



(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2014 001 642.0**

(22) Anmeldetag: **05.02.2014**

(43) Offenlegungstag: **06.08.2015**

(51) Int Cl.: **C02F 3/30 (2006.01)**

(71) Anmelder:

**H&F Shrimp-Guard UG (haftungsbeschränkt),
10317 Berlin, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE 10 2012 012 259 B3

DE 199 61 142 A1

DE 20 2010 016 313 U1

(72) Erfinder:

Fisch, Ralf, 16225 Eberswalde, DE

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Der Inhalt dieser Schrift weicht von den am Anmeldetag eingereichten Unterlagen ab.

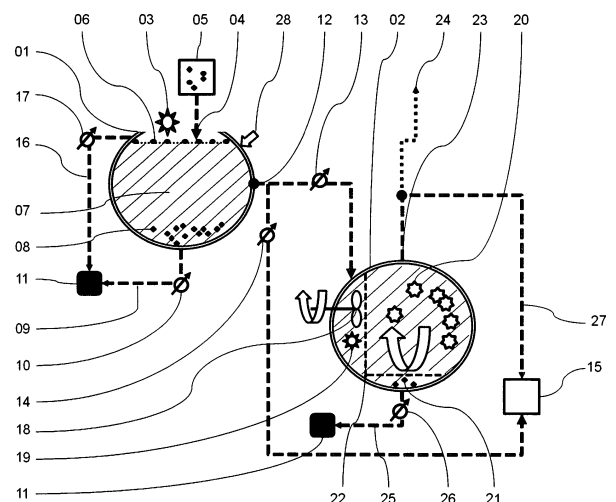
(54) Bezeichnung: **Verfahren zur autarken Denitrifikation in der Auquakultur, der Aquaristik und der kommunalen wie industriellen Wasseraufbereitung.**

(57) Zusammenfassung: Die Menschheit verbraucht zunehmend Wasser für Industrie, Ackerbau, Aquakultur und im Privatbereich. Da Trinkwasser eine wertvolle Ressource ist, wird verbrauchtes Wasser wieder aufbereitet. Die Wasseraufbereitung, ob kommunal, industriell oder in der Aquakultur hat unterschiedlich gute Klärmöglichkeiten. Aufgrund des Aufwandes und der technischen Möglichkeiten werden dabei Nitrate und Phosphate nur teilweise abgebaut. Abwasseraufbereitungssysteme sind komplex und oft nur kompliziert mit zusätzlichen Abbaukapazitäten nachrüstbar. Die Abbauraten sind durch das Verhältnis von C-N-P geprägt, welches im Prozesswasser oft nicht im benötigten Gleichgewicht vorliegt.

Die Erfindung ist ein flexibles Verfahren der Denitrifikation zum Abbau von Nitrat und Phosphat im Wasser. Sie kann der Nitrifikation vor- und nachgeschaltet werden. Sie einigt verschiedene Methoden und kann als Hybrid von Bioflock-, Belebtschlamm-, Oxidation- und Reduktionsverfahren sowie Sedimentation verstanden werden wobei sie eine hohe Bandbreite an Organismen nutzt, dadurch effizienter ist und sich durch Neuverknüpfungen von den genannten Verfahren unterscheidet.

Das zu meldende Verfahren ermöglicht durch seinen geteilten Prozessaufbau in mindestens zwei Bereiche verbesserte Möglichkeiten zur Regelung und eine Verbesserung der benötigten Gleichgewichtsverhältnisse. Eine mit Beleuchtung unterstützte, mixotrophe aerob/anaerobe Vorstufe startet und beschleunigt den Prozess der Denitrifikation, wobei sie gleichzeitig durch Sedimentation und Bildung einer Bioflockmatrix Feststoffe abscheidet und Nährstoffe bindet. Eine heterotrophe rein anaerobe Stile spaltet die Nitrate biochemisch und liefert den benötigten kurzkettigen Kohlenstoff selbst durch Aufspaltung schwer abbaubarer Kohlenstoffketten mittels UV-C Bestrahlung.

Damit ist das Verfahren autark und durch seine Gesamtwerte in kommunaler Klärtechnik, Industrie und Aquakultur anwendbar.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung beschreibt ein autarkes, auch nachträglich anschließbares Verfahren zur Denitrifikation in der Aquakultur, der Aquaristik und in der allgemeinen Wasseraufbereitung, mit

- gezielt regelbaren Lichtverhältnissen,
- flexibler Vernetzung von vor- und nachgeschalteter Denitrifikation,
- einer der eigentlichen Denitrifikation vorgeschalteten, bereits Nitrat reduzierfähigen Partikelfilterstufe mit heterotrophen oder gemischten Mikroorganismen, Sedimentations- und Flockungsvorgängen,
- einer internen, kontinuierlichen Kohlenstoffquelle zur Versorgung der nachgeschalteten Denitrifikation mit kurzen Kohlenstoffketten, bedingt durch den Einsatz von UV-C-Bestrahlung und der daraus resultierenden Aufspaltung der im Abwasser bereits enthaltenen langen C-Molekülketten, wie beispielsweise Huminsäuren oder ähnlicher, auch gezielt künstlich zugesetzter Kohlenstoffketten wie z. B. Melasse,
- einer Schlammteilchenrückführung feinsten Partikel aus der vorgeschalteten Partikelfilterstufe, zur möglichen Speisung der internen, durch UV-C Bestrahlung bedingten kontinuierlichen Kohlenstoffquelle.

[0002] Weltweit wird immer mehr Trinkwasser für immer mehr Menschen benötigt. Auch in der Industrie wird Wasser benötigt und verbraucht, wie auch in der Freizeit vieler Menschen, hiervon Relevanz die Aquaristik.

[0003] Gleichzeitig wird zur Proteinproduktion aufgrund eines wachsenden Bedarfs und begrenzter natürlicher Ressourcen zunehmend die Aquakultur eingesetzt. Es werden dabei künstliche Systeme und Gewässer basierende Techniken genutzt. Teichsysteme und Land gestützte Kreislaufverfahren sind im aktuellen Trend und benötigen viel Wasser in guter Qualität.

[0004] Die Abwässer sind häufig mit Stickstoffen und Phosphaten belastet und müssen aufwendig geklärt werden. Nachteile der technischen Verfahren sind mindestens der Verbrauch von Energie und in der Aquakultur sowie Aquaristik zusätzlich der von Wasser. Dabei eliminiert die Wasseraufbereitung in der Aquakultur und Aquaristik die Stickstofffracht häufig nur bis zur Stufe des Nitrats. Für den Einsatz üblicher Klärtechnik aus dem kommunalen oder industriellen Bereich sind die Konzentrationen der gelösten Nährstoffe in der Aquakultur und Aquaristik zu gering und die Qualität und Zeitanforderungen zu hoch. Zur Nitratreduktion und Phosphateliminiierung werden zu meist Verfahren mit nachgeschalteter Denitrifikation genutzt, die aufgrund ihres Kohlenstoff Verbrauchs zusätzlich mit C-Quellen versorgt werden müssen.

