



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) DD (11) 243 486 A1

4(51) C 02 F 3/26  
C 02 F 3/12

## AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP C 02 F / 284 504 3

(22) 17.12.85

(44) 04.03.87

(71) VEB Projektierung Wasserwirtschaft, 4020 Halle (S.), Thälmannplatz 2, DD

(72) Menschel, Claudia, Dr. rer. nat.; Böhler, Ernst, Dr.-Ing.; Saitenmacher, Lothar, Dr.-Ing; Adam, Matthias, DD

(54) Verfahren und Vorrichtung zur mikrobiellen Wasserbehandlung

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur mikrobiellen Wasserbehandlung, vorzugsweise zur biologischen Nitrifikation für die Aufbereitung von belasteten Rohwässern. Das Ziel der Erfindung besteht in der Entwicklung eines effektiven Verfahrens zur biologischen Nitrifikation ammoniumbelasteter Rohwässer und einer zugehörigen Vorrichtung, bestehend aus Reaktoren mit kombinierten Funktionen. Die Reaktoren sollen eine ökonomische Bauweise gestatten und gleichzeitig eine hohe Eliminierungsleistung für Trübstoffe ermöglichen. Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine zugehörige Vorrichtung zu entwickeln, mit welchen sich Ammoniumkonzentrationen bis zu 50 mg/NH<sub>4</sub> auf Konzentrationen unter 0,5 mg/l NH<sub>4</sub> auf der Grundlage biologischer Nitrifikation abbauen lassen. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe gelöst, indem das zu behandelnde Wasser in einem Nitrifikationsreaktor behandelt wird, der die spezifisch wirkenden Reaktionsstufen Primärreaktor, Sekundärreaktor, Sedimentationszone und Nachreinigungsstufe integriert.

## Erfindungsanspruch:

1. Verfahren zur mikrobiellen Wasserbehandlung nach dem Wirbelschichtprinzip, **gekennzeichnet dadurch**, daß das zu behandelnde Wasser in einem Nitrifikationsreaktor in den spezifisch wirkenden Reaktorstufen Primärreaktor, Sekundärreaktor, Sedimentationszone und Nachreinigungsstufe behandelt wird, wobei im Primärreaktor die dort zur Erhöhung der Biomassenkonzentration befindlichen feinkörnigen Aufwuchsträger durch die Zugabe von Sauerstoff am Boden des Primärreaktors in Turbulenz gebracht und in Aufwärtsbewegung versetzt werden, wobei im oberen Teil des Primärreaktors ein Geschwindigkeitssprung eingestellt wird, das aus dem Primärreaktor abfließende Wasser einschließlich abtreibender überschüssiger Biomasse in einer Abwärtsbewegung geführt und vorwiegend mit seinen Biomasseanteilen wieder im Kreislauf in den Primärreaktor eingetragen wird, wobei die Ablenkung am Beckenboden durch eine Leitwand erfolgt, mit der gleichzeitig eine Trennung in Biomasse und Wasser durchgeführt wird, aus dem aus dem Sekundärreaktor weiterzuleitenden Wasser in der sich anschließenden Sedimentationsstufe eine nochmalige Abtrennung vorhandener Biomasse erfolgt und in der Nachreaktionsstufe eine Nitrifikation durch dorthin eingeschleppte Biomasse durchgeführt und gleichzeitig das Wasser von abfiltrierbaren Stoffen gereinigt wird.
2. Vorrichtung zur mikrobiellen Wasserbehandlung nach dem Wirbelschichtprinzip, **gekennzeichnet dadurch**, daß im Nitrifikationsreaktor (1) auf ca. 50% der vorwiegend rechteckigen Grundfläche der Primärreaktor (2), der Sekundärreaktor (3) und die Sedimentationsstufe (4) angeordnet sind und auf den weiteren 50% der Grundfläche des Nitrifikationsreaktors (1) sich die Nachreinigungsstufe (5) befindet, wobei eine leichte Leitwand (22) den Primärreaktor (2), an dessen Boden eine Belüftungsvorrichtung angeordnet ist, vom Sekundärreaktor (3) trennt und zwischen Sekundärreaktor (3) und Sedimentationsstufe (4) eine Trennwand (23) angeordnet ist.
3. Vorrichtung nach Pkt. 2, **gekennzeichnet dadurch**, daß die leichte Leitwand (22) im oberen Bereich eine Schräge aufweist, so daß die Fläche sich auf rund das Zweifache der Grundfläche des Primärreaktors erweitert und die offene Durchflußhöhe zwischen Oberkante Leitwand bis Oberkante Wasserspiegel etwa dem Maß der Breite des Primärreaktors (2) entspricht.
4. Vorrichtung nach Punkt 2, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Trennwand (23) im unteren Teil eine Schräge aufweist.
5. Vorrichtung nach Punkt 2, **gekennzeichnet dadurch**, daß in der Sedimentationsstufe (4) Lamellen- oder Röhrenseparatoren (11) angeordnet sind.
6. Vorrichtung nach Punkt 6, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Nachreinigungsstufe (5) als Einschnittfilter ausgebildet ist und die Schlammspülwasserrinne (21) ausreichend tiefer angeordnet ist als die Überlaufkante des Zulaufsystems (17) der Nachreinigungsstufe.
7. Vorrichtung nach Punkt 6, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Nachreinigungsstufe (5) als Mehrschichtfilter ausgebildet ist.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

