



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
22.10.2014 Patentblatt 2014/43

(51) Int Cl.:
C02F 3/12 (2006.01) **C02F 3/30 (2006.01)**
C02F 1/38 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **13401040.4**

(22) Anmeldetag: **16.04.2013**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

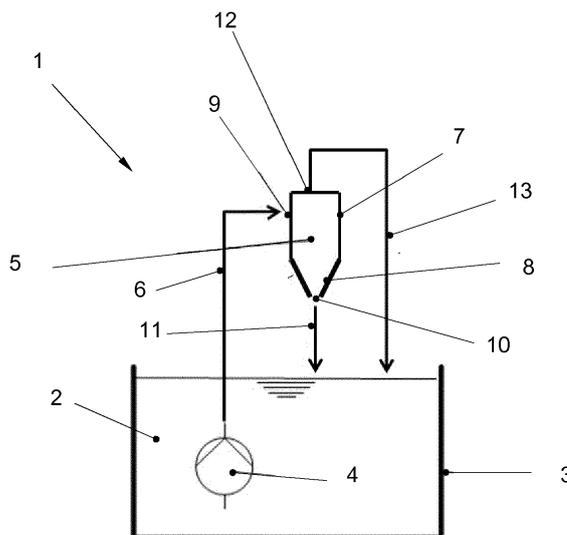
(72) Erfinder:
• **Der Erfinder hat auf seine Nennung verzichtet.**

(74) Vertreter: **Scheffler, Jörg**
Patentanwaltskanzlei Scheffler
Arnswaldtstraße 31
30159 Hannover (DE)

(71) Anmelder: **Demon GmbH**
8737 Gommiswald (CH)

(54) **Verfahren und Anlage zur Behandlung von ammoniumhaltigem Abwasser**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anlage (1) zur Behandlung von ammoniumhaltigem Abwasser (2) in einer zumindest ein Belebungsbecken (3) aufweisenden deammonifizierenden Anlage (1). Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass zumindest zeitweise Belebtschlamm aus dem Belebungsbecken (3) in einen Hydrozyklon (5) eingeleitet wird und dass nach der Separierung des Belebtschlammes im Hydrozyklon (5) sowohl die spezifisch schwere Fraktion als auch die spezifisch leichte Fraktion, welche mehrheitlich die aerob Ammonium oxidierenden Bakterien (AOB) enthält, wieder in das zumindest eine Belebungsbecken (3) der Anlage (1) zurückgeführt werden. Während der Separierung des Belebtschlammes im Hydrozyklon (5) werden die gegenüber den aerob Ammonium oxidierenden Bakterien (AOB) eine größere Dichte aufweisenden anaerob Ammonium oxidierenden Bakterien (Anammox) durch die Flieh- und Strömungskräfte im Hydrozyklon (5) an einer aufgerauten Innenwandfläche des Hydrozyklons (5) abgeschieden und durch eine Relativbewegung zwischen den sich schnell bewegenden anaerob Ammonium oxidierenden Bakterien (Anammox) und der ortsfesten aufgerauten Innenwandfläche des Hydrozyklons (5) werden abrasive Kräfte erzeugt, durch welche ein auf den Ammonium oxidierenden Bakterien (Anammox), insbesondere Planctomyceten-Granulen, vorhandener organischer oder anorganischer Belag zumindest teilweise entfernt wird.



Figur 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Behandlung von ammoniumhaltigem Abwasser in einer zumindest ein Belebungsbecken aufweisenden deammonifizierenden Anlage, bei welchem zunächst mittels aerob oxidierender Bakterien (AOB) Ammonium zu Nitrit umgesetzt wird und anschließend mittels anaerob Ammonium oxidierender Bakterien (Anammox), insbesondere mittels Planctomyceten, Ammonium und Nitrit in elementaren Stickstoff umgesetzt werden und bei welchem Schlamm aus dem Belebungsbecken einem Hydrozyklon zugeführt und in diesem in eine spezifisch schwere Fraktion, welche mehrheitlich die anaerob Ammonium oxidierenden Bakterien (Anammox) enthält, und in eine spezifisch leichte Fraktion separiert wird, wobei die spezifisch schwere Fraktion in das Belebungsbecken zurückgeführt wird.

[0002] Weiterhin betrifft die Erfindung eine deammonifizierende Anlage zur Behandlung von ammoniumhaltigem Abwasser mit zumindest einem Belebungsbecken und mit zumindest einem Hydrozyklon zur Separierung von Schlamm aus dem Belebungsbecken in eine spezifisch schwere Fraktion, welche mehrheitlich anaerob Ammonium oxidierende Bakterien (Anammox) enthält, und in eine spezifisch leichte Fraktion, wobei der Hydrozyklon einen strömungstechnisch mit dem Belebungsbecken verbundenen Zulauf zur Einleitung des Schlammes, einen strömungstechnisch mit dem Belebungsbecken verbundenen Unterlauf zur Rückführung der separierten spezifisch schweren Fraktion in das Belebungsbecken und einen Oberlauf zum Abführen der separierten spezifisch leichten Fraktion aus dem Hydrozyklon aufweist.

[0003] Das Belebtschlammverfahren ist ein Verfahren zur biologischen Abwasserreinigung in Kläranlagen. Dabei wird das zumeist kommunale Abwasser durch die Stoffwechsel-Aktivität von aeroben chemoorganoheterotrophen Mikroorganismen, dem sogenannten Belebtschlamm, weitestgehend von organischen Verunreinigungen befreit, also gereinigt. Das Verfahren setzt nach der Abtrennung bzw. Abscheidung der Grobanteile ein, die entwässert, separiert, ausgefault und verbrannt werden. Für kommunale Abwässer gehört dieses Verfahren zu den klassischen intensiven Aufbereitungsverfahren. Vorteilhaft ist die allgemeine Verwendbarkeit und die gute Reinigungswirkung für Abwässer zur Verminderung der Gehalte an Schwebstoffen, dem Chemischen Sauerstoffbedarf (CSB), dem Biochemischen Sauerstoffbedarf (BSB₅) und den Stickstoffverbindungen (N).

[0004] Anlagen nach dem Belebtschlammverfahren können sowohl kontinuierlich, d. h. im Durchlaufbetrieb (konventionelle Belebungsanlage), als auch diskontinuierlich (SBR-Anlage) betrieben werden. Weiterhin existieren auch noch sogenannte Membranbelebungsanlagen, bei welchen mittels einer Membran das gereinigte Wasser vom Schlamm abgetrennt wird. Gemein ist allen Varianten, dass im Wasser suspendierte Bakterienmas-

se oder Biomasse, welche auch als Belebtschlamm bezeichnet wird, die biologische Reinigung des Abwassers übernimmt. Hierzu weist jede Anlage zumindest ein Belebungsbecken auf, in welchem das Abwasser mit dem Belebtschlamm versetzt und damit in einen intensiven Kontakt mit dem Belebtschlamm gebracht wird.

[0005] Als Belebtschlamm wird die bei der aeroben biologischen Abwasserreinigung durch den Abbau der Abwasserinhaltsstoffe im Belebungsbecken gebildete Biomasse bezeichnet. Sie besteht im Wesentlichen aus Bakterien, Pilzen, Protozoen, EPS und weiteren Bestandteilen. Mikroskopische Untersuchungen belegen, dass Belebtschlammflocken von Bakterien und Protozoen "belebt" sind. Deshalb werden sie Belebtschlamm genannt. Der Belebtschlamm liegt bei der technischen Nutzung im Belebtschlammverfahren in der Regel in Form von Belebtschlammflocken vor, die neben lebender und toter Biomasse adsorbierte und eingelagerte organische Verbindungen und Mineralstoffe enthalten.