Während die Nitrat und Phosphatfracht in der Kreislauftechnik von Aquakultur und Aquaristik gegen null werden sollte, um das Wasser wieder zu verwenden, kann in der kommunalen oder industriellen Wasseraufbereitung ein gewisser Endnitrat- und Phosphatgehalt akzeptiert werden, wenn eine nachfolgende Verrieselung und Versickerung des Wassers geplant ist.

STAND DER TECHNIK

[0005] Die Wasseraufbereitung in künstlichen Systemen der Aquakultur und Aquaristik verringert den Wasserverbrauch indem sie das Wasser zur Wiederverwertung im System reinigt. Dabei bleiben häufig Nitrate und Phosphate im Kreislauf erhalten und werden bis zu bestimmten Grenzwerten angereichert, bevor sie durch Wasseraustausch reduziert werden müssen. Damit ist der Kreislauf in Aquakultursystemen nicht geschlossen, während er in kommunalen oder industriellen Anlagen bis zur Nitratreduktion betrieben wird.

[0006] Allerdings ist der Anspruch an das kommunale oder industrielle Klärsystem ein Anderer, da dort das geklärte Wasser häufig über Schönungsteiche und Versickerung weiter bearbeitet und nicht direkt der Nutzung als Trinkwasser oder Prozesswasser zugeführt wird. Der Reinigungsvorgang ist damit im Endeffekt nicht vollständig abgeschlossen, sondern wird der Natur überlassen, es sei denn, qualitativ ungeeignetes Wasser wird wie in finanziell benachteiligten Staaten trotzdem genutzt.

[0007] Die Methoden der Nitrat- und Phosphateliminiierung sind unterschiedlich abhängig von bestimmten Einflussfaktoren und werden dementsprechend aufgrund der Bedürfnisse und Einflussfaktoren ausgewählt. Diese Bedürfnisse und Faktoren sind die zu bewältigende Menge an Abwasser, die weitere Nutzung des Wassers, die zur Verfügung stehende Zeit und Mittel, die zu erreichenden Grenzwerte, der pH-Wert, die Temperaturverhältnisse, die enthaltenen Salzgehalte und Salzarten, die Nitratgehalte und Nitratquellen, weitere enthaltenen Stoffe und die Spezies der beteiligten Mikroorganismen.

[0008] Da nicht immer alle Faktoren eindeutig und stabil sind, erfolgt die Steuerung angewandter kommunaler oder industrieller Systeme häufig über die Fuzzy-Logik. Da in geschlossenen Aquakultursystemen die Faktoren besser definierbar sind als in gemischten kommunalen oder industriellen Systemen, können dort die Methoden leichter berechnet und bestimmt werden. Die Methoden der Denitrifikation allgemein sind:

die vorgeschaltete Denitrifikation, die vor der Nitrifikation erfolgt und dabei mit Rücklaufschlamm aus der Nachbelüftung versorgt wird, mit dem Nachteil, dass es nicht möglich ist, Nitrat vollständig zu reduzieren,

da die Schlammrückführung aufgrund der Belastung nicht vollständig durchgeführt werden kann und die hydraulische Belastung bei den in der Aquakultur üblichen Durchflussraten zu hoch wäre. Die Anwendung ist zumeist industriell, wenn an das öffentliche Abwassernetz entwässert wird, teils auch kommunal.

die simultane Denitrifikation, in der alle Prozesse in einem Tank mit teilweise getrennten Bereichen erfolgen und mit Rücklaufschlamm aus der Nachbelüftung versorgt werden, mit dem Nachteil, dass es großer Tanks bedarf und der dabei zusätzlich notwendigen Kontrolle des Schlammalters, verbunden mit aufwendigen Zellzählung, um gefährliche Nitritspitzen zu vermeiden. Dies führt zu einem erhöhten, für die Aquakultur nicht tolerierbaren Wartungsaufwand und zu dem Risiko der Nitritvergiftung. Diese wiederum kann zu einem Totalausfall der Proteinproduktion führen und damit den Sinn der Aquakultur zu Nichte machen. Die Anwendung ist daher zumeist industriell oder kommunal.

die nachgeschaltete Denitrifikation, in der die Nitratreduktion am Ende steht, wobei der Rücklaufschlamm nur die Nitrifikation speist mit dem Nachteil, dass es, Mangels Kohlenstoffs aufgrund der vorgeschalteten Nitrifikation und dem parallel geschehenden Abbau der organischen Inhaltsstoffe, zu einem Nährstoffmangel kommt. Das benötigte Nährstoffverhältnis von C:N:P mit 100:5:1 im Rohabwasser ist für die Aquakultur unüblich, da dort vorzugsweise Protein starkes Futter, also N zugesetzt wird, wodurch die Denitrifikation zusätzlich mit C-Quellen unterstützt werden muss, welche wiederum bei manchen Zusätzen zu Säurebildung führen können. Die Anwendung ist daher zumeist industriell oder kommunal.

[0009] Die vorgeschaltete Denitrifikation kann zur Kaskadendenitrifikation durch Aneinanderreihung mehrerer Module erweitert werden, sodass das in der n-ten Stufe gebildete Nitrat in der nachfolgenden n+1-ten Denitrifikationsstufe denitrifiziert wird. Damit dieser Stufe das gleiche Verhältnis von Nitrat zu BSB5 zur Verfügung steht wie der vorgeschalteten Stufe muss frisches Abwasser zugeführt werden. Da der für den C-Gehalt stehende BSB5 in kommunalen Kläranlagen bis zu 1000 mg/l betragen kann und der Nitratgehalt wesentlich geringer ist stimmt das geforderte Stoffverhältnis überein. Umgekehrt ist jedoch das Verhältnis von Nitrat und BSB5 in der Aquakultur, die Methode ist damit in der Aquakultur ungeeignet. Die Anwendung ist großkommunal.

[0010] Die simultane Denitrifikation kann zur intermittierenden Denitrifikation durch Zusammenfassung im zirkulierenden Rundtank erweitert werden. Bei intermittierender Denitrifikation ist der erreichbare Nitratabbau nicht durch die Massenbilanzen in festen Zonen beschränkt. Die theoretische Kreislauftrate wäre im Vergleich zur vorgeschalteten Denitrifikation sehr hoch, was der Aquakultur entgegen käme. Das

Risiko des Schlammalters und damit dessen Nachteile würde weitervergrößert.

[0011] Grundsätzlich können alle Methoden alternierend arbeiten, wobei die alternierende Denitrifikation im engeren Sinne das parallele Betreiben eines Nitrifikationsprozesses und eines Denitrifikationsprozesses beschreibt und beide mit Rücklaufschlamm versorgt werden müssen.

[0012] Die in der Aquakultur am häufigsten benutzte Methode ist die nachgeschaltete Denitrifikation ohne Schlammrückführung mit externer Kohlenstoff-Quelle wie sie in der DE 199 61 142 A1 und ähnlichen Schriften beschrieben ist. Dann müssen Stoffe wie D, L-Lactat, Methanol, Ethanol, Ethylacetat, Ethylenglycol, Methylethylketon, Isopropanol oder Diethylenglycol dosiert nach Berechnung zugegeben werden, was eine entsprechend aufwendige Überwachung erfordert. Das System ist durch Ungenauigkeiten in Zeit und Dosierung leicht aus dem Gleichgewicht zu bringen und birgt dann das Risiko einer Nitritvergiftung. Auch in der Aquaristik wird diese Methode bevorzugt. Im kommunalen und industriellen Bereich ist die Methode aufgrund der fehlenden Schlammaufbereitung weniger interessant.