## Anwendungsgebiet

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur aeroben mikrobiellen Wasserbehandlung, vorzugsweise zur biologischen Nitrifikation für die Aufbereitung von belasteten Rohwässern.

## Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Zur aeroben mikrobiellen Behandlung von Abwasser und belasteten Grund- und Oberflächenwässern stehen eine Reihe von Verfahren und Vorrichtungen zur Verfügung.

Beim klassischen Belebungsverfahren schweben die Mikroorganismen entweder frei im Reaktor oder wachsen auf Feststoffflächen auf. Nachteilig ist die relativ geringe Biomassekonzentration im Reaktor, bedingt durch die Grenzgrenz bei der nachfolgenden Abtrennung in Nachklärbecken zur Rückführung des Rücklaufschlammes und Abtrennung des Überlaufschlammes. Der Eintrag des erforderlichen Sauerstoffes erfolgt durch Kreisel- oder Druckbelüftung. Bei den klassischen Rieselfilmverfahren (Tropfkörper) mit verschiedenen Weiterentwicklungen bis hin zu Reaktoren mit Zwangsbelüftung ist die Biomasse am Füllkörpermateriale (z. B. Schlacke o. spezielle Mischelemente) als Aufwuchsträger fixiert.

Bekannt sind weiterhin Wirbelschichtverfahren, bei denen Feinsande mit einer wesentlich größeren spezifischen Oberfläche als Aufwuchsträger für die Mikroorganismen verwendet werden. Durch entsprechende Gestaltung wird der Feinsand in einem Aufwärtstrom des zu behandelnden Wassers in Schwebelage gehalten.

Die DE-AS 233192 beschreibt einen „Hy-Flo-Reaktor“, der ein Reaktor mit Rechteckquerschnitt ist, bei welchem das mit Sauerstoff angereicherte Abwasser durch einen Filterboden vertikal nach oben strömt und oberhalb eines Schwebebettes ein Propellerrührer zum Reinigen aufschwimmender Aufwuchsträger angeordnet ist.

Nachteilig ist der Filterboden, der zum Verstopfen neigt, und die Begrenzung des Sauerstoffeintrages durch Zumischen in das Abwasser in einer geschlossenen Leitung.

Zur Abwasserbehandlung ist weiterhin ein Wirbelschichtreaktor bekannt, der einen sich nach oben verbreiternden Querschnitt (trichterförmiger Reaktor) mit einer Rohwassereinleitung in der Trichterspitze. Zur Verhinderung des Austragens von Aufwuchsträgermaterial sind oberhalb der Wirbelschicht Lamellenseparatoren angeordnet. Beide Reaktoren besitzen den Nachteil, daß der Sauerstoffträger in die Zuleitung vor dem Reaktor eingespeist werden muß. Bei einem Überschuß an O<sub>2</sub>-Trägern kommt es durch aufsteigende Gasblasen zur Zerstörung der Wirbelschicht.