[0006] Beim Belebtschlammverfahren erfolgt nach dem Abbau der Schadstoffe im Abwasser durch Belebtschlamm eine Trennung dieses Schlammes vom gereinigten Wasser in der sogenannten Nachklärung. Ein Großteil des abgetrennten Schlammes wird in das Belebungsbecken als Rücklaufschlamm oder Rezirkulationsschlamm zurückgeführt. Dadurch wird sichergestellt, dass die Belebtschlammkonzentration im Belebungsbecken aufrecht gehalten werden kann. Die im Rücklaufschlamm enthaltenen belebten Flocken erneuern die Reinigungskraft der Belebung. Der nicht rezirkulierte, kleinere Volumenstrom des Belebtschlammes wird Überschussschlamm genannt. Der Überschussschlamm ist also der Teil des Belebtschlammes, der zur Konstanthaltung der gewünschten Biomassenkonzentration abgezogen und in die Schlammbehandlung gepumpt wird. Dieser entfernte Biomassenzuwachs wird in der Regel zusammen mit dem Primärschlamm der Schlammfäulung und schließlich der Schlammmentwässerung zugeführt.

[0007] In herkömmlichen Kläranlagen wird heute fast ausschließlich die biologische Nitrifikation/Denitrifikation zur Stickstoffelimination eingesetzt. Unter Stickstoffelimination versteht man die Umwandlung von biologisch verfügbaren Stickstoffverbindungen wie Ammonium (NH₄), Nitrit (NO₂) und Nitrat (NO₃) zu elementarem Stickstoff (N₂), welcher als harmloses Endprodukt in die Umgebungsluft ausgast. Bei der Nitrifikation wird Ammonium durch Sauerstoff über das Zwischenprodukt Nitrit zu Nitrat oxidiert. Bei der anschließenden Denitrifikation wird das Nitrat in einem ersten Reduktionsschritt zu Nitrit und in einem zweiten Reduktionsschritt zu Stickstoff reduziert.

[0008] Die biologische Nitrifikation/Denitrifikation hat den Nachteil eines hohen Sauerstoffbedarfs und damit hohen Energieverbrauchs. Zudem wird bei der Denitrifikation organischer Kohlenstoff verbraucht, was sich nachteilig auf den weiteren Reinigungsprozess und die Schlammeigenschaften auswirkt.

[0009] Gegenüber der Nitrifikation/Denitrifikation wird bei der Deammonifikation nur 40 % des Sauerstoffes benötigt bzw. der Energieverbrauch für die Stickstoffelimination um 60 % reduziert. Die Deammonifikation ist ein autotropher Prozess, bei dem kein organischer Kohlenstoff benötigt wird. Damit wird der übrige Reinigungsprozess stabiler.

[0010] Die Deammonifikation ist ein effizientes Verfahren zur biologischen Stickstoffelimination, z.B. auch bei Abwässern mit hohen Ammoniumkonzentrationen. Bei der biologischen Deammonifikation mit suspendierter Biomasse sind zwei Bakteriengruppen beteiligt, einerseits die aerob Ammonium oxidierenden Bakterien (AOB), welche Ammonium zu Nitrit umsetzen, und andererseits die anaerob Ammonium oxidierenden und elementaren Stickstoff produzierenden Bakterien (Anammox), insbesondere Planctomyceten, welche diesen Schritt mithilfe des zuvor produzierten Nitrits vollziehen.

[0011] Die aerob Ammonium oxidierenden Bakterien (AOB) produzieren bezogen auf den Stoffumsatz zehnmal mehr neue Bakterienmasse als die anaerob Ammonium oxidierenden Bakterien (Anammox). Die Aufenthaltszeit des Schlammes im Ein-Schlamm-System muss also mindestens so lang sein, dass sich die langsamwüchsigen anaerob Ammonium oxidierenden Bakterien (Anammox) anreichern können.

[0012] Verfahren zur einstufigen bzw. zweistufigen Deammonifikation sind bereits hinlänglich bekannt, beispielsweise aus der WO 2007/033393 A1 oder der EP 0 327 184 B1.

[0013] Als nachteilig erweisen sich hierbei insbesondere die wesentlich längeren Generationszeiten der anaerob Ammonium oxidierenden Bakterien (Anammox), welche um den Faktor 10 länger als die der aerob Ammonium oxidierenden Bakterien (AOB) sind. Dadurch kann sich ein stabiles System nur dann ausbilden, wenn die Aufenthaltszeit des Schlammes bzw. der Bakterien im Becken ausreichend groß ist. Dies bedingt wiederum große Reaktionsvolumina und entsprechend ausgebildete Becken.

[0014] Weiterhin ist eine ausreichend hohe Abwassertemperatur ($> 25\text{ }^{\circ}\text{C}$) Grundlage für die Existenz bzw. das Wachstum der anaerob Ammonium oxidierenden Bakterien (Anammox). Das Aufheizen des Abwassers ist energetisch jedoch sehr aufwendig, weshalb die beschriebenen Verfahren bei Abwässern mit niedrigen Temperaturen nicht wirtschaftlich einsetz- bzw. durchführbar sind.

[0015] Außerdem erweist sich die Anwesenheit von solchen Bakteriengruppen (NOB) als nachteilig, welche das gebildete Nitrit unter aeroben Bedingungen in Nitrat umwandeln. Diese Gruppe Bakterien hat gegenüber den anaerob Ammonium oxidierenden Bakterien (Anammox) um den Faktor 10 kürzere Generationszeiten. Zum Ausgleich dieser unterschiedlichen Generationszeiten ist bereits daran gedacht worden, die belüftete Phase des Ein-Schlamm-Systems auf einem sehr niedrigen Sauerstoffniveau zu betreiben ($< 0,4\text{ mg O}_2/\text{l}$). Hierdurch steht den

Nitrat bildenden Bakterien (NOB) kein bzw. wenig Sauerstoff zur Umsetzung des Nitrits zur Verfügung, was wiederum für die anaerob Ammonium oxidierenden Bakterien (Anammox) sehr vorteilhaft ist. Die reduzierte Sauerstoffzufuhr während der belüfteten Phase hat jedoch den Nachteil, dass auch die aerobe Umwandlung des Ammoniums in Nitrit sauerstofflimitiert ist und dadurch sehr langsam verläuft.

[0016] Die langsamwüchsigen Planctomyceten, welche gegenüber den Nitrit bildenden Bakterien (AOB) eine um den Faktor 10 längere Generationszeit haben, weisen die besondere Eigenschaft auf, dass sehr viele Einzelbakterien einen kugelförmigen Verbund, sogenannte Planctomyceten-Granulen bilden. Diese Planctomyceten-Granulen haben eine sehr große Dichte (10^{10} Bakterien/ml).

[0017] Das zu behandelnde Abwasser enthält neben dem abzubauenen Ammonium organische Stoffe wie organische Säuren und weitere organische Stoffe, die mit dem Summenparameter "gelöster CSB" beschrieben werden und Werte von einigen Hundert mg/l betragen können (typisch: 100 - 2000 mg/l). Diese organischen Stoffe werden von sehr schnellwüchsigen heterotrophen Bakterien abgebaut. Die heterotrophen Bakterien siedeln sich häufig auf den Planctomyceten-Granulen an und bedecken diese mit einer organischen Deckschicht bzw. einem Belag. Die Deckschicht führt zu einer Diffusionsbegrenzung und erschwert dadurch die Umwandlung von Ammonium (NH_4) und Nitrit (NO_2) in elementaren Stickstoff (N_2), da das Substrat (NH_4 und NO_2) erst diese Deckschicht passieren muss, bevor es den Planctomyceten für die Umwandlung zur Verfügung steht.