[0013] Weitere in der Aquakultur benutzte Methode sind aerobe grüne Denitrifikationsmöglichkeiten über Pflanzenkläranlagen und Aquaponics. Auch Algensysteme verbreiten sich zunehmend. Dabei entziehen Algen die entstandenen Nitrate (Hargreaves, J. A. 2006) und werden dann selbst aus dem System geerntet. Beispiele sind das PAS-System US 6,192,833 B1 bzw. Partikuläre Aquakultur System oder Teich-In-Teich Kreislaufanlagen DE 10 2008 056 495 A1 mit Nutzung der umliegenden Biodiversität.

[0014] In der kommunalen Abwasseraufbereitung benutzte grüne Denitrifikationsmöglichkeiten über Pflanzenkläranlagen werden zumeist dort angewandt wo fehlende Infrastruktur an Leitungssystemen auftritt, häufig auch in Privathaushalten von Gehöften, jedoch kaum großtechnisch.

[0015] Eine botanische und bakterielle Methoden in der Aquakultur ist seit wenigen Jahren die Anwendung in Flockungsteichen, dem sogenannten Bioflockverfahren (Avnimelech, Y.2012). Man findet sie im Freiland. Mit Hilfe von gemischten Mikroorganismen erfolgt der Nitratabbau in Teichsystemen die den kommunalen Schönungsteichen ähnlich sind, jedoch unter Zusatz von Kohlenstoffen wie Melasse, zeitintensiv und vorzugsweise in Ländern mit starker Sonneneinstrahlung zur Unterstützung der Molekülspaltung. Die Steuerungsmöglichkeiten sind gemäßigt, die Kosten dafür sehr gering, vor allem wenn kein klares Wasser benötigt wird und Abbaureste der Ver-

wertung durch Restefresser wie z. B. Garnelen oder Tilapien genutzt werden können.

[0016] Keim der genannten bakteriellen Methoden wird bisher seriell und großtechnisch in der Aquakultur angewandt. Einzig die nachgeschaltete Denitrifikation ohne Schlammrückführung findet man in Schauaquarien mit geringen Besatzdichten, ansatzweise auch in der Aquakulturproduktion, allerdings wiederum nicht in der Kommunaltechnik. Der wirtschaftliche Einsatz von anaeroben Bioreaktoren zur Denitrifikation ist bisher in erster Linie in kommunalen Kläranlagen oder in Industriekläranlagen erfolgreich, nicht aber in der Aquakultur. Somit gilt nach wie vor die Grundregel, dass die Aquakultur nur mit passiver Denitrifikation sowie genügend Frischwasserreserven zum Wasseraustausch erfolgreich funktionieren kann und die Kommunaltechnik einen Restnitratgehalt tolerieren muss. Einzige wirtschaftliche Alternative ist bisher der Einsatz von grüner, aerober Denitrifikation in Pflanzenkläranlagen oder mit Hilfe von Algen- oder Flockungssystemen wie im o. g. PAS-System oder Bioflock-System welche jedoch nur unter passendem Klima mit viel Zeitaufwand funktionieren und kommunal nur im Kleinbereich eingesetzt werden. Restnitrat und Phosphat bleibt ein Problem.

AUFGABENSTELLUNG

[0017] Im Stand der Technik werden in der Aquakultur bakterielle, anaerobe, nachgeschaltete Denitrifikationsmethoden mit Kohlenstoff-Fütterung oder integrierte aerobe botanische Methoden angewandt. Beides wird im Trinkwasserbereich kaum genutzt. Das Gro der Methoden wird in der Kommunalen oder Industriellen Klärung benutzt und ist aufgrund seiner Ablaufbelastung sowohl für die Aquakultur wenig geeignet oder unpassend modifiziert, als auch für die direkte Verwendung als qualitativ hochwertiges Trinkwasser untolerierbar, es sei denn man nimmt Schaden der Nutzer in Kauf. Die Aufgabe für die vorliegende Erfindung besteht darin, ein Verfahren zu beschreiben, das zum Einem der Aquakultur in ihren Ansprüchen dient. Darunter zu verstehen ist, dass das Verfahren mit geringer Wartung sowie Überwachung auskommt und im Verhältnis zur kommunalen Abwassertechnik auch mit geringen Abwasserbelastungen wie z. B. dem BSB5 arbeiten kann, wobei das Prozesswasser stabil unter die üblichen Grenzwerte gebracht werden muss, um kulturelle Parameter zu erreichen ohne dabei Säuren zu produzieren. Zum Anderen muss es an bestehende Systeme nachgerüstet werden können ohne starke Strukturänderung zu verursachen und als Drittes für die Nitratreduktion im Trinkwasserbereich flexibel anwendbar sein. Die Lösung für diese Aufgabe kann mit dem o. g. auch nachrüstbaren Verfahren zur autarken Denitrifikation in der Aquakultur, der Aquaristik und in der allgemeinen Wasseraufbereitung geschehen, ist dem Hauptanspruch zu entnehmen und im Folgen-

den im Zusammenhang mit der Erfindung näher erläutert.

[0018] Das erfindungsgemäße Verfahren zur autarken, nachrüstbaren Denitrifikation in der Aquakultur, der Aquaristik und in der allgemeinen Wasseraufbereitung ist mindestens in zwei voneinander abhängige Bereiche mit eigenen Prozessen unterteilt. Die mixotrophe Vorstufe zur Restoxidation, als Reduktionsstarter, zur Dekantierung, Sedimentation und zur Flockung sowie die anaerobe Endstufe zur Reduktion, Klärung und Parasitentötung.

