



(12) Ausschließungspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) **DD** (11) **282 901 A5**

5(51) C 02 F 3/30

PATENTAMT der DDR

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	AP C 02 F / 328 198 1	(22)	03.05.89	(44)	26.09.90
------	-----------------------	------	----------	------	----------

(71) siehe (73)

(72) Peukert, Volkmar, Dr. rer. nat.; Burkhardt, Sebastian; Bitter, Heinz-Jürgen, DD

(73) VEB Projektierung Wasserwirtschaft, Thälmannplatz 2, Halle, 4002, DD

(54) Mehrstufiges Verfahren zur biologischen Phosphor- und Stickstoffeliminierung aus Abwässern vorzugsweise in einem Rechteckbeckenblock

(55) biologische Phosphoreliminierung; biologische Stickstoffeliminierung; organische Stoffe; Belebungsanlagen; Druckbelüftung; anaerobe Becken; anoxische Becken; aerob-anoxische Becken; Umwälzung; intermittierende Belüftung

(57) Die Erfindung beinhaltet ein mehrstufiges Verfahren zur biologischen Phosphor- und Stickstoffeliminierung aus Abwässern vorzugsweise in einem Rechteckbeckenblock. Sie ist für Abwässer anwendbar, die neben Phosphor und Stickstoff auch biologisch abbaubare organische Stoffe enthalten. Es wird ein Verfahren dargestellt, das sich in Belebungsanlagen mit Längsbecken und Druckluftbelüftung ohne zusätzlichen materiellen und verfahrenstechnischen Aufwand anwenden läßt. Durch speziell festgelegte Teilströme des Abwasserzufflusses in anaerobe, anoxische und aerob-anoxische Behandlungsbecken, die Rückführung von Schlamm und nitratreichem Abwasser, durch die Umwälzung des Mediums mit intermittierender Belüftung in vorgegebenen Zeitabständen werden hohe Eliminierungsraten und gute Prozeßstabilität erzielt.

Patentansprüche:

1. Mehrstufiges Verfahren zur biologischen Phosphor- und Stickstoffeliminierung aus Abwässern, vorzugsweise in einem Rechteckbeckenbock mit Druckluftbelüftung, **gekennzeichnet dadurch**, daß einer anaeroben Verfahrensstufe (1) neben Rücklaufschlamm ein Abwasserteilstrom, etwa 60% des Zulaufes zugeführt werden, das Medium intermittierend durch Lufteintrag in Zeitabständen von 20–60 min für 10–120 s umgewälzt wird, einer anschließenden anoxischen Stufe (2) das Medium aus der anaeroben Stufe (1), ein Abwasserteilstrom, etwa 20% des Zulaufes und in bekannter Weise ein Teilstrom nitratreiches Gemisch vom Ablauf einer aeroben Stufe (4) zugeleitet werden und eine intermittierende Umwälzung entsprechend der Verfahrensstufe (1) erfolgt, des weiteren in einer aerob-anoxischen Stufe (3), der ein Abwasserteilstrom von 20% des Zulaufes und das Medium aus Stufe 2 zugeführt wird, in Fließrichtung die Sauerstoffkonzentrationen durch Zugabe geringer Luftmengen mit $O_2 \approx 0g/m^3$ und ausreichender Luftmengen mit $O_2 = 2$ bis $3g/m^3$ mehrfach gewechselt werden.
2. Mehrstufiges Verfahren nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß das Beckenvolumen der Stufe (4) 40–60% des Gesamtreaktionsvolumens des Rechteckbeckenblockes beträgt.
3. Mehrstufiges Verfahren nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß die BSB-Schwankungen des Abwassers mit Hilfe einer anaeroben Speicherung (6) gleichmäßig werden.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Entfernung von Phosphor und Stickstoff aus Abwässern. Sie ist für alle Abwässer anwendbar, die neben Phosphor und Stickstoff auch biologisch abbaubare organische Stoffe enthalten. Das Verfahren kann zweckmäßigerweise bei der Rekonstruktion von Kläranlagen in einem umzurüstenden Belebungsbecken realisiert werden.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Bei der Einleitung des nach dem Belebtschlammverfahrens gereinigten Abwassers in Seen oder Stauhaltungen fördern die noch enthaltenen Phosphor- und Stickstoffverbindungen die Entrophierung der Gewässer.