[0018] Das zu behandelnde Abwasser, häufig Abwasser aus einer Schlammfäulung (anaerobe Stabilisierung von Klärschlamm) oder generell Abwasser mit erhöhten Stickstoffkonzentrationen, enthält neben Ammonium (NH_4) und organischen abbaubaren Stoffen auch anorganische Stoffe, wie beispielweise Calciumcarbonat und/oder Struvit, welche sich ebenfalls an der Oberfläche der Planctomyceten-Granulen ablagern können. Auch im Abwasser enthaltene Schwebestoffe, die einige Hundert mg/l (typisch 50 - 1000 mg/l) betragen können, bilden oder vergrößern die Deckschicht der Planctomyceten-Granulen.

[0019] Die Überdeckung der Planctomyceten-Granulen führt infolge der Diffusionsbegrenzung zu einem massiven Leistungseinbruch der deammonifizierenden Anlage. Vergleichsmessungen zwischen freien, unbedeckten Planctomyceten-Granulen und Granulen mit einer Deckschicht haben einen Unterschied im spezifischen Umsatz von Stickstoff (mg N/g TS) um den Faktor 4 - 6 gezeigt.

[0020] Die Ablagerungen bzw. der Belag auf den Planctomyceten-Granulen sind bereits mit bloßem Auge erkennbar. Freie, unbedeckte Granulen sind intensiv rot/rostrot, die mit einem Belag bedeckten Granulen sind je nach Bedeckungsgrad schwach rötlich/braun bis dunkelbraun.

[0021] Aus der EP 2 163 524 B1 sind bereits ein Verfahren und eine deammonifizierende Anlage der eingangs genannten Art bekannt. Bei dem offenbarten Verfahren wird der zur Konstanthaltung der Biomassekonzentration in der Anlage aus dieser abgezogene Überschussschlamm nicht entsorgt und der Schlammfäulung zugeführt, sondern einem Hydrozyklon zugeführt und in diesem in eine spezifisch schwere Fraktion (Unterlauf) und eine spezifisch leichte Fraktion (Oberlauf) getrennt. Hierbei werden die Dichteunterschiede der im Überschussschlamm enthaltenen beiden Bakteriengruppen (Anammox/AOB) genutzt, um den Überschussschlamm in eine schwere Phase, welche mehrheitlich die anaerob Ammonium oxidierenden Bakterien (Anammox) enthält, und eine leichte Phase (AOB) zu trennen. Durch die Rückführung der in der schweren Phase enthaltenen Bakteriengruppe (Anammox) in das Belebungsbecken der Anlage wird die langsamwüchsige Bakteriengruppe (Anammox) in dem Belebungsbecken angereichert.

[0022] Die beiden zu trennenden Schlammfraktionen, nämlich die spezifisch leichte Fraktion und die spezifisch schwere Fraktion, unterscheiden sich sowohl in der Dichte als auch der biologischen Charakteristik deutlich. Es handelt sich um völlig verschiedene Gruppen von Bakterien. Die aus mehreren Einzelbakterien bestehenden Planctomyceten-Granulen weisen gegenüber den flockenartig vorliegenden aerob Ammonium oxidierenden Bakterien (AOB) eine wesentlich größere Dichte auf. Durch die vorhandenen Dichteunterschiede der beiden Bakteriengruppen lässt sich der abgeführte Überschussschlamm in eine schwere, die Planctomyceten-Granulen enthaltende Phase und eine leichte, den flockenartigen Schlammanteil enthaltende Phase trennen. Die Planctomyceten-Granulen sind aufgrund der Dichteunterschiede erheblich schwerer als die Flocken.

[0023] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes Verfahren zur Behandlung von ammoniumhaltigem Abwasser zur Verfügung zu stellen. Weiterhin liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine verbesserte deammonifizierende Anlage zur Behandlung von ammoniumhaltigem Abwasser zur Verfügung zu stellen.

[0024] Die erstgenannte Aufgabe wird erfindungsgemäß mit einem Verfahren gemäß den Merkmalen des Anspruches 1 gelöst. Die weitere Ausgestaltung der Erfindung ist den Unteransprüchen 2 bis 7 zu entnehmen.

[0025] Erfindungsgemäß ist also ein Verfahren zur Behandlung von ammoniumhaltigem Abwasser vorgesehen, bei welchem zumindest zeitweise Belebtschlamm aus dem Belebungsbecken in den Hydrozyklon eingeleitet wird und bei welchem nach der Separierung des Belebtschlammes im Hydrozyklon sowohl die spezifisch schwere Fraktion als auch die spezifisch leichte Fraktion, welche mehrheitlich die aerob Ammonium oxidierenden Bakterien (AOB) enthält, wieder in das zumindest eine Belebungsbecken der Anlage zurückgeführt werden, wobei während der Separierung des Belebtschlammes im Hydrozyklon die gegenüber den aerob Ammonium oxidierenden Bakterien (AOB) eine größere Dichte aufwei-

senden anaerob Ammonium oxidierenden Bakterien (Anammox) durch die Flieh- und Strömungskräfte im Hydrozyklon an einer aufgerauten Innenwandfläche des Hydrozyklons abgeschieden werden und durch eine Relativbewegung zwischen den sich schnell bewegenden anaerob Ammonium oxidierenden Bakterien (Anammox) und der ortsfesten aufgerauten Innenwandfläche des Hydrozyklons abrasive Kräfte erzeugt werden, durch welche ein sich auf den Ammonium oxidierenden Bakterien (Anammox), insbesondere Planctomyceten-Granulen, vorhandener organischer oder anorganischer Belag zumindest teilweise entfernt wird.

[0026] Hierdurch wird ein verbessertes Verfahren zur Behandlung von ammoniumhaltigem Abwasser zur Verfügung gestellt, da eine Umsetzung von Ammonium und Nitrit in elementaren Stickstoff durch die anaerob Ammonium oxidierenden Bakterien (Anammox) dadurch erleichtert wird, dass der eine Diffusionsbegrenzung darstellende organische oder anorganische Belag auf den als Planctomyceten-Granulen vorliegenden anaerob Ammonium oxidierenden Bakterien (Anammox) entfernt wird. Dabei wird der Belag so schonend von den Granulen abgetragen bzw. abgewaschen, dass die Granulen selbst durch die abrasiven Kräfte nicht zerstört werden. Das Erhalten der granulatartigen Struktur ist für den angestrebten Stickstoffumsatz der Anlage von elementarer Bedeutung. Dadurch, dass sowohl die spezifisch schwere Fraktion als auch die spezifisch leichte Fraktion nach der Separierung im Hydrozyklon wieder in dasselbe Belebungsbecken zurückgeführt werden, aus welchem auch der in den Hydrozyklon eingeleitete Belebtschlamm abgeführt wurde, bleibt das Verhältnis der für die Deammonifikation erforderlichen Bakterienarten, nämlich der anaerob Ammonium oxidierenden Bakterien (Anammox), insbesondere Planctomyceten-Granulen, und der aerob Ammonium oxidierenden Bakterien (AOB), insbesondere Nitrosomonas, in der Anlage bzw. im biologischen System erhalten. Gleichzeitig wird durch das Entfernen des Belages der Stickstoffumsatz gesteigert. Da die flockenartig vorliegenden aerob Ammonium oxidierenden Bakterien mehrheitlich in der spezifisch leichten Fraktion des Belebtschlammes enthalten sind, ist für eine leistungsfähige Deammonifikation und einen guten Stickstoffumsatz unerlässlich, dass neben den Planctomyceten-Granulen auch die spezifisch leichte Fraktion wieder in das Belebungsbecken zurückgeführt wird.