[0019] Die mixotrophe Vorstufe des erfindungsgemäßen Verfahrens kann aus einem oder mehreren Bereichen, Becken, Tanks oder ähnlichen Behältnissen technisch umgesetzt werden und muss zum Luftsauerstoff hin offen sein. Sie ist dem eigentlichen Denitrifikationsvorgang des Verfahrens vorgeschaltet. Gespeist wird ihr Volumen durch das Gesamtsystem in welches das zu patentierende Verfahren eingefügt wird und zwar durch die Schlämme und Spülwässer der ersten oder x-Stufe eines üblicherweise dem Gesamtsystem vorgeschalteten Partikelfilters gleich welcher Art. Damit erhält der Prozess der mixotropen Vorstufe bereits Sauerstoff armes Wasser und Schlammeilchen. Das erfindungsgemäße Verfahren ist somit der Nitrifizierung eines Klärsystems vorgeschaltet und somit zur Aquakultur geeignet, da keine Nitritrückstände zu den Kulturen gelangen können. Auch eine Speisung aus der Nitrifikation mit Nitratwasser und Schlammrückführung aus der Nachbelüftung ist möglich. Somit ist das Denitrifikationsverfahren nachgeschaltet und aufgrund der Schlammverarbeitung auch kommunal geeignet. Kombiniert man den Zulauf vor- und nachgeschaltet, ist über eine Ablaufmessung der Vorstufe eine Manipulation möglich und über die Fuzzylogik steuerbar. Damit ist das zu patentierende Denitrifikationsverfahren gegenüber anderen Denitrifikationsverfahren flexibler einsetzbar. Die hier zu beschreibende Vorstufe bedarf vorzugsweise regelbarer Lichtverhältnisse, welche 200 Lumen/m² nicht überschreiten sollten, um Algenpopulationen auf möglichst geringem Stand zu halten, muss aber gleichzeitig eine Orientierung für photoaktive Organismen darstellen. Dies verstärkt die Wirkung der im nächsten Abschnitt beschriebenen Oberflächen orientierten Organismenmatrix. Außerdem ist dadurch der Einsatz von Schwimmpflanzen möglich. Diese können gezielt zur Manipulation und Nährstoffabschöpfung genutzt werden. Desweiteren benötigt die Vorstufe Abflüsse für Sedimente, Oberflächenflockung und Freiwasser. Ihr Betrieb sollte zur optimalen Arbeit alternierend mit Standzeiten erfolgen. Eine bakterielle Erstimpfung kann vorteilhaft wirken und die Inbetriebnahme beschleunigen, ist jedoch nicht zwingend. Eine Einspritzung einer künstlichen Kohlenstoffquelle erhöht die Flexibilität und die Prozessgeschwindigkeit vor allem bei Koh-

lenstoff armen Systemen ist aber nicht unbedingt erforderlich.

[0020] Der Vorgang des erfindungsgemäßen Verfahrens beginnt. Dabei gibt es grundsätzlich mindestens einen langfristigen Gesamtentwicklungsprozess der Mikrobenezusammensetzung und den kurzfristigen Zyklus des Schlamm- sowie Wasseraustauschs mit schnellen Prozessen. Das eingefüllte schlammhaltige Wasser beginnt sich nach kurzer Zeit zu klären. Schwere Partikel sinken ab, leichte Partikel sammeln sich an der Oberfläche, Kleinstpartikel schweben frei. Mikroben verarbeiten gelöste und ungelöste Abwasserfracht und zehren dabei den Restsauerstoff. Das Medium wird anaerob. Das Redoxpotential fällt. Nitrat wird abgebaut da noch genügend Kohlenstoff vorhanden ist. Bakterien und Algen bilden eine Matrix aus Flocken. Sedimente können in kurzen Zyklen abgelassen und weiter eingedickt werden. Die Flocken schwimmen aufgrund der Gasbildung an die Oberfläche, wo sie gemeinsam mit den schwimmenden Partikeln im Laufe mehrerer Zyklen einen dem Verfahren typischen Teppich bilden. Diese spezifische Gesamtmatrix bildet eine Grenze zwischen aerobem und anaerobem Medium. Sie stabilisiert das Verfahren, ist mixotroph, da sie Zugang zu Licht, Schatten, Sauerstoff und negativem Redoxpotential hat. Sie beherbergt autotrophe wie heterotrophe, aerobe wie anaerobe Organismen und bindet dadurch N, C und P. O. g. gemäßigte Beleuchtung verstärkt den Effekt. Das Medium unter ihr beherbergt zunehmend heterotrophe Anaerobier aufgrund der fehlenden Beleuchtung und negativen Potentiale, bzw. des fehlenden Sauerstoffs. Die Nitratreduktion beschleunigt. Damit können die Austauschzyklen des Abwassers stark verkürzt und besser automatisiert werden. Der schwimmende Festkörper kann in langfristigen Zyklen abgelassen und damit auf einer wirksamen Dicke und jung gehalten werden. Damit verringert sich die Gefahr des Schlammalters mit all dessen Nachteilen. Mit externer Zugabe von kurzen C-Ketten kann das System beschleunigt, mit Zugabe von langen C-Ketten stabilisiert werden. Das Freiwasser im Prozess besitzt nun eine Trübung durch Feinstpartikel und Mikroben, verringerte Stickstoffwerte, verringerte Phosphatwerte, geringe C-Werte kurzer Ketten, erhöhte C-Werte langer Ketten und ein negatives Redoxpotential. Es kann nun an die zweite Verfahrensstufe, die Endreduktion abgeleitet werden. Eine Speisung der äußeren, nachgeschaltete Nitrifikation ist auch möglich.

[0021] Die reduzierende Endstufe des erfindungsgemäßen Verfahrens ist technisch realisierbar aus einem oder mehreren Bereichen, Becken, Tanks oder ähnlichen Behältnissen. Sie muss vom Luftsauerstoff getrennt sein und bedarf der Dunkelheit. Desweiteren benötigt sie Abflüsse für Sedimente und für Überlaufwasser. Letzteres dient der Einspeisung vor und oder nach dem Prozess der Nitrifikation im Gesamt-

klärsystem, wo der Gesamtabwasserwert verbessert wird. Der Betrieb der Endstufe sollte ebenfalls stoßweise erfolgen. Notwendig zur Effizienz ist eine erhöhte Siedlungsfläche für Bakterien z. B. durch Füllkörper, Gitter und ähnlich offener Flächen. Gespeist wird ihr Zulauf durch die oben beschriebene mixotrophe Vorstufe des Verfahrens, welche ohne Endstufe ineffizient wäre, da die Reduktion des Restnitrats in der Vorstufe mangeln Oberfläche und kurzer C-Ketten zu viel Zeit in Anspruch nähme. Umgekehrt würde die Endstufe ineffizient sein, wenn nicht der Reduktionsstart in der Vorstufe geboostet und der Restsauerstoff oxidiert würde. Desweiteren besitzt die Endreduktion eine interne, ihrem Verfahren typische, kontinuierlich regelbare Kohlenstoffquelle zur Versorgung der eigenen Denitrifikation mit kurzen C-Ketten, in Form von UV-C-Bestrahlung in bestimmten Bereichen und der daraus resultierenden Aufspaltung der im Abwasser der Vorstufe bereits enthaltenen langen C-Ketten, wie z. B. der Huminsäuren und Huminstoffe, der Zuführung feinsten Partikel aus der vorgeschalteten mixotrophen Stufe sowie ähnlicher Quellen oder auch der in der Vorstufe gezielt künstlich zugesetzten C-Ketten wie z. B. Melasse. Der besondere Vorteil des Verfahrens mit der partiellen UV-C Behandlung ist aber eben der mögliche Verzicht auf externe C-Ketten und der autarke Abbau vorhandener C-Ketten, was vor allem in der Aquakultur benötigt wird, um eine Anreicherung von schwer abbaubaren C-Ketten zu verhindern. Desweiteren besitzt die Verfahrensendstufe ein System der Bewegung, je nach Umsetzung z. B. Schaufelräder oder eine Pumpe, um das Medium langsam möglichst von unten nach oben zu bewegen. Das dabei abgespaltene N_2 und CO_2 kann durch eine am höchsten Punkt angebrachte Entlüftung entweichen und schützt das Medium vor Luftsauerstoff im Rückfluss. Letztendlich besitzt die Endstufe des erfindungsgemäßen Verfahrens einen Restschlammablass und einen Überlauf für das fertige Prozesswasser.