Es wurden daher Vorschläge zur Phosphor- bzw. Stickstoffeliminierung erarbeitet. Die biologische Stickstoffeliminierung erfolgt weitgehend mittels Nitrifikation und Denitrifikation. Bei der biologischen Phosphoreliminierung wird eine erhöhte Phosphataufnahme durch die Mikroorganismen erreicht, indem diese wechselweise anaeroben und aeroben Bedingungen ausgesetzt werden.

Bei den bekannten Verfahren zur biologischen Phosphor- bzw. Stickstoffeliminierung sind die anaeroben und anoxischen Verfahrensstufen zur Umwälzung des Mediums mit langsamlaufenden Rührern ausgerüstet. Dadurch wird der Sauerstoffeintrag auf ein Minimum gehalten.

Bei der Umrüstung bestehender Belebtschlammanlagen mit Druckluftbelüftung, um künftig das Verfahren zur biologischen Phosphor- und Stickstoffeliminierung einzusetzen, ergibt sich daher die Notwendigkeit, die anaeroben bzw. anoxischen Stufen mit Rührwerken zu versehen.

Dies verursacht zusätzliche Kosten und erhöhten technologischen Aufwand. Ein Teil der kostenintensiven Belüftungseinrichtungen wird dadurch überflüssig.

Es wird gemäß DD PS 266237 ein Verfahren zur anaeroben-aeroben Behandlung P-haltiger Abwässer beschrieben, bei dem die Medien in den anaerob-anoxischen Stufen durch reduzierten, jedoch ständigen Lufteintrag umgewälzt werden. Der Nachweis von Sauerstoff wird als obere Grenze angesehen.

Ausgehend von den mikrobiologischen Stoffwechselprozessen ist jedoch festzustellen, daß bereits einige Mengen von gelöstem bzw. an Nitrat gebundenem Sauerstoff ausreichen, um die gewollten biologischen Prozesse in der anaeroben Stufe auf verschiedene Weise zu stören. Die meisten Mikroorganismen des Belebtschlammes sind in der Lage, ihren Energiestoffwechsel auch an geringe Sauerstoffkonzentrationen anzupassen. Vor allem bei der Sauerstoffzuführung, die im Bereich der elektrochemischen Nachweisgrenze liegt, können von den meisten Organismen aerobe Stoffwechselprozesse aufrechterhalten werden. Unter den Bedingungen einer ständigen Zufuhr von gelöstem Sauerstoff läßt auch die verfahrenstechnisch wichtige Denitrifikationsstufe nicht optimal realisieren.

Ein weiteres Problem einer derartigen Verfahrensführung wird auch darin gesehen, daß bei geringer Belastung des Abwassers mit biologisch nutzbaren organischen Stoffen und somit verminderter Atmungsaktivität in den Belebungsbecken, der zur Umwälzung des Mediums erforderliche Lufteintrag erhöhte Sauerstoffkonzentration bewirkt.

Mikrobiologische Erkenntnisse ermöglichen die Einschätzung, daß sich Verfahren zur biologischen Phosphor- und Stickstoffentfernung, bei denen die Medien der anaerob-anoxischen Stufen durch Lufteintrag umgewälzt werden, hinsichtlich der Eliminierungsraten und der Prozeßstabilität effektiver gestalten lassen.

Ein wesentlicher Mangel der bekannten Verfahren wird auch darin gesehen, daß die einzelnen Verfahrensstufen nicht in gleichem Maße mit biologisch nutzbaren Kohlenstoffverbindungen versorgt werden.

Dies kann vor allem während belastungsschwachen Zeiten zu Störungen bei einigen Stoffwechselprozessen führen, die sich nachteilig auf die Prozeßstabilität und die Eliminierungsleistungen auswirken.

Ziel der Erfindung

Das Ziel der Erfindung ist die Entwicklung eines Verfahrens zur kombinierten Phosphor- und Stickstoffentfernung aus Abwasser, das eine Anwendung in bestehenden Belebtschlammanlagen mit Längsbecken und Druckluftbelüftung ohne erhöhten technologischen und verfahrenstechnischen Aufwand und mit geringen Kosten ermöglicht.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, durch entsprechende Verfahrensschritte in einer mehrstufigen biologischen Anlage zur Phosphor- und Stickstoffeliminierung mit Druckluftbelüftung die mikrobiologischen Stoffwechselprozesse so zu beeinflussen, daß hinsichtlich der Eliminierungsraten und der Prozeßstabilität dem Gewässerschutz entsprechende Ergebnisse erzielt werden.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß einer ersten Verfahrensstufe der gesamte Rücklaufschlamm und ein Abwasserteilstrom, etwa 60% des Zulaufes, zugeführt werden. Die Umwälzung des Mediums in dieser anaerob-anoxischen Stufe erfolgt durch intermittierenden Lufteintrag. Das geschieht in der Weise, daß die Belüftungseinrichtung dieser Stufe in vorgegebenen Zeitabständen (z. B. alle 20–60 Minuten) für eine kurze Zeit (10–120 Sekunden) eingeschaltet wird. Dadurch erfolgt ein ausreichender Kontakt der Biomasse mit den Abwasserinhaltsstoffen und der Eintrag von gelöstem Sauerstoff wird auf ein biochemisch vernachlässigbares Minimum reduziert.