[0027] Im Hydrozyklon werden also die als Verbund aus mehreren Einzelbakterien vorliegenden Planctomyceten-Granulen aufgrund ihrer gegenüber den flockenartig vorliegenden aerob Ammonium oxidierenden Bakterien größeren Dichte an der aufgerauten Innenwandfläche des Hydrozyklons abgeschieden. Diese aufgeraute Innenwandfläche weist eine gegenüber einer benachbarten Innenwandfläche oder einer Innenwandfläche eines herkömmlichen Hydrozyklons größere Rauigkeit auf. Dabei kann die Innenwandfläche selbst aufgeraut sein oder eine Oberflächenbeschichtung aufweisen, welche aufgeraut ist oder die größere Rauigkeit abbildet. Durch

den Kontakt mit der aufgerauten Innenwandfläche werden abrasive Kräfte in die Granulen eingeleitet, welche derart ausgebildet sind, dass der organische oder anorganische Belag auf den Granulen schonend entfernt wird, ohne dabei den Verbund aus Einzelbakterien oder die Einzelbakterien selbst zu zerstören. Nach dem Entfernen des Belages werden die Granulen über den Unterlauf des Hydrozyklons in das Belebungsbecken zurückgeführt.

[0028] Die flockenartig vorliegenden und mehrheitlich in der leichten Fraktion vorhandenen aerob Ammonium oxidierenden Bakterien (AOB) werden aufgrund ihrer im Vergleich zu den Granulen wesentlich geringeren Dichte über einen sich im Hydrozyklon ausbildenden inneren und aufwärtsgerichteten Innenwirbel aus dem Oberlauf des Hydrozyklons ausgetragen. Hierdurch gelangen diese Bakterien (AOB) nicht in einen intensiven Kontakt mit der aufgerauten Innenwandfläche im Konus, sodass diese Bakterienflocken nicht den abrasiven Kräften ausgesetzt sind und im Wesentlichen unbeschädigt aus dem Hydrozyklon abgeführt und in das Belebungsbecken zurückgeführt werden können. Hierdurch können die ohnehin schlechteren Absetzeigenschaften der flockenartigen Bakterien zumindest erhalten werden. Eine Zerstörung der Flockenstruktur dagegen würde die Absetzeigenschaften derart verschlechtern, dass die für die Deammonifikation erforderlichen aerob Ammonium oxidierenden Bakterien (AOB) mit dem Schlammwasser aus dem biologischen System bzw. aus dem Belebungsbecken ausgetragen werden würden.

[0029] Durch das erfindungsgemäße Verfahren und die Entfernung des als Diffusionsbegrenzung wirkenden organischen oder anorganischen Belages von den Planctomyceten-Granulen wird der spezifische Umsatz von Stickstoff (mg N/g TS) um den Faktor 4 - 6 gesteigert.

[0030] In der Praxis hat es sich außerdem als besonders vorteilhaft erwiesen, dass der Belebtschlamm im Hydrozyklon Fliehkräften vom 30- bis 180-fachen der Erdbeschleunigung ausgesetzt wird. Bei Fliehkräften in dieser Größenordnung und daraus resultierenden hohen Geschwindigkeiten des Belebtschlammes, insbesondere der schweren Fraktion, wird der Belag auf den Planctomyceten-Granulen nahezu vollständig entfernt. Bei geringen Werten erfolgt kein bzw. nur ein sehr geringes Abtragen des Belages und bei größeren Werten werden die aus mehreren Einzelbakterien bestehenden Granulen bzw. die Einzelbakterien selbst zerstört.

[0031] Außerdem hat es sich als vorteilhaft erwiesen, dass die in dem Hydrozyklon separierte spezifisch schwere Fraktion und die spezifisch leichte Fraktion des Belebtschlammes jeweils vollständig wieder in das Belebungsbecken zurückgeführt werden. Durch die Rückführung wird gewährleistet, dass der aus dem Belebungsbecken in den Hydrozyklon eingeleitete Belebtschlamm vollständig wieder in dasselbe Belebungsbecken zurückgeführt wird und somit ein ausgewogenes Verhältnis zwischen den an der Deammonifikation beteiligten Bakterienarten (Anamnox, AOB) im Belebungs-

becken der Anlage zur Verfügung steht.

[0032] Eine vorteilhafte Weiterbildung des vorliegenden Verfahrens wird auch dadurch erreicht, dass während der Separierung des Belebtschlammes im Hydrozyklon die mehrheitlich die anaerob Ammonium oxidierenden Bakterien enthaltende spezifisch schwere Fraktion die in einem konischen Segment des Hydrozyklons angeordnete aufgeraute Innenwandfläche kontaktiert sowie anschließend durch einen Unterlauf des Hydrozyklons aus diesem abgeführt wird und die mehrheitlich die aerob Ammonium oxidierenden Bakterien (AOB) enthaltende spezifisch leichte Fraktion eine glatte Innenwandfläche in einem zylindrischen Segment des Hydrozyklons kontaktiert und anschließend durch einen Oberlauf des Hydrozyklons aus diesem abgeführt wird. Hierdurch wird erreicht, dass die abrasiven Kräfte ausschließlich auf die Planctomyceten-Granulen einwirken und dadurch den organischen oder anorganischen Belag entfernen, während die aerob Ammonium oxidierenden Bakterien (AOB) ausschließlich in den Kontakt mit der glatten Innenwandfläche des zylindrischen Segmentes kommen. Hierdurch kann eine Zerstörung der flockenartig vorliegenden aerob Ammonium oxidierenden Bakterien verhindert werden. Die gewählte Rauigkeit der Innenwandfläche hängt vom Durchmesser des zylindrischen Segmentes des Hydrozyklons ab. Je größer der Durchmesser des zylindrischen Segmentes, desto größer sollte die gewählte Rauigkeit sein. In Versuchen hat sich gezeigt, dass die Oberfläche eine Körnung von bis zu 100 µm aufweisen sollte.

[0033] Eine besonders vorteilhafte Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird auch dadurch geschaffen, dass nach einer ersten vorbestimmten Zeitspanne, in welcher in den Hydrozyklon Belebtschlamm eingeleitet und in eine spezifisch schwere Fraktion und eine spezifisch leichte Fraktion separiert wird und sowohl die schwere Fraktion als auch die leichte Fraktion in das Belebungsbecken zurückgeführt werden, dem Hydrozyklon während einer zweiten vorbestimmten Zeitspanne aus dem Belebungsbecken abgezogener Überschussschlamm statt Belebtschlamm zugeführt wird, wobei der Überschussschlamm in dem Hydrozyklon in eine spezifisch schwere Fraktion und eine spezifisch leichte Fraktion separiert wird, und ausschließlich die spezifisch schwere Fraktion in das Belebungsbecken zurückgeführt oder aufgefangen und einem Belebungsbecken einer zweiten Anlage zugeführt wird, während die spezifisch leichte Phase entsorgt wird.

[0034] Während der ersten Zeitspanne werden die in der spezifisch schweren Fraktion enthaltenen Planctomyceten-Granulen gewaschen bzw. der auf den Granulen befindliche organische oder anorganische Belag wird zumindest teilweise entfernt. Dagegen kann während der zweiten Zeitspanne durch die Entsorgung der leichten Fraktion und die Rückführung der schweren Fraktion in das Belebungsbecken der Anlage die langsamwüchsige Gruppe der anaerob Ammonium oxidierenden Bakterien (Anamnox) im biologischen System bzw. im Belebungs-

becken angereichert werden. Der Anteil der anaerob Ammonium oxidierenden Bakterien (Anammox) kann während der zweiten Zeitspanne derart angehoben werden, dass das Reaktionsvolumen des Beckens entsprechend verkleinert und die Prozessstabilität der Anlage gesteigert werden.