[0022] Der zweite Vorgang des erfindungsgemäßen Verfahrens beginnt. Dabei gibt es hier mindestens einen langfristigen Besiedlungsprozess der Mikroben, den kurzfristigen zyklischen Wasseraustausch mit seinen schnellen Prozessen, die langfristige Sedimentation und die Gasbildung. Die Mikroorganismen sind anaerob heterotroph und leben in einem sauerstofflosen Milieu. Sie beginnen sofort mit dem Stickstoffabbau. Sowohl NH_4 , NO_2 und NO_3 werden abgebaut, erstere auch wenn kein freier Sauerstoff zur Oxidation zur Verfügung steht. Es werden weiter kurze C-Ketten zur NO_3 -Reduktion benötigt. Diese entstehen hier für das Verfahren typisch durch die UV-C Bestrahlung und Spaltung der langen C-Ketten. Das Redoxpotential bleibt negativ mit fallenden Werte bis zur Schwefelatmung. Damit kann über Redoxsonden gesteuert werden. In einfachster Ausführung reicht die Geruchsprobe der Entgasung, um zu wissen wann der Vorgang -150 mV erreicht hat,

da dann Schwefelwasserstoff entsteht und alles Nitrat abgebaut sein sollte. Wenn dies nicht der Fall ist liegt ein Dimensionierungsfehler in der Anlagenumsetzung des Verfahrens vor. Je nach Bedarf kann der Vorgang bei bestimmten Potentialen gesteuert werden, zum Einen durch die Schaltung des UV-C-Bereichs, zum Anderen durch Zu- und Abfluss des Prozesswassers. Das fertige Prozesswasser ist bei optimaler Dimensionierung und Steuerung frei von N-, P- sowie C-Verbindungen und von obligaten Erregern befreit, da das Medium für diese desinfizierend wirkt.

[0023] Das gesamte zu patentierende Verfahren, bestehend aus zwei Stufen mit gemischten Reaktionen könnte als Hybrid von Bioflock-, Belebtschlamm-, Oxidation- und Reduktionsverfahren sowie Sedimentation verstanden werden, wobei es effizienter ist und sich im einzelnen von diesen genannten Verfahren unterscheidet. Bioflockverfahren sind im Gegensatz zum zu patentierenden Verfahren zeitaufwendig, von starker Lichtintensität beeinflusst, kaum steuerbar, von externer Fütterung abhängig und aerob. Belebtschlammverfahren müssen belüftet werden und haben hohe Restnitratgehalt. Oxidationsverfahren erhöhen den Nitratgehalt. Sedimentation reduziert keine Partikel, sondert sie nur ab. Reduktionsverfahren arbeiten entweder aerob mit Algen oder anaerob mit extern gefütterten Bakterien ohne Aufspaltung der Huminketten.

[0024] Das zu patentierenden Verfahren funktioniert aufgrund neu verknüpfter biochemischer Vorgänge. Die Reduktion wird dabei getrennt in Bereiche von hoher und geringer Substratkonzentration, nicht jedoch wie im beschriebenen Kaskadensystem in gleicher Prozessweise, sondern mit unterschiedlichen Vorgängen und Randbedingungen in Vor- und Endstufe und unterschiedlichen Mikrogen-Gemeinschaften in beiden Verfahrensbereichen. Natürlich kann das Verfahren weiter in Kaskaden gespalten werden, jedoch, da jede Stufe für sich Vollständigkeit hat, ist eher ein Parallelbetrieb alternierend arbeitender mehrere Systeme sinnvoll. Bioflocken werden nicht als erwünschte Nährstoffsammlung betrachtet, sondern hier bildet deren Matrix eine funktionale Grenzschicht mit innerer und äußerer Funktion, wirkt quasi als verfahrenstechnische Membran, an der und um die regelbare Prozesse stattfinden, welche über Belichtung und Kohlenstoffzugaben gesteuert werden können, im Gegensatz zu Flockung in Teichen in der Aquakultur welche zudem noch von Witterung und Sonne abhängen. UV-C Bestrahlung wird gebrauchsfremd eingesetzt, nämlich nicht als gedachte Desinfektionsmaßnahme sondern, durch die oben genannte Kürzung der Kohlenstoffketten, als Fütterungsautomat für Bakterien, welche selbst auf festen Oberflächen siedeln und damit nicht durch den Strahlungsbereich fließen. Aufgrund dieser Neuerung können Kohlenstoffketten und Feinstpartikel gezielt und regelbar als Futter zur Nitratreduktion genutzt und ab-

gebaut werden, was so in keinem bisher vorhandenen Verfahren üblich ist. Mixotrophe Vorstufe und anaerobe, heterotrophe Endreduktion müssen fachlich aufeinander abgestimmt sein. Dies lässt sich durch Berechnung des Gleichgewichts vollziehen. Auch der Einfluss von Belichtung und Trübung, Temperatur und pH-Wert sowie der Verwendungszweck und dessen Randbedingungen sind zu beachten. Einzelanwendungen im Extrembereich müssen unter Umständen im Labormaßstab voruntersucht werden. Das geplante Hinzufügen externer Kohlenstoffe in der Vorstufe oder eine in der Intensität optimal regelbaren UV-C Bestrahlung in der Endstufe vereinfacht jedoch die Situation, da damit vorhanden Rechnungsfehler ausgeglichen werden können. Dann ist auch ein flexibler Einsatz in bestehende, weniger stabile Klärsysteme vor- und nachgeschaltet möglich.

AUSFÜHRUNGSBEISPIEL

[0025] Im Weiteren sind zur näheren Erläuterung des Verfahrens ein Basisverfahren und zwei mögliche Auslegungen beschrieben. Dabei zeigt das:

[0026] Fig. 1 Basisverfahren, interpretiert in zwei getrennte Tanks

[0027] Fig. 2 vereinfachte Integrationsmöglichkeit in die Aquakultur

[0028] Fig. 3 vereinfachte Integrationsmöglichkeit in kommunaler Klärung

[0029] Fig. 1 zeigt das vereinfachte Basisverfahren, zur Verdeutlichung ausgelegt als Tankanlage. Der Tank der mixotrophen Vorstufe **01** ist nach oben offen, mit einer Beleuchtung **03** ausgestattet und wird am Einlass **04** vom sogenannten Außensystem **05**, welches auch immer, aus einem Partikel haltigen Bereich mit schlammhaltigem Schmutzwasser versorgt. Es entsteht die phasentrennende Oberflächenmatrix **06** durch Bindung der Nährstoffe N, P, C mittels Flockung, Gasanhebungen, Aufschwimmen leichter Teilchen und die Aktivitäten der Mikroben wie in den voranstehenden Kapiteln beschrieben. Freiwasser **07** mit Feinteilchen bilden den mittleren Tankinhalt. Schwere Teilchen setzen sich zu Boden, bilden Schlamm **08** und werden zur Weiterverarbeitung **11**, z. B. Kompostierung über die Abflussleitung **09** mittels Ventil **10** gesteuert entnommen. Die Mikroben im Medium verarbeiten gelöste und ungelöste Abwasserfracht und zehren dabei den Restsauerstoff. Das Medium wird anaerob. Das Redoxpotential fällt. Nitrat wird abgebaut da noch genügend Kohlenstoff vorhanden ist. Die Nitratreduktion beschleunigt. Das zunehmend anaerobe heterotroph besiedelte Freiwasser **07** ist nun trüb durch Feinstpartikel und Mikroben, mit verringerten Stickstoffwerten, verringerten Phosphatwerten, arm an kurzen C-Ketten, reich an langen C-Ketten und hat ein negatives