Die gewollten anaeroben Prozesse in dieser Stufe (u. a. P-Freisetzung infolge Aufnahme niedermolekularer Stoffe durch P-speichernde Organismen) werden dadurch nicht gestört.

Die mit dem Abwasserleitstrom zugeführten organischen Stoffe (BSB₅) sind so bemessen, daß evtl. zugeführtes Nitrat denitrifiziert werden kann und die anaerobe Hydrolyse niedermolekularer organischer Verbindungen in ausreichendem Maße erfolgt.

Der zweiten Stufe wurde das Gemisch aus der ersten Stufe sowie ein weiterer Abwasserleitstrom, etwa 20% des Zulaufes, und ein Teilstrom nitratreichen Gemischs vom Ablauf der vierten Stufe, der Nitrifikationsstufe, zugeführt.

Die diskontinuierliche Umwälzung des Mediums erfolgt durch intermittierenden Lufteintrag in der beschriebenen Weise entsprechend der ersten Stufe.

In der zweiten Stufe erfolgt unter Nutzung der zugeführten organischen Abwasserinhaltsstoffe die Denitrifikation von Nitrat, ein BSB-Abbau durch Nitratatmung und der weiteren Hydrolyse organischer Stoffe.

Die sich anschließende aerob-anoxische dritte Stufe zeichnet sich durch einen Wechsel der Sauerstoffkonzentrationen in Fließrichtung aus. Die Konzentrationen schwanken zwischen $0 < 3 \text{ g O}_2/\text{m}^3$. Dies erfolgt in der Weise, daß die in der Stufe vorhandenen Belüfter so eingestellt werden, daß abwechselnd ein Belüfter geringe Luftmengen einträgt ($\text{O}_2 \approx 0 \text{ g}/\text{m}^3$) und der nachfolgende ständig Luft in ausreichender Menge ($\text{O}_2 = 2 \text{ bis } 3 \text{ g}/\text{m}^3$) zuführt. Der Milieuwechsel kann auch so erfolgen, daß ein Belüfter in vorgegebenen Zeitabständen eine kurze Zeit Luft einträgt und der nachfolgende ständig ausreichend Luft zuführt. Diese Stufe hat durch die Steuerung des Gesamtprozesses in Abhängigkeit von der Abwasserbelastung bzw. vom Prozeßanlauf große Bedeutung. Durch die Steuerung der Dauer und Intensität der Belüftung und des Verhältnisses anoxischer zu anderen Zwischenstufen, erhöht man die Möglichkeit, bestimmte biochemische Prozesse zu stimulieren bzw. zu unterdrücken. Solche Prozesse sind z. B. Nitrifikation, Denitrifikation, simultane Nitrifikation-Denitrifikation, P-Freisetzung, P-Eliminierung, BSB-Abbau.

Mit Hilfe des dieser Stufe zugeführten Abwasserteilstromes, etwa 20% vom Zulauf, kann der Bedarf biologisch nutzbarer organischer Stoffe gesteuert werden.

In der nachfolgenden vierten belüfteten Stufe ($\text{O}_2 \geq 2 \text{ g}/\text{m}^3$) erfolgt die Nitrifikation von Ammonium, die Aufnahme an Phosphat durch P-speichernde Mikroorganismen und der weitere BSB-Abbau.

Das Beckenvolumen der vierten Stufe beträgt 40–60% des Gesamtreaktionsvolumens des Rechteckbeckenblockes. Der Volumenanteil der ersten, zweiten und dritten Stufe wird in Abhängigkeit von der Abwasserbelastung und dem Prozeßverlauf festgelegt.

Es ist bekannt, daß die BSB-Fracht ein Zulauf von Kläranlagen starken Schwankungen unterliegt und das dadurch vor allem während der lastschwachen Zeiten (nachts, Wochenende) durch den Mangel an BSB verschiedene Störungen bei den Verfahren der Phosphor- und Stickstoffeliminierung auftreten.