[0035] In diesem Fall hat es sich als besonders praxisnah erwiesen, dass eine Länge der ersten Zeitspanne größer ist als eine Länge der zweiten Zeitspanne. In der Praxis hat es sich als vorteilhaft erwiesen, dass die Länge der ersten Zeitspanne in etwa das 1,5- bis 4-fache der Länge der zweiten Zeitspanne beträgt. Besonders bevorzugt wird in den Hydrozyklon 70 % der Gesamtlaufzeit des Hydrozyklons Belebtschlamm und 30 % der Gesamtlaufzeit Überschussschlamm eingeleitet. Dabei wird die Länge der jeweiligen Zeitspanne in Abhängigkeit der Anzahl, der jeweiligen Größe der Hydrozyklone und der Größe des Belebungsbeckens sowie des zu erreichenden Stickstoffumsatzes der Anlage angepasst.

[0036] Erfindungsgemäß ist weiterhin vorgesehen, dass in den Hydrozyklon alternierend und fortlaufend während einer ersten Zeitspanne Belebtschlamm und während einer zweiten Zeitspanne Überschussschlamm eingeleitet wird. Das bedeutet, dass sich nach der Einleitung von Überschussschlamm während der zweiten Zeitspanne wieder eine erste Zeitspanne anschließt, in welcher dann Belebtschlamm in den Hydrozyklon eingeleitet wird.

[0037] Die zweitgenannte Aufgabe wird erfindungsgemäß mit einer deammonifizierenden Anlage gemäß den Merkmalen des Anspruches 8 gelöst. Die weitere Ausgestaltung der Erfindung ist den Unteransprüchen 9 bis 15 zu entnehmen.

[0038] Erfindungsgemäß ist also eine deammonifizierende Anlage zur Behandlung von ammoniumhaltigem Abwasser vorgesehen, bei welcher der in den Hydrozyklon eingeleitete Schlamm als Belebtschlamm ausgebildet ist und der Oberlauf des Hydrozyklons zur Rückführung der separierten spezifisch leichten Fraktion, welche mehrheitlich aerob Ammonium oxidierende Bakterien (AOB) enthält, in das Belebungsbecken strömungstechnisch mit dem Belebungsbecken verbunden ist, und bei welcher der zumindest eine Hydrozyklon ein zylindrisches Segment und ein konisches Segment aufweist, wobei eine Innenwandfläche des konischen Segmentes zumindest abschnittsweise aufgeraut ist und die aufgeraute Innenwandfläche des konischen Segmentes eine größere Rauigkeit aufweist als eine Innenwandfläche des zylindrischen Segmentes.

[0039] Durch eine derartige Ausgestaltung des Hydrozyklons und der strömungstechnischen Verbindung des Hydrozyklons mit dem Belebungsbecken wird eine verbesserte deammonifizierende Anlage zur Behandlung von ammoniumhaltigem Abwasser zur Verfügung gestellt. Mittels der erfindungsgemäßen Anlage können die sich auf den Planctomyceten-Granulen befindenden organischen oder anorganischen Beläge schonend und dabei besonders wirkungsvoll entfernt werden. Durch die

Entfernung der als Diffusionsbegrenzung wirkenden Beläge wird die Umsetzung von Ammonium und Nitrit in elementaren Stickstoff durch die Planctomyceten wesentlich erleichtert.

[0040] Dadurch, dass das konische Segment des Hydrozyklons eine größere Rauigkeit aufweist als das zylindrische Segment, wird gewährleistet, dass die zur Entfernung des Belages erforderlichen abrasiven Kräfte ausschließlich in die spezifisch schwere Fraktion eingeleitet werden. Da die spezifisch leichte Fraktion aufgrund der geringeren Dichte durch den sich ausbildenden aufwärts gerichteten Innenwirbel im Hydrozyklon durch den Oberlauf ausgetragen wird, gelangt die spezifisch leichte Fraktion nicht in unmittelbaren Kontakt mit der aufgerauten Innenwandfläche im konischen Segment des Hydrozyklons. Es werden also keine abrasiven Kräfte in die leichte Fraktion eingeleitet, sodass die in der leichten Fraktion enthaltenen flockenartig vorliegenden Bakterien (AOB) nicht zerstört werden. Dies ist insbesondere wegen der wesentlich schlechteren Absetzeigenschaften dieser Schlammfraktion sehr vorteilhaft. Eine Zerstörung würde zu einer weiteren Verschlechterung der Absetzeigenschaften führen, infolge welcher diese Bakterien aus dem biologischen System bzw. dem Belebungsbecken ausgetragen werden und für die Deammonifikation nicht mehr zur Verfügung stehen würden.

[0041] Es hat sich als besonders praxisnah erwiesen, dass die Innenwandfläche des konischen Segmentes des Hydrozyklons zumindest abschnittsweise eine Rauigkeit mit einer Körnung von bis zu 100 µm aufweist. Bei einer größeren Körnung würden die im Verbund vorliegenden anaerob Ammonium oxidierenden Bakterien, nämlich die Planctomyceten-Granulen, zerstört werden. Die im Einzelfall zu wählende Rauigkeit hängt dabei insbesondere vom gewählten Durchmesser des Hydrozyklons ab. Je größer der Durchmesser des zylindrischen Segmentes des Hydrozyklons ist, desto größer sollte die gewählte Rauigkeit sein.

[0042] Eine Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass die Innenwandfläche des konischen Segmentes eine die größere Rauigkeit aufweisende Oberflächenbeschichtung aufweist. Hierbei könnten die Oberflächenbeschichtung und die Innenwandfläche des konischen Segmentes einteilig ausgebildet sein oder die Oberflächenbeschichtung könnte stoffschlüssig, beispielsweise durch Kleben, mit der Innenwandfläche des konischen Segmentes verbunden sein.

[0043] Dabei hat es sich als besonders vorteilhaft erwiesen, dass der Hydrozyklon zumindest teilweise aus einem formstabilen Kunststoff und/oder die Oberflächenbeschichtung aus Aluminiumoxid besteht. Diese Ausgestaltung des Hydrozyklons gewährleistet eine einfache und reproduzierbare Herstellung des Hydrozyklons. Hierbei kann der Hydrozyklon durch Spritzgießen hergestellt werden, wobei das die Oberflächenbeschichtung bildende Aluminiumoxid vor dem Einbringen des Kunststoffs in die Form ein- bzw. auf den Kern aufgebracht wird. Während des Abkühlvorganges verbindet sich

dann das Aluminiumoxid mit der Innenwandfläche des Hydrozyklons zu einem einstückigen Bauteil. Durch die Einlagerung des Aluminiumoxids in die Oberfläche des Hydrozyklons ergibt sich eine prozesssichere Fixierung des Aluminiumoxids an der Innenwandfläche. Je nach gewünschter Körnung der Oberflächenbeschichtung kann entweder die Menge und oder die Korngröße des Aluminiumoxids angepasst werden.

[0044] Eine besonders einfache Möglichkeit wird auch dadurch erreicht, dass die Oberflächenbeschichtung als Folie oder als Gewebe ausgebildet ist. Diese könnte dann stoffschlüssig auf den betreffenden Flächen des Hydrozyklons fixiert werden.

[0045] Erfindungsgemäß ist weiter vorgesehen, dass die größere Rauigkeit der Innenwandfläche des konischen Segmentes durch ein mechanisches und/oder chemisches Bearbeitungsverfahren erzeugbar ist. Hierbei kann die Rauigkeit also unmittelbar an bzw. in der Innenwandfläche des Hydrozyklons eingebracht werden.

[0046] Eine vorteilhafte Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung sieht vor, dass die Innenwandfläche des zylindrischen Segmentes glatt ausgebildet ist. Hierdurch wird eine Zerstörung der aerob Ammonium oxidierenden Bakterien bei einem Kontakt mit der Innenwandfläche des zylindrischen Segmentes verhindert.