In der OS DE 2841011 wird ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Behandeln von Abwasser mittels Mikroorganismen, wobei explizite Nitrifikationsreaktionen genannt werden, beschrieben. Erfindungsgemäß wird Wasser durch ein Mikroorganismen enthaltendes Wirbelbett mit Aufwuchsträgermaterialien, z. B. Sand, geleitet, wobei die Bewegungsenergie durch Pumpen oder durch für die Reaktion notwendige Luft geliefert wird.

Der Reaktor wird funktionsgemäß in eine Abström- und Aufströmzone unterteilt, wobei eine Rückführung des behandelten Wassers ermöglicht werden kann.

In der OS DE 3024997 wird eine Kläranlage beschrieben, die durch eine Kombination von Festbettreaktor und Festbettreaktor mit zum Teil schwimmendem Material und Belüftungsbecken gekennzeichnet ist. Gleichzeitig kann eine Schlammrückführung zum Einsatz gelangen.

Beide Lösungen weisen auf eine Kombination der Verfahrensschritte hin, bieten jedoch nicht die Vorteile, die durch das beschriebene Verfahren einer Reaktion im Wirbelbett mit extrem großer Oberfläche, einer Abzugsmöglichkeit des Sedimentes und einer Nachreaktionsstufe durch den Festbettreaktor zur Nitrifikation bei gleichzeitiger, weitestgehender Eliminierung der Trübstoffe erreicht werden.

### Ziel der Erfindung

Das Ziel der Erfindung besteht in der Entwicklung eines effektiven Verfahrens zur biologischen Nitrifikation ammoniumbelasteter Rohwässer und einer zugehörigen Vorrichtung, bestehend aus Reaktoren mit kombinierten Funktionen. Die Reaktoren sollen eine ökonomische Bauweise gestatten und gleichzeitig eine hohe Eliminierungsleistung für Trübstoffe ermöglichen.

### Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine zugehörige Vorrichtung zu entwickeln, mit welchen sich Ammoniumkonzentrationen bis zu 50 mg/l  $\text{NH}_4$  auf Konzentrationen unter 0,5 mg/l  $\text{NH}_4$  auf der Grundlage biologischer Nitrifikation abbauen lassen.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, indem das zu behandelnde Wasser in einem Nitrifikationsreaktor behandelt wird, der die spezifisch wirkenden Reaktionsstufen Primärreaktor, Sekundärreaktor, Sedimentationszone und Nachreinigungsstufe integriert. Im Primärreaktor werden die dort zur Erhöhung der Biomassekonzentration befindlichen feinkörnigen Aufwuchsträger durch die Zugabe von Sauerstoff am Boden des Primärreaktors in Turbulenz gebracht und in Aufwärtsbewegung versetzt, wobei im oberen Teil des Primärreaktors ein Geschwindigkeitssprung eingestellt wird. Aufgrund der geringen Vermehrungsrate der Nitrifikation ist die Erhaltung und Erweiterung der Biomasse einschließlich der Aufwuchsträger im Primärreaktor von besonderer Bedeutung. Deshalb wird im oberen Teil des Primärreaktors eine allmähliche Geschwindigkeitsreduzierung bis zum unmittelbaren Geschwindigkeitssprung eingestellt, so daß der überwiegende Teil der mit Mikroorganismen bewachsenen Aufwuchsträger im Primärreaktor verbleibt und somit ständig zur Optimierung des Nitrifikationsprozesses zur Verfügung steht.

