40

45

50

55