[0047] Die Erfindung lässt verschiedene Ausführungsformen zu. Zur weiteren Verdeutlichung ihres Grundprinzips ist eine davon in der Zeichnung dargestellt und wird nachfolgend beschrieben. Diese zeigt in

Fig. 1 eine Anlage zur Behandlung von ammoniumhaltigem Abwasser in einer vereinfachten schematischen Darstellung;

Fig. 2 die Strömungsverhältnisse in einem in Figur 1 dargestellten Hydrozyklon in einer perspektivischen Ansicht;

Fig. 3 den in Figur 1 dargestellten Hydrozyklon in einer Seitenansicht.

[0048] Figur 1 zeigt eine deammonifizierende Anlage 1 zur Behandlung von ammoniumhaltigem Abwasser 2. Die Anlage 1 kann als SBR-Anlage (Sequencing Batch Reactor), als konventionelle Belebungsanlage mit Nachklärung oder auch als sogenannte Membrananlage mit einer Membran zum Rückhalt der Biomasse ausgebildet sein. Die Anlage 1 weist zumindest ein Belebungsbecken 3 auf, in welchem das Abwasser 2 mit suspendierter Biomasse bzw. mit Belebtschlamm versetzt und in intensiven Kontakt gebracht wird.

[0049] Mittels einer Pumpe 4 wird ein aus einem Schlamm-Wasser-Gemisch bestehender Belebtschlamm aus dem Belebungsbecken 3 einem Hydrozyklon 5 zugeführt (Richtungspfeil 6). Der Hydrozyklon 5 weist ein zylindrisches Segment 7 und ein konisches Segment 8 auf. Das zylindrische Segment 7 hat einen

Durchmesser zwischen 50 mm und 250 mm. Der Hydrozyklon 5 wird durch die Pumpe 4 mit einem Aufgabedruck beschickt, der je nach Durchmesser des zylindrischen Segmentes 7 des Hydrozyklons 5 zwischen 1,1 bar und 2,1 bar beträgt. Über einen in das zylindrische Segment 7 einmündenden Zulauf 9 wird der Belebtschlamm in den Hydrozyklon 5 eingeleitet und in diesem in eine spezifisch schwere Fraktion, welche mehrheitlich anaerob Ammonium oxidierende Bakterien (Anammox), insbesondere Planctomyceten-Granulen enthält, und in eine spezifisch leichte Fraktion, welche mehrheitlich aerob Ammonium oxidierende Bakterien (AOB), insbesondere Nitrosomonas, enthält, separiert. Die spezifisch schwere Fraktion wird durch das konische Segment 8 hindurch durch einen Unterlauf 10 aus dem Hydrozyklon 5 abgeführt und in das Belebungsbecken 3 zurückgeführt (Richtungspfeil 11). Die spezifisch leichte Fraktion wird durch einen Oberlauf 12 des Hydrozyklons 5 hindurch ebenfalls in das Belebungsbecken 3 zurückgeführt (Richtungspfeil 13). Es wird also der gesamte aus dem Belebungsbecken 3 in den Hydrozyklon 5 eingeleitete Belebtschlamm auch wieder in dasselbe Belebungsbecken 3 zurückgeführt, allerdings aufgeteilt in eine spezifisch schwere Fraktion und eine spezifisch leichte Fraktion. Dabei umfasst die spezifisch schwere Fraktion ca. 80 % und die spezifisch leichte Fraktion ca. 20 % des in den Zulauf 9 des Hydrozyklons 5 eingeleiteten Belebtschlammvolumens.

[0050] Figur 2 veranschaulicht die Strömungsverhältnisse in dem in Figur 1 dargestellten Hydrozyklon 5 und Figur 3 zeigt den Hydrozyklon 5 in einer Seitenansicht. Der Belebtschlamm aus dem Belebungsbecken 3 wird über den Zulauf 9 tangential in das zylindrische Segment 7 des Hydrozyklons 5 eingeleitet. Hierdurch wird der Belebtschlamm auf eine Kreisbahn gezwungen und strömt in einem abwärts gerichteten Außenwirbel 14 nach unten. Durch eine Verjüngung in dem konischen Segment 8 des Hydrozyklons 5 kommt es zu einer Verdrängung von Volumen nach innen und zu einem Aufstau im unteren Bereich des konischen Segmentes 8, was zur Bildung eines inneren, aufwärtsgerichteten Innenwirbels 15 führt, der durch den Oberlauf 12 aus dem Hydrozyklon 5 entweicht. Die spezifisch schwere Fraktion wird an einer Innenwandfläche 16 des Hydrozyklons 5 abgeschieden und durch den Unterlauf 10 aus dem Hydrozyklon 5 abgeführt, während die spezifisch leichtere Fraktion durch den Oberlauf 12 aus dem Hydrozyklon 5 abgeführt wird. Der Belebtschlamm wird in dem dargestellten Hydrozyklon 5 Fliehkräften vom 30- bis 180-fachen der Erdbeschleunigung g ausgesetzt.

[0051] Die dem Innenraum 17 des Hydrozyklons 5 zugewandte Innenwandfläche 16 des konischen Segmentes 8 weist eine aufgeraute Oberflächenbeschichtung 18 auf, welche eine größere Rauigkeit aufweist als eine ebenfalls dem Innenraum 17 des Hydrozyklons 5 zugewandte Innenwandfläche 19 des zylindrischen Segmentes 7. Die Oberflächenbeschichtung 18 weist eine Körnung von bis zu 100 μm auf und wird beispielsweise

durch Aluminiumoxid gebildet, welches einteilig mit dem Kunststoffmaterial des Hydrozyklons 5 verbunden ist. Die gewählte Rauigkeit der Oberflächenbeschichtung 18 hängt vom Durchmesser des gewählten Hydrozyklons 5 ab. Je größer der Durchmesser des zylindrischen Segmentes 7 ist, desto größer sollte die gewählte Rauigkeit der Oberflächenbeschichtung 18 sein.

[0052] Bei der Deammonifikation des ammoniumhaltigen Abwassers 2 im Belebungsbecken 3 der Anlage 1 wird zunächst mittels aerob oxidierender Bakterien (AOB) Ammonium zu Nitrit umgesetzt. Anschließend wird mittels anaerob Ammonium oxidierender Bakterien (Anammox), insbesondere mittels Planctomyceten, Ammonium und Nitrit in elementaren Stickstoff umgesetzt. Die Planctomyceten liegen hierbei als aus mehreren Einzelbakterien zusammengesetzte Granulen vor, welche gegenüber den flockenartig vorliegenden anaerob Ammonium oxidierenden Bakterien (AOB) eine wesentlich größere Dichte aufweisen. Der im Belebungsbecken 3 befindliche Belebtschlamm wird also durch den Zulauf 9 tangential in den Hydrozyklon 5 eingeleitet. Im Hydrozyklon 5 wird der Belebtschlamm dann aufgrund der vorherrschenden Flieh- und Strömungskräfte in eine spezifisch schwere Fraktion, welche die eine größere Dichte aufweisenden anaerob Ammonium oxidierenden Bakterien (Planctomyceten-Granulen) enthält, und eine spezifisch leichte Fraktion, welche mehrheitlich die aerob oxidierenden (flockenartigen) Bakterien enthält, separiert. Durch den Kontakt und eine Relativbewegung zwischen den sich schnell bewegenden anaerob Ammonium oxidierenden Bakterien (Anammox) in der spezifisch schweren Fraktion mit einer ortsfesten aufgerauten Innenwandfläche 16 des Hydrozyklons 5 wird ein auf den Planctomyceten-Granulen angeordneter organischer und/oder anorganischer Belag zumindest teilweise entfernt, bevor die schwere Fraktion dann durch den Unterlauf 10 aus dem Hydrozyklon 5 abgeführt wird. Die spezifisch leichte Fraktion dagegen wird ohne nennenswerten Kontakt mit der aufgerauten Innenwandfläche 16 im konischen Segment 8 mittels des entstehenden Innenwirbels 15 durch den Oberlauf 12 aus dem Hydrozyklon 5 abgeführt (gestrichelt dargestellter Richtungspfeil 20 in Figur 3). Sowohl die spezifisch schwere Fraktion als auch die spezifisch leichte Fraktion des Belebtschlammes werden nach der Separierung im Hydrozyklon 5 wieder vollständig in das Belebungsbecken 3 zurückgeführt.