Zur Erhöhung der Prozeßstabilität wird daher so verfahren, daß ein Teil der am Tage anfallenden, relativ konzentrierten Abwassermenge ohne Belüftung gespeichert und während der belastungsschwachen Zeiten zudosiert wird.

Bei der anaeroben Lagerung entstehenden niedermolekularen organischen Verbindungen begünstigen den Prozeß der Phosphoreliminierung.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll anhand einer Zeichnung erläutert werden. In der Zeichnung sind die Becken bzw. Beckenabschnitte zur Durchführung des Verfahrens dargestellt.

Der Rücklaufschlamm sowie ein Abwasserteilstrom (z. B. 60% des Zulaufes) werden einer ersten anaeroben Stufe 1 zugeführt. Die Umwälzung des Mediums erfolgt durch intermittierenden Lufteintrag. Dies geschieht in der Weise, daß z. B. die in dieser Stufe angeordneten Belüfter in Abständen von z. B. 20 min für etwa 30 s Luft in die Stufe eintragen.

Der Eintrag von Sauerstoff ist bei dieser Art der Umwälzung von untergeordneter Bedeutung für die biochemischen Prozesse. Die hauptsächlichsten Vorgänge wie z. B. Denitrifikation, Bildung niedermolekularer organischer Stoffe und deren Aufnahme durch P-speichernde Mikroorganismen, werden dadurch nicht gestört. Die Abwasserzuführung ist so bemessen, daß der Bedarf an biologisch nutzbaren Kohlenstoffverbindungen für die Stoffwechselprozesse weitgehend gedeckt sind.

Das Medium dieser Stufe wird anschließend einer anoxischen Stufe 2 zugeführt. Weiterhin erfolgt die Zuführung eines Abwasserteilstromes (z. B. 20% des Zulaufes) und nitratreichen Mediums aus Stufe 4. Das Gemisch wird in ähnlicher Weise wie in Stufe 1 umgewälzt. Der Sauerstoffeintrag ist durch die knapp bemessene intermittierende Belüftung vernachlässigbar gering. Die wesentlichen Prozesse wie BSB-Abbau durch Nitratatmung, Denitrifikation, Aufnahme organischer Stoffe durch P-speichernde Mikroorganismen werden nicht gestört.

Die mit dem Abwasserteilstrom zugeführten organischen Stoffe bewirken eine Stimulierung der anoxischen Stoffwechselprozesse. Die nachfolgend aerob-anoxische Stufe 3 ist dadurch gekennzeichnet, daß die Sauerstoffkonzentrationen im Medium in Fließrichtung mehrfach im Bereich zwischen nicht nachweisbar (anoxisch) und Konzentrationen $O_2 = 2$ bis 3 g/m^3 wechseln. Dies geschieht in der Weise, daß die in dieser Stufe angeordneten Belüfter so eingestellt bzw. geregelt werden, daß z. B. ein Belüfter ständig Luft in ausreichender Menge einträgt. Im Einflußbereich dieses Belüfters stellen sich aerobe Verhältnisse ein. Beim nachfolgenden Belüfter ist der Lufteintrag nur für die Umwälzung des Mediums bemessen.

In dieser Teilstufe wird gelöster Sauerstoff nicht nachweisbar sein. Die Aufrechterhaltung anoxischer Verhältnisse kann auch so erfolgen, daß in vorgegebenen Zeitabständen (z. B. 15–20 min) für einige Sekunden Luft eingetragen wird.

Durch entsprechende Steuerung des Lufteintragungssystems erhöht man die Möglichkeit, die gesamte Stufe als aerobe oder anoxische Stufe zu nutzen. Auf dieser Weise lassen sich die wesentlichsten biochemischen Prozesse des Verfahrens wie z. B. Nitrifikation, Denitrifikation, aerober BSB-Abbau, anaerobe Hydrolyse organischer Stoffe, P-Aufnahme, P-Rücklösung, stimulieren oder unterdrücken.

Mit der dosierten Zuführung von organischen Abwasserinhaltsstoffen erhält man eine weitere Möglichkeit zur Beeinflussung der hauptsächlichsten Stoffwechselprozesse.

Der anschließenden Stufe 4 wird Sauerstoff ständig in ausreichendem Maße zugeführt. In dieser Stufe erfolgt ein weiterer BSB-Abbau, die Nitrifizierung von Ammonium und der Aufnahme von Orthophosphat durch P-speichernde Mikroorganismen.