Redoxpotential. Es kann nun an die zweite Verfahrensstufe, die als Tank interpretierte **02** Endreduktion über den Freiwasserablass **12** mittels Ventil **13** abgeleitet oder mittels Ventil **14** an das Außensystem **15** vor oder nach der Nitrifikation eingeleitet werden. Der schwimmende Festkörper **06** bzw. die Matrix aus Mikroben, Teilchen und Flocken kann bei erhöhter Schichtdicke über die Oberflächenabsaugung **16** mittels Ventil **17** zur Weiterverarbeitung **11** abgelassen werden. In diesem Beispiel ist die anaeroben Endstufe **02** tiefer installiert als die Vorstufe **1**. Damit fließt das vorgeklärte Prozesswasser des Freiwasserbereichs **07** passiv in die Endstufe **2**. Dort fließt es bewegt durch beispielsweise einen elektrisch betriebenen Propeller **18** entlang einer UV-C Strahlungsquelle **19** und frei zu den mit Bakterien besiedelten Oberflächen **20**. Dabei werden die durch die Bestrahlung gespaltenen C-Molekülketten von den anaeroben Bakterien zur Umwandlung der NO_3 Moleküle genutzt. Es entstehen Wasser sowie CO_2 und N_2 Gase die über den Überlauf **23** zur Entgasung **24** abgeleitet werden. Absetzender Restschlamm **21** fließt über einen Schlammablass **25** Ventil **26** gesteuert zur Weiterverwertung **11**. Abflüsse, bewegte Teile und der UV-C Bereich sind durch Siebplatten **22** oder ähnliches vor den Bakterienträgern **20** abzugrenzen. Ist der Denitrifikationsprozess in der Endstufe **02** beendet muss wieder vorbereitetes Prozesswasser aus der Vorstufe **01** zugeführt werden. Dabei wird das fertige Prozesswasser der Endstufe passiv aus dem Überlauf in die Überlaufleitung **27** gedrückt und fließt in das Außensystem **15** vor oder nach dem Bereich der Nitrifikation. So kann kein Sauerstoff angereichertes Wasser in die reduzierende Endstufe **02** gelangen und den Prozess stören. Damit dies im synchronisierten Rhythmus erfolgt müssen beide Verfahrensbereiche bereits bei einer Anlagenumsetzung aufeinander abgestimmt werden. Die UV-C Bestrahlung **19**, die Bewegungsgebung **18** und die hier fakultativ angebrachte Fütterung **28** der Vorstufe **01** können zur nachträglichen Synchronisation eingesetzt werden.

[0030] Fig. 2 zeigt das vereinfachte Basisverfahren **29**, ausgelegt als Tankanlage, integriert in eine Aquakultur-Kreislaufanlage bestehend aus Fischtank **30**, Partikelfilter **31**, Pumpensumpf **32**, Nitrifikation **33**, Entgasung **34**, und Kreislaufleitung **35** der Aquakulturanlage. Hier bezieht die Vorstufe **01** des zu patentierenden Verfahrens ihr Medium aus dem Sedimentwasser des Partikelfilters **31**. Das Prozesswasser der Vorstufe **01** und der Endstufe **02** können wahlweise in den Pumpensumpf **32** oder in die Entgasung **34** abgegeben werden und damit Synchronisationsfehler ausgleichen.

[0031] Fig. 3 zeigt das vereinfachte Basisverfahren **29**, ausgelegt als Tankanlage, integriert in eine vereinfachte kommunale Kläranlage bestehend aus Vorabscheider **36**, Sedimentationsbecken **37**, Nitrifikation **33** und Belüftungsbecken **38**. Auf weitere

Schlammbehandlung wurde in der Figur zur Vereinfachung verzichtet. Hier bezieht die Vorstufe **01** des zu patentierenden Verfahrens ihr Medium aus dem Schlamm des Sedimentationsbeckens **37**. Das Prozesswasser der Vorstufe **01** und der Endstufe **02** können wahlweise in die Nitrifikation **33** oder in die Endbelüftung **38** abgegeben werden und damit auch hier Synchronisationsfehler ausgleichen. Anschließend kann Nitrat freies Wasserverrieselt **39** oder benutzt werden.

[0032] Die Figuren sind schematische nicht maßstabsgerechte Darstellungen des zu patentierenden Verfahrens und stellen nur Beispiele für mögliche Interpretationen dar. In den Beschreibungen der Figuren genannte aber in den zugehörigen Figuren nicht gezeigte Bezugszeichen sind den vorausgehenden oder nachfolgenden Figuren zu entnehmen. Sowohl die Massen-, Größen-, Material- als auch Festigkeitsrechnungen für die Umsetzung des Verfahrens in eine gebrauchsfertige Anlage sind von dem entsprechenden Fachmann vor zu nehmen.

Bezugszeichenliste

01	Behälter der Vorstufe, mixotroph (auto- + heterotroph), aerob und anaerob
02	Behälter der reduzierenden Endstufe, Endreduktion, heterotroph, anaerob
03	Beleuchtung der Vorstufe
04	Einlass der Vorstufe
05	Außensystem Bereich Partikel haltig
06	phasentrennende Oberflächenmatrix, Grenzmembran der Vorstufe
07	Freiwasserbereich der Vorstufe
08	Schlamm der Vorstufe
09	Abflussleitung der Vorstufe
10	Ventil Abflussleitung der Vorstufe
11	Weiterverarbeitung Schlamm, z. B. Kompostierung, Faulturn etc.
12	Freiwasserablass der Vorstufe
13	Ventil Freiwasserablass der Vorstufe Richtung Endreduktion
14	Ventil Freiwasserablass der Vorstufe Richtung Außensystem Nitrifikation
15	Außensystem vor oder nach Bereich der Nitrifikation
16	Oberflächenabsaugung der Vorstufe
17	Ventil Oberflächenabsaugung der Vorstufe
18	elektrisch betriebener Propeller Bewegungsgeber der Endstufe
19	UV-C Bestrahlung der Endstufe
20	Bakterienträger der Endstufe, Füllkörper, Oberflächenerweiterung
21	Restschlamm der Endstufe
22	Siebplatten der Endstufe
23	Überlauf der Endstufe
24	Entgasung der Endstufe
25	Schlammablass der Endstufe
26	Ventil Schlammablass der Endstufe