[0053] Die abrasiven Kräfte bzw. der abrasive Effekt kann durch eine Kombination der Größe des Hydrozyklons 5, insbesondere des Durchmessers des zylindrischen Abschnittes 7, der Rauigkeit der Innenwandfläche 16 im konischen Segment 8 und der Laufzeit des Hydrozyklons 5 in Verbindung mit der Größe des biologischen Systems bzw. des Volumens des Belebungsbeckens 3 optimal eingestellt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Behandlung von ammoniumhaltigem Abwasser (2) in einer zumindest ein Belebungsbecken (3) aufweisenden deammonifizierenden Anlage (1), bei welchem zunächst mittels aerob oxidierender Bakterien (AOB) Ammonium zu Nitrit umgesetzt wird und anschließend mittels anaerob Ammonium oxidierender Bakterien (Anammox), insbesondere mittels Planctomyceten, Ammonium und Nitrit in elementaren Stickstoff umgesetzt werden und bei welchem Schlamm aus dem Belebungsbecken (3) einem Hydrozyklon (5) zugeführt und in diesem in eine spezifisch schwere Fraktion, welche mehrheitlich die anaerob Ammonium oxidierenden Bakterien (Anammox) enthält, und in eine spezifisch leichte Fraktion separiert wird, wobei die spezifisch schwere Fraktion in das Belebungsbecken (3) zurückgeführt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest zeitweise Belebtschlamm aus dem Belebungsbecken (3) in den Hydrozyklon (5) eingeleitet wird und dass nach der Separierung des Belebtschlammes im Hydrozyklon (5) sowohl die spezifisch schwere Fraktion als auch die spezifisch leichte Fraktion, welche mehrheitlich die aerob Ammonium oxidierenden Bakterien (AOB) enthält, wieder in das zumindest ein Belebungsbecken (3) der Anlage (1) zurückgeführt werden, wobei während der Separierung des Belebtschlammes im Hydrozyklon (5) die gegenüber den aerob Ammonium oxidierenden Bakterien (AOB) eine größere Dichte aufweisenden anaerob Ammonium oxidierenden Bakterien (Anammox) durch die Flieh- und Strömungskräfte im Hydrozyklon (5) an einer aufgerauten Innenwandfläche (16) des Hydrozyklons (5) abgeschieden werden und durch eine Relativbewegung zwischen den sich schnell bewegenden anaerob Ammonium oxidierenden Bakterien (Anammox) und der ortsfesten aufgerauten Innenwandfläche (16) des Hydrozyklons (5) abrasive Kräfte erzeugt werden, durch welche ein auf den Ammonium oxidierenden Bakterien (Anammox), insbesondere Planctomyceten-Granulen, vorhandener organischer oder anorganischer Belag zumindest teilweise entfernt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die in dem Hydrozyklon (5) separierte spezifisch schwere Fraktion und die spezifisch leichte Fraktion des Belebtschlammes jeweils vollständig wieder in dasselbe Belebungsbecken (3) zurückgeführt werden.
3. Verfahren nach den Ansprüchen 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** während der Separierung des Belebtschlammes im Hydrozyklon (5) die mehrheitlich die anaerob Ammonium oxidierenden Bakterien enthaltende spezifisch schwere Fraktion die in einem konischen Segment (8) des Hydrozyklons

- (5) angeordnete aufgeraute Innenwandfläche (16) kontaktiert und anschließend durch einen Unterlauf (10) des Hydrozyklons (5) aus diesem abgeführt wird und die mehrheitlich die aerob Ammonium oxidierenden Bakterien (AOB) enthaltende spezifisch leichte Fraktion eine glatte Innenwandfläche (19) in einem zylindrischen Segment (7) des Hydrozyklons (5) kontaktiert und anschließend durch einen Oberlauf (12) des Hydrozyklons (5) aus diesem abgeführt wird.
4. Verfahren nach zumindest einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach einer ersten vorbestimmten Zeitspanne, in welcher in den Hydrozyklon (5) Belebtschlamm eingeleitet und in eine spezifisch schwere Fraktion und eine spezifisch leichte Fraktion separiert wird und sowohl die schwere Fraktion als auch die leichte Fraktion in das Belebungsbecken (3) zurückgeführt werden, dem Hydrozyklon (5) während einer zweiten vorbestimmten Zeitspanne aus dem Belebungsbecken (3) abzogener Überschussschlamm statt Belebtschlamm zugeführt wird, wobei der Überschussschlamm in dem Hydrozyklon (5) in eine spezifisch schwere Fraktion und eine spezifisch leichte Fraktion separiert wird, und ausschließlich die spezifisch schwere Fraktion in das Belebungsbecken (3) zurückgeführt oder aufgefangen und einem Belebungsbecken einer zweiten Anlage zugeführt wird, während die spezifisch leichte Phase entsorgt wird.
5. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Länge der ersten Zeitspanne größer ist als eine Länge der zweiten Zeitspanne.
6. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Länge der ersten Zeitspanne in etwa das 1,5- bis 4-fache der Länge der zweiten Zeitspanne beträgt.
7. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** in den Hydrozyklon (5) alternierend und fortlaufend während einer ersten Zeitspanne Belebtschlamm und während einer zweiten Zeitspanne Überschussschlamm eingeleitet wird.
8. Deammonifizierende Anlage (1) zur Behandlung von ammoniumhaltigem Abwasser (2) mit zumindest einem Belebungsbecken (3) und mit zumindest einem Hydrozyklon (5) zur Separierung von Schlamm aus dem Belebungsbecken (3) in eine spezifisch schwere Fraktion, welche mehrheitlich anaerob Ammonium oxidierende Bakterien (Anammox) enthält, und in eine spezifisch leichte Fraktion, wobei der Hydrozyklon (5) einen strömungstechnisch mit dem Belebungsbecken (3) verbundenen Zulauf (9) zur Einleitung des Schlammes, einen strömungstechnisch mit dem Belebungsbecken (3) verbundenen Unterlauf (10) zur Rückführung der separierten spezifisch schweren Fraktion in das Belebungsbecken (3) und einen Oberlauf (12) zum Abführen der separierten spezifisch leichten Fraktion aus dem Hydrozyklon (5) aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der in den Hydrozyklon (5) eingeleitete Schlamm als Belebtschlamm ausgebildet ist und der Oberlauf (12) des Hydrozyklons (5) zur Rückführung der separierten spezifisch leichten Fraktion, welche mehrheitlich aerob Ammonium oxidierende Bakterien (AOB) enthält, in das Belebungsbecken (3) strömungstechnisch mit dem Belebungsbecken (3) verbunden ist, und dass der zumindest eine Hydrozyklon (5) ein zylindrisches Segment (7) und ein konisches Segment (8) aufweist, wobei eine Innenwandfläche (16) des konischen Segmentes (8) zumindest abschnittsweise aufgeraut ist und die aufgeraute Innenwandfläche (16) des konischen Segmentes (8) eine größere Rauigkeit aufweist als eine Innenwandfläche (19) des zylindrischen Segmentes (7).
9. Anlage (1) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die aufgeraute Innenwandfläche (16) des konischen Segmentes (8) des Hydrozyklons (5) zumindest abschnittsweise eine Rauigkeit mit einer Körnung von bis zu 100 µm aufweist.
10. Anlage (1) nach den Ansprüchen 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Innenwandfläche (16) des konischen Segmentes (8) eine die größere Rauigkeit aufweisende Oberflächenbeschichtung (18) aufweist.
11. Anlage (1) nach zumindest einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Oberflächenbeschichtung (18) und die Innenwandfläche (16) des konischen Segmentes (8) einteilig ausgebildet sind oder dass die Oberflächenbeschichtung (18) stoffschlüssig mit der Innenwandfläche (16) des konischen Segmentes (8) verbunden ist.
12. Anlage (1) nach zumindest einem der Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Hydrozyklon (5) zumindest teilweise aus einem formstabilen Kunststoff und/oder die Oberflächenbeschichtung (18) aus Aluminiumoxid besteht.
13. Anlage (1) nach zumindest einem der Ansprüche 8 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Oberflächenbeschichtung (18) als Folie oder als Gewebe ausgebildet ist.
14. Anlage (1) nach zumindest einem der Ansprüche 8 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die größere Rauigkeit der Innenwandfläche (16) des konischen Segmentes (8) durch ein mechanisches und/oder

chemisches Bearbeitungsverfahren erzeugbar ist.