Das aus dem Primärreaktor abfließende Wasser einschließlich abtreibender überschüssiger Biomasse wird im Sekundärreaktor in einer Abwärtsbewegung geführt und vorwiegend mit seinen Biomasseanteilen im Kreislauf wieder in den Primärreaktor eingetragen. Am Beckenboden erfolgt eine Ablenkung durch eine Leitwand, mit der gleichzeitig eine Trennung in Biomasse und Wasser erfolgt. Das aus dem Sekundärreaktor weiterzuleitende Wasser wird über eine Sedimentationsstufe geführt, wobei eine nochmalige Abtrennung vorhandener Biomasse erfolgt.

Es ist möglich, den Sedimentationseffekt dieser Stufe durch zusätzlichen Einbau von Lamellen- oder Röhrenseparatoren zu erhöhen. Die absinkenden kompakten Biomasseanteile dieser Sedimentationsstufe und des Sekundärreaktors werden in einer unterhalb liegenden Schlammrinne erfaßt und über ein längs liegendes perforiertes Rohr dem Primärreaktor wieder zugeführt. Es ist möglich eine Abtrennung des Wassers vom Biomassematerial mittels Hydrozyklon vorzunehmen und nur die Biomasse in den Primärreaktor zurückzuführen. Die Nachreaktionsstufe, die durch Einschleppen frei suspendierter Nitrifikanten aufgebaut wird, ist vorzugsweise als Einschiebfilter mit kleinem Filterkorn ausgebildet, kann aber auch als Zweischichtfilter zur Anwendung kommen. Sie wird bekannterweise durch Rückspülung gereinigt.

Der Nitrifikationsbehälter wird zur Einhaltung eines konstanten Wasserspiegelniveaus in bekannter abhängiger Regelung zwischen Rohwasserzulauf zum Primärreaktor und Reinwasserablauf aus der Nachreaktionsstufe betrieben. Der Zeitpunkt der Filterrückspülung der Nachreaktionsstufe ist in Abhängigkeit von betrieblichen Anforderungen objektbezogen festzulegen.

Der erfindungsgemäße Nitrifikationsreaktor kommt in einem Bauwerk bekannter Bauweise aus Stahlbeton oder Stahl zur Ausführung, wobei auf ca. 50 % der vorwiegend rechteckigen Grundfläche der Primärreaktor, der Sekundärreaktor und die Sedimentationsstufe angeordnet sind und auf den weiteren 50 % der Grundfläche des Nitrifikationsreaktors sich die Nachreinigungsstufe befindet. Am Boden des Primärreaktors ist eine Belüftungsvorrichtung angeordnet. Eine leichte Leitwand trennt den Primärreaktor vom Sekundärreaktor. Die leichte Leitwand weist im oberen Bereich eine Schräge auf, so daß die Fläche sich auf rund das Zweifache der Grundfläche des Primärreaktors erweitert. Die offene Durchflußhöhe zwischen Oberkante Leitwand bis Oberkante Wasserspiegel entspricht etwa dem Maß der Breite des Primärreaktors.

Zwischen Sekundärreaktor und Sedimentationsstufe ist gleichfalls eine Trennwand angeordnet, die im unteren Teil eine Schräge aufweist.

In der Sedimentationsstufe sind vorzugsweise Lamellen- oder Röhrenseparatoren angeordnet. Die Nachreinigungsstufe ist als Ein- oder Mehrschichtfilter ausgebildet, wobei die Schlammspülwasserrinne ausreichend tiefer angeordnet ist als die Überlaufkante des Zulaufsystems der Nachreinigungsstufe.

Die Funktionsweise der Vorrichtung entspricht der erfindungsgemäßen Verfahrensführung.

### Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachstehend an einem Ausführungsbeispiel und an Hand der zugehörigen Zeichnung erläutert werden:

Das Ausführungsbeispiel bezieht sich auf die Aufbereitung ammoniumhaltiger Rohwasser zu Trinkwasser.

In den Nitrifikationsbehälter 1 mit vorzugsweiser rechteckiger Grundfläche tritt das zu reinigende Rohwasser durch den Zulauf 6 über ein längsseitiges Verteilerrohr 7 in den Primärreaktor 2 ein und wird dort gleichmäßig verteilt.