- 27** Überlaufleitung der Endstufe
- 28** Kohlenstoff Fütterung der Vorstufe
- 29** Gesamtsystem vereinfachtes Basisverfahren
autarke Denitrifikation
- 30** Fischtank der Aquakulturanlage
- 31** Partikelfilter der Aquakulturanlage
- 32** Pumpensumpf der Aquakulturanlage
- 33** Nitrifikation der Aquakulturanlage und einer
kommunalen Kläranlage
- 34** Entgasung der Aquakulturanlage
- 35** Kreislaufleitung der Aquakulturanlage
- 36** Vorabscheider einer kommunalen Kläranlage
- 37** Sedimentationsbecken einer kommunalen
Kläranlage
- 38** Endbelüftung einer kommunalen Kläranlage
- 39** Verrieselung einer kommunalen Kläranlage

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

- DE 19961142 A1 [0012]
- US 6192833 B1 [0013]
- DE 102008056495 A1 [0013]

Patentansprüche

1. Verfahren zur autarken Denitrifikation in der Aquakultur, der Aquaristik und der kommunalen wie industriellen Wasseraufbereitung mit

- gezielt regelbaren Lichtverhältnissen,
- flexibler Vernetzung von vor- und nachgeschalteter Denitrifikation,
- einer der eigentlichen Denitrifikation vorgeschalteten, bereits Nitrat reduzierfähigen Partikelfilterstufe mit heterotrophen oder gemischten Mikroorganismen, Sedimentations- und Flockungsvorgängen,
- einer internen, kontinuierlichen Kohlenstoffquelle zur Versorgung der nachgeschalteten Denitrifikation mit kurzen Kohlenstoffketten, bedingt durch den Einsatz von UV-C-Bestrahlung und der daraus resultierenden Aufspaltung der im Abwasser bereits enthaltenen langen C-Molekülketten, wie beispielsweise Huminsäuren oder ähnlicher, auch gezielt künstlich zugesetzter Kohlenstoffketten wie z. B. Melasse,
- einer Schlamnteilchenrückführung feinsten Partikel aus der vorgeschalteten Partikelfilterstufe, zur möglichen Speisung der internen, durch UV-C Bestrahlung bedingten kontinuierlichen Kohlenstoffquelle.

DADURCH GEKENNZEICHNET, dass bei Umsetzung des autarken Denitrifikationsverfahrens, welches flexibel der in einem Gesamtsystem notwendigen Nitrifikation vor- oder nachgeschaltet werden kann, zwei voneinander abhängige Bereiche mit eigenen Prozessen entstehen, zum Einen die mixotrophe aerob/anaerobe Vorstufe zur Restoxidation, als Reduktionsstarter und -beschleuniger, zur Dekantierung, Sedimentation und zur Flockung, wobei durch das Zusammenspiel der Vorgänge eine reaktionsfördernde mixotrophe Matrix aus Mikroorganismen, Partikeln, Nährstoffen und Gasen entsteht, sowie zum Anderen die anaerobe, heterotrophe Endstufe zur Reduktion, Klärung und Parasitentötung.

2. Verfahren zur autarken Denitrifikation in der Aquakultur, der Aquaristik und der kommunalen wie industriellen Wasseraufbereitung nach Anspruch 1 DADURCH GEKENNZEICHNET, dass die Vorstufe zur Unterstützung der Matrixbildung, die auch als Prozess trennende und fördernde Grenzmembran zu verstehen ist, eine regelbare Beleuchtung besitzt zur gezielteren Entwicklung und Steuerung dieser Organismenmatrix, wodurch der Nährstoffabbau weiter verbessert wird.

3. Verfahren zur autarken Denitrifikation in der Aquakultur, der Aquaristik und der kommunalen wie industriellen Wasseraufbereitung nach Anspruch 1 DADURCH GEKENNZEICHNET, dass die Vorstufe zur Regelung der Organismenmatrix, die auch als Prozess trennende und fördernde Grenzmembran zu verstehen ist, eine Entnahmestelle z. B. in Form einer Oberflächenabsaugung besitzt zur gezielteren Verjüngung und Steuerung dieser Organismenmatrix,

wodurch feste Nährstoffe entnommen werden und die Reaktionskapazität der Matrix erhalten bleibt.

4. Verfahren zur autarken Denitrifikation in der Aquakultur, der Aquaristik und der kommunalen wie industriellen Wasseraufbereitung nach Anspruch 1 DADURCH GEKENNZEICHNET, dass die Endstufe zur Unterstützung der Reduktion eine interne, kontinuierlichen Kohlenstoffquelle zur Versorgung der nachgeschalteten Denitrifikation mit kurzen Kohlenstoffketten besitzt, bedingt durch den Einsatz von UV-C-Bestrahlung und der daraus resultierenden Aufspaltung der im Abwasser bereits enthaltenen langen C-Molekülketten, wie beispielsweise Huminsäuren oder ähnlicher, auch gezielt künstlich zugesetzter Kohlenstoffketten wie z. B. Melasse, wodurch das C-N-P Verhältnis optimiert und die Denitrifikation eine Vollständige wird.