15. Anlage (1) nach zumindest einem der Ansprüche 8 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Innenwandfläche (19) des zylindrischen Segmentes (7) ⁵ glatt ausgebildet ist.

10

15

20

25

30

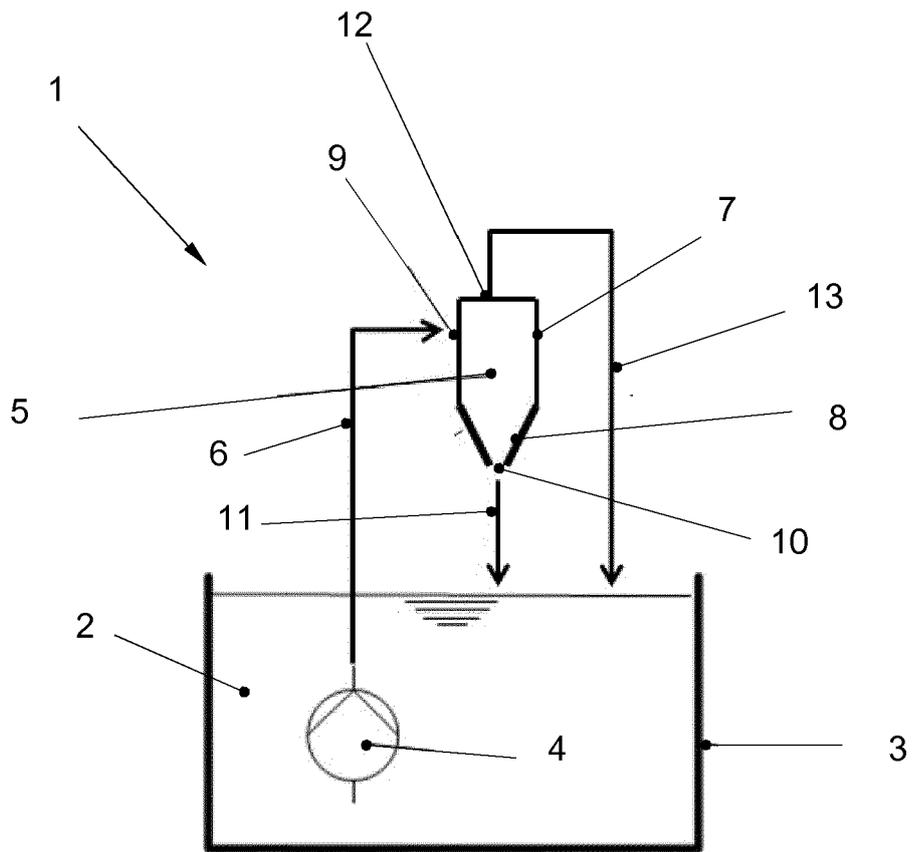
35

40

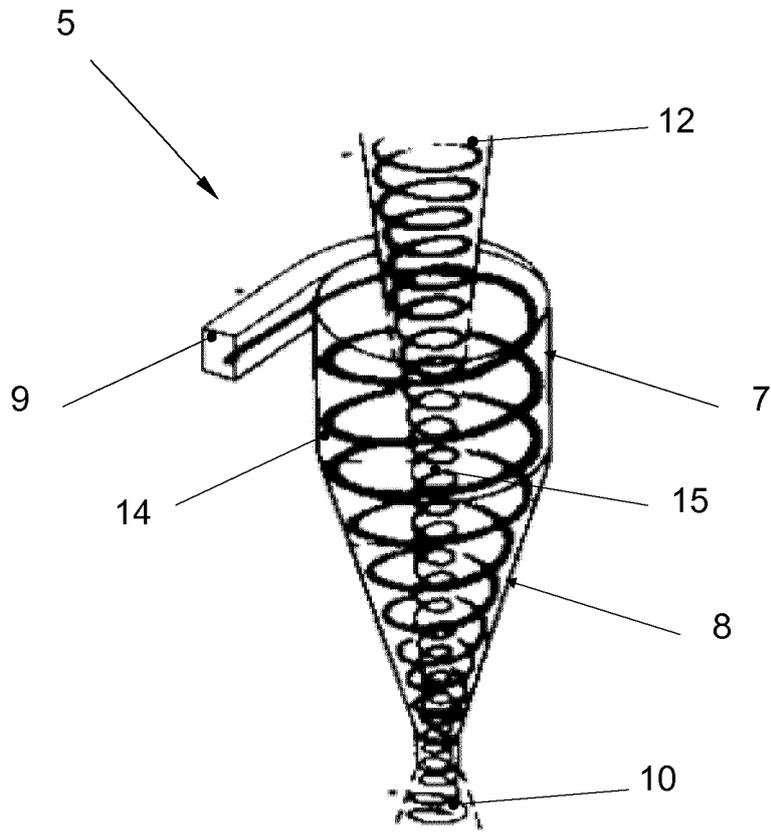
45

50

55



Figur 1



Figur. 2



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 13 40 1040

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A,D	EP 2 163 524 B1 (CYKLAR STULZ GMBH [CH]) 14. Dezember 2011 (2011-12-14) * Abbildung 1 * * Absatz [0020] * * Ansprüche 1,2 *	1-15	INV. C02F3/12 C02F3/30 ADD. C02F1/38
A	DE 100 23 009 A1 (VOEST ALPINE IND ANLAGEN [AT]) 7. Dezember 2000 (2000-12-07) * Abbildung 1 * * Spalte 2, Zeile 34 - Zeile 42 *	1,8	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTESACHGEBIETE (IPC) C02F
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 30. Juli 2013	Prüfer Châtellier, Xavier
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 13 40 1040

5

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

30-07-2013

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2163524 B1	14-12-2011	AT 537124 T	15-12-2011
		CA 2770466 A1	18-03-2010
		DK 2163524 T3	02-04-2012
		EP 2163524 A1	17-03-2010
		EP 2163525 A1	17-03-2010
		ES 2383442 T3	21-06-2012
		HR P20120226 T1	30-06-2012
		JP 2012501845 A	26-01-2012
		PL 2163524 T3	31-07-2012
		PT 2163524 E	19-03-2012
		RS 52263 B	31-10-2012
		RU 2011114120 A	20-10-2012
		SI 2163524 T1	31-07-2012
		US 2011198284 A1	18-08-2011
WO 2010029399 A1	18-03-2010		
DE 10023009 A1	07-12-2000	AT 406831 B	25-09-2000
		AU 3531300 A	07-12-2000
		DE 10023009 A1	07-12-2000

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- WO 2007033393 A1 [0012]
- EP 0327184 B1 [0012]
- EP 2163524 B1 [0021]