Im Primärreaktor 2 liegt ein Gemisch aus Gas-Wasser-Aufwuchsträgermaterial und Mikroorganismen in Form einer Wirbelzone vor. Mit der Zufuhr von Nährstoffen durch das Rohwasser 6 erfolgt in diesem Reaktor 2 ein hoher Abbau von  $\text{NH}_4$ .

Die Turbulenz und die intensive Verwirbelung des Wassergemisches erfolgt durch eine am Boden angeordnete Belüftungsvorrichtung 8, in der vorzugsweise Luftsauerstoff zum Einsatz kommt.

In diesem Primärreaktor 2 befinden sich Aufwuchsträgermaterialien kleiner Korngröße mit einer Dichte  $> 1$  (vorzugsweise Blähton, Sande u. a. geeignete Materialien), die für die Nitrifikation als Aufwuchsträger geeignet sind.

Durch die Verbreiterung des Primärreaktors im oberen Teil 9 reduziert sich die Aufstiegsgeschwindigkeit so weit, daß der überwiegende Teil der Aufwuchsträgermasse mit den anhaftenden Nitrifikanten in dieser Zone 9 verbleibt. Die abtreibenden Teilchen im abfließenden Wasser gelangen in den Sekundärreaktor 3, der als Reaktor mit Abwärtsströmung arbeitet. Aus diesem Sekundärreaktor 3 fließt das Biomasse-Wasser-Gemisch teilweise infolge der Belüftungsvorrichtung 8 wieder in den Primärreaktor 2 zurück. Ein Leitblech 10 unterstützt die Strömung zusätzlich und bewirkt eine dynamische Abtrennung des Aufwuchsträgers vom Wasser. Das abgetrennte Wasser fließt der Nachreaktionsstufe 5 über die Sedimentationszone 4 zu. Innerhalb dieser Sedimentationszone 4 erfolgt nochmals eine Abtrennung von Biomasse, die durch zusätzliche Lamellen oder Röhrenseparatoren 11 noch intensiviert werden kann.

Sedimentierter Teil aus dem Sekundärreaktor 3 und der Sedimentationszone 4 können sich in der Schlammrinne 12 sammeln und durch das längsliegende perforierte Schlammabzugsrohr 13 dem Hydrozyklon 14 zugeführt werden.

Der Hydrozyklon 14 trennt die Aufwuchsträgermaterialien vom Wasser und führt die Biomasse durch die Leitung 15 dem Primärreaktor 2 wieder zu. Mittels Verteilerrohr 16 erfolgt eine Verteilung auf die Beckenlänge. Die Einleitung der rückgeführten Biomasse erfolgt unterhalb der Rohwassereinleitung.

Der Zufluß zur Nachreaktionsstufe 5 erfolgt über Zulaufsystem 17, das durchgehend auf der gesamten Längswand angeordnet ist. Das gereinigte Wasser wird aus dem Reinwasserablauf 19 der Nachreaktionsstufe 5 entnommen.

Der Rückspülvorgang für die Nachreaktionsstufe 5 ist bei Eintreten erhöhter Druckverluste des Filters einzuleiten. Dazu wird der Zulauf 6 des Rohwassers geschlossen. Der Wasserstand im Primär- und Sekundärreaktor sinkt bis in Höhe der Überlaufkante des Zulaufsystems 17 ab.

Danach wird der Ablauf 19 aus der Nachreaktionsstufe geschlossen und das Spülwasser über die Leitung 20 zugegeben. Das Filterspülabwasser wird über die Ablaufrinne 21, die ausreichend unterhalb des Höhenniveaus des Zulaufsystems 17 liegt, abgeführt.

Nach Beendigung des Spülvorganges wird der Zufluß 20 und der Spülwasserablauf 21 geschlossen, der Ablauf 19 und der Zufluß 6 geöffnet.

Der gesamte Vorgang ist automatisierbar. Die Einhaltung des Wasserspiegelniveaus im Nitrifikationsbehälter wird zwischen Rohwasserzulauf 6 und Reinwasserablauf 19 in Abhängigkeit vom Druckverlust des Filters geregelt.