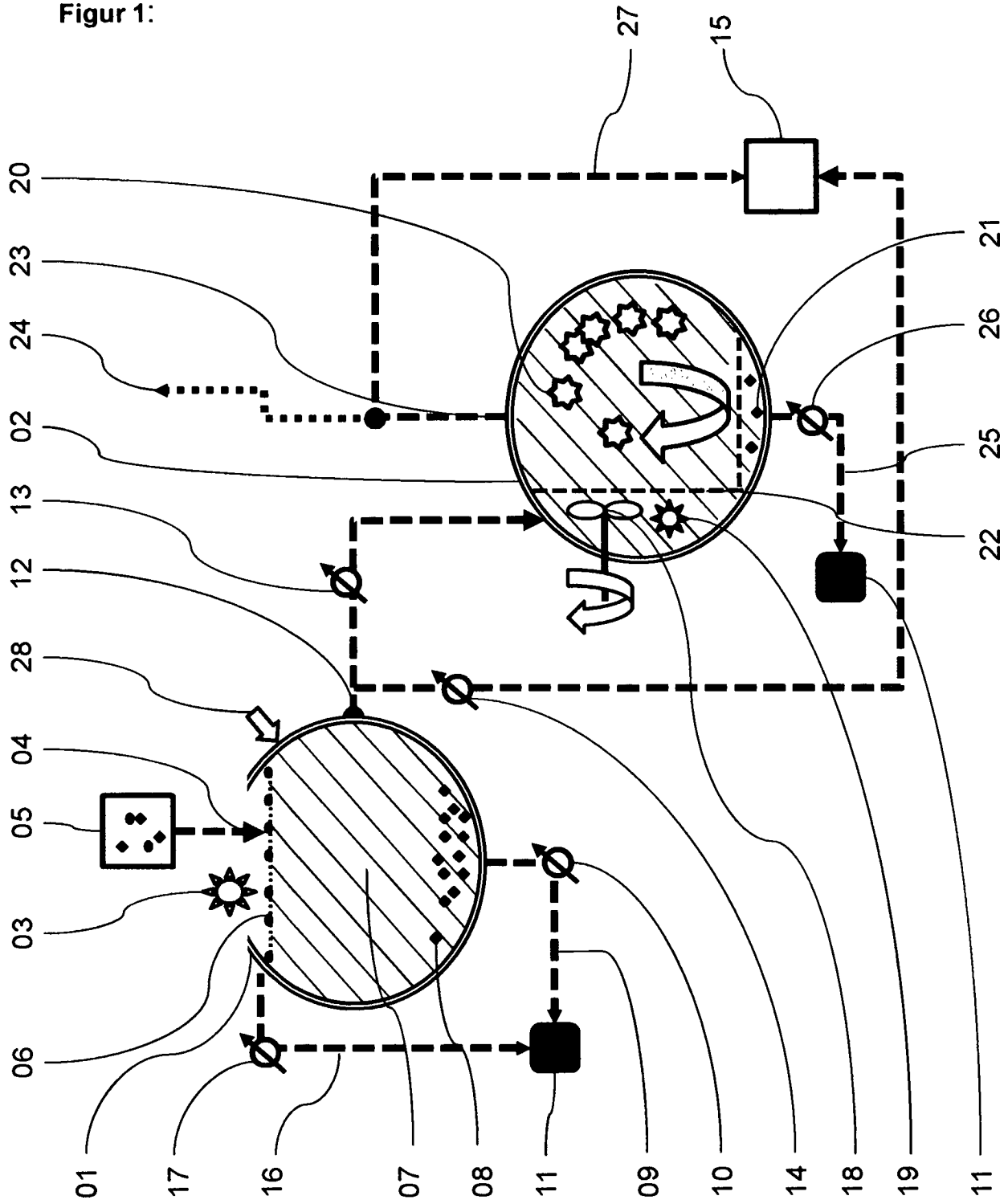
5. Verfahren zur autarken Denitrifikation in der Aquakultur, der Aquaristik und der kommunalen wie industriellen Wasseraufbereitung nach Anspruch 4 DADURCH GEKENNZEICHNET, dass die Endstufe zur zusätzlichen Speisung der Denitrifikation mit kurzen C-Ketten eine zusätzliche Versorgung der UV-C Bestrahlung mit langen C-Ketten in Form der Zuführung feinsten Partikel aus der vorgeschalteten mixotrophen Stufe erhält, wodurch das System unabhängig von externer C-Fütterung wird, zusätzlich Schlamm abbaut und auch schwer abbaubare C-Ketten verarbeitet.

6. Verfahren zur autarken Denitrifikation in der Aquakultur, der Aquaristik und der kommunalen wie industriellen Wasseraufbereitung nach Anspruch 1 und 5 DADURCH GEKENNZEICHNET, dass das Zusammenspiel der kombinierten Prozesse nicht nur den Nitrat und Phosphatabbau beschleunigt und vervollständigt, sondern durch die Einwirkung der mixotrophen Matrix in der ersten Stufe und die extremen Redoxpotentiale sowie UV-C Bestrahlung der zweiten Stufe langkettige Kohlenwasserstoffe und Parasiten zerstört und abgebaut werden, somit eine höhere Desinfektionstiefe als lediglich nur die einer UV-C Einheit entsteht.

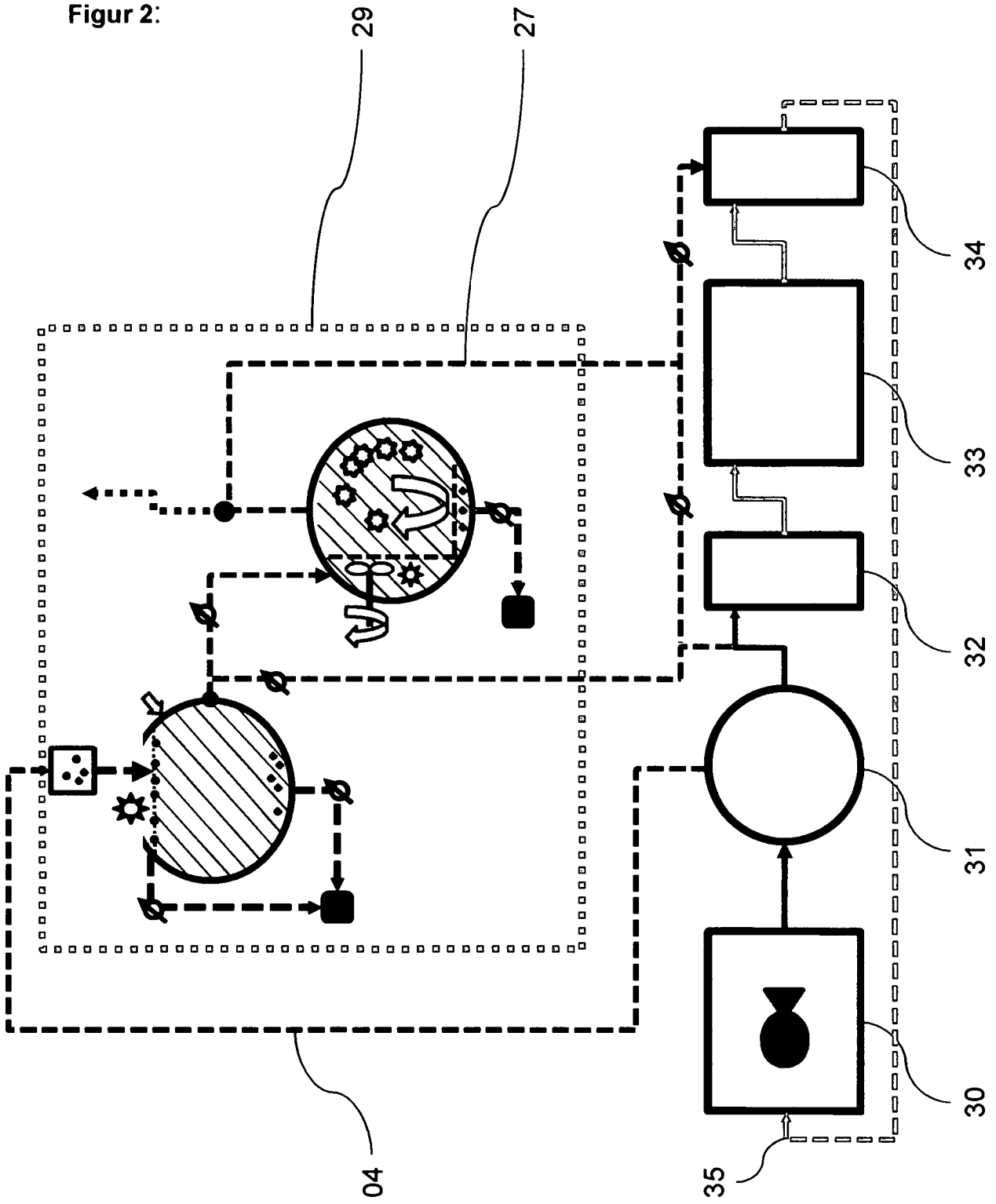
Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Figur 1:



Figur 2:



Figur 3:

