



(12) Ausschließungspatent

(11) DD 293 333 A5

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1  
Patentgesetz der DDR  
vom 27. 10. 1983  
in Übereinstimmung mit den entsprechenden  
Festlegungen im Einigungsvertrag

5(51) C 02 F 3/30  
C 02 F 3/12

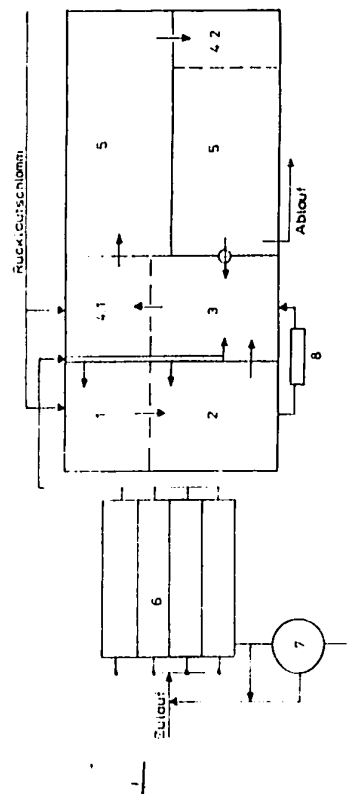
DEUTSCHES PATENTAMT

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

|      |                                                                                                                      |      |          |      |          |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----------|------|----------|
| (21) | DD C 02 F / 339 359 5                                                                                                | (22) | 03.04.90 | (44) | 29.08.91 |
| (71) | siehe (73)                                                                                                           |      |          |      |          |
| (72) | Peukert, Volkmar, Dr. rer. nat.; Böttcher, Dieter, Dipl.-Ing.; Holesovsky, Ulrich, Dr.-Ing.; Voigt, Wolf-Rüdiger, DE |      |          |      |          |
| (73) | VEB Projektierung Wasserwirtschaft, Thälmannplatz 2, O - 4020 Halle, DE                                              |      |          |      |          |
| (54) | Verfahren zur Steuerung biologischer Prozesse zur Stickstoff- und Phosphoreliminierung in Belebtschlammanlagen       |      |          |      |          |

(55) Phosphoreliminierung; Stickstoffeliminierung;  
Belebtschlammanlage; biologischer Prozeß;  
belastungsstarke Zeiten; belastungsschwache Zeiten;  
Schlamm-speicherung; anoxische Stufe; anaerobe Stufe;  
aerobe Stufe; Steuerstufe

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung biologischer Prozesse zur Phosphor- und Stickstoffeliminierung in Belebtschlammanlagen. Die Anwendung bezieht sich vor allem auf Anlagen, bei denen große Schwankungen in der BSB-Fracht auftreten. Es wird ein Verfahren zur Steuerung biologischer Prozesse vorgeschlagen, durch Stimulierung oder Hemmung der Stoffwechselaktivität der Mikroorganismen in Abhängigkeit von der zulaufenden BSB-Fracht und vom Verlauf entscheidender Teilprozesse. Der erfindungsgemäßen Lösung liegt eine komplexe Betrachtung aller maßgeblichen biologischen Prozesse zugrunde. Bei belastungsstarken bzw. -schwachen Zeiten erfolgt im Komplex der Vorklärung eine Abwasser- und/oder Schlamm-speicherung bzw. eine gezielte Zuführung in eine Anlage mit anoxischen Stufen, anaerober und aerober Stufe und Steuerstufen. Die Speicherung des Abwassers bzw. Schlammes und die gezielte Zuführung und Verteilung sowie der Einsatz der Steuerstufen, vor allem der zweiten Steuerstufe im aeroben Bereich, bewirken eine hohe Eliminierungsleistung und Prozeßstabilität. Es wird auf Figur 1 verwiesen. Figur



## Patentansprüche:

1. Verfahren zur Steuerung biologischer Prozesse zur Phosphor- und Stickstoffeliminierung in **Belebtschlammanlagen unter Einbeziehung der Vorklärung und Anwendung anaerober, anoxischer und aerober Verfahrensstufen, gekennzeichnet dadurch**, daß in Abhängigkeit von den Zu- und Ablaufwerten der Anlage während belastungsstarker Zeiten das Abwasser im Vorklärbecken (6) bzw. der Primärschlamm im Schlamm-speicher (7) gestapelt wird, während des Speicherprozesses die Hydrolyse und Vergärung organischer Stoffe beginnt, bei belastungsschwachen Zeiten die Verweilzeit des Abwassers im Vorklärbecken (6) stark verkürzt und gleichzeitig gespeicherter Primärschlamm und/oder gespeichertes Abwasser nach eingehendem Vermischen den anoxischen Stufen (1, 3) und der anaeroben Stufe (2) zugeleitet wird, daß in zwei Steuerstufen (4.1, 4.2) anoxische bzw. aerobe Verhältnisse durch Umwälzen bzw. Belüften des Abwassers eingestellt werden im Bereich von 0 bis 2 g/m<sup>3</sup> Sauerstoff, wobei mit der Steuerstufe 4.2 im Bereich der aeroben Stufe (5) in den mikrobiologischen Prozeß eingegriffen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß das Abwasser in Vorklärbecken (6) während belastungsstarker Zeiten in mindestens 3 voneinander getrennten Beckeneinheiten gespeichert wird, die Verweilzeit mindestens 1,5 h beträgt und in belastungsschwachen Zeiten die Entleerung der Becken erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, **gekennzeichnet dadurch**, daß der Schlamm in der Schlamm-sammeltasche des Vorklärbeckens (6) vor der Entleerung intensiv mit dem Abwasser gemischt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Steuerung der Anlage unter Berücksichtigung der Zu- und Ablaufwerte auf der Grundlage von Tagesganglinien erfolgt.
5. Verfahren nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Milieuverhältnisse in den Stufen (4.1, 4.2, 5) durch intermittierenden bzw. kontinuierlichen Lufteintrag eingestellt werden.
6. Verfahren nach Anspruch 1 bis 5, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Menge des aus der aeroben Stufe (5) in die anoxische Stufe (3) zurückgeführten Mediums durch die Nitratkonzentration und/oder Ammoniumkonzentration im Ablauf gesteuert wird.
7. Verfahren nach Anspruch 1 bis 6, **gekennzeichnet dadurch**, daß während belastungsstarker Zeiten ein Abwasserteilstrom von ca. 10 Vol.-% über einen Intensivreaktor mit immobilisierter Biomasse und einer BSB-Raubelastung von 10–15 kg BSG/m<sup>3</sup> d geleitet wird.
8. Verfahren nach Anspruch 1 bis 7, **gekennzeichnet dadurch**, daß bei zu erwartender verminderter P-Eliminierung ein Teilstrom aus der anaeroben Stufe (2) über einen Mischreaktor (8) geleitet wird, im Mischreaktor (8) Kaltzugabe bis zu einem pH-Wert > 10 erfolgt und nach der Bildung von Calciumphosphat der Teilstrom der anoxischen Stufe (3) zugeführt wird.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

## Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung biologischer Prozesse bei der Abwasserreinigung. Die Anwendung bezieht sich vor allem auf Anlagen, bei denen große Schwankungen in der BSB-Fracht auftreten.

## Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Es ist bekannt, daß an den biologischen Prozessen der gleichzeitigen P- und N-Eliminierung in Belebtschlammanlagen verschiedene Mikroorganismengruppen in unterschiedlichem Maße beteiligt sind. Zu nennen sind vor allem Ammonikanten, Nitrifikanten, Denitrifikanten, hydrolytische und P-speichernde Organismen und Organismengruppen, die die Vielzahl organischer Abwasserinhaltsstoffe abbauen. Auf Grund teilweise unterschiedlicher Milieuansprüche der Mikroorganismen kommt es nahezu zyklisch wiederkehrend zu Störungen, die sich auf die Prozeßstabilität der bekannten Verfahren und somit auf die Ablaufbeschaffenheit nachteilig auswirken.

Hauptursache der Störungen sind die ausgeprägten Schwankungen der BSB-Fracht im Tages- und Wochenverlauf. So gelangen z. B. während der Nachtstunden und am Wochenende im Vergleich zu den Lastspitzen zeitweilig über 80 % weniger biologisch nutzbare organische Stoffe in die Anlage.

Das Nährsubstratangebot für Mikroorganismen wird somit ständig verändert. Dadurch sind maximale Stoffwechselleistungen oder hohe Wachstumsraten ausgeschlossen. Meist verändert sich mit der Abnahme der BSB-Fracht auch das Gewichtsverhältnis biologisch nutzbarer Stoffe und zu eliminierender Stoffe (P, N) zugunsten biologischer Prozesse. Die meist zyklisch wiederkehrenden Lastschwankungen wirken sich in der Weise aus, daß z. B. bei geringen BSB-Frachten die Nitrifikation optimal abläuft, dagegen wird die Denitrifikation infolge mangelnden Kohlenstoffangebotes mehr oder weniger eingeschränkt.

Gemäß EP-PS 0019203 (CO 2 F 3/30) wird ein 2stufiges Verfahren zur Nitrifikation und Denitrifikation beschrieben. In der zweiten Stufe – bestehend aus anoxischen und aeroben Beckenteil – wird durch ein Abwasserteilstrom das zur Durchführung der Denitrifikation erforderliche Substrat bereitgestellt und anschließend nach aerober Behandlung durch einen internen Rücklauf erneut der Denitrifikation zugeführt. Außerdem erfolgt die Zugabe von Methan oder Methanol zur Substratanreicherung. Im Hinblick auf die Denitrifikation ergibt sich eine zweckmäßige Lösung.

Soweit aber gleichzeitig die P-Eliminierung erfolgen soll, ergibt sich das Problem, daß das für die P-Speicherung wichtige anaerobe Milieu nicht gewährleistet ist.

Nitrateintrag in eine anaerobe Stufe ist physiologisch einer Belüftung gleichzusetzen. Die in einer anaeroben Stufe gewollten biologischen Prozesse, wie anaerobe Hydrolyse- und Gärungsprozesse und die vorrangige Aufnahme niedermolekularer organischer Stoffe durch P-speichernde Mikroorganismen werden dadurch gestört. Die verfahrenstechnisch wichtigen niedermolekularen Verbindungen können unter diesen Bedingungen auch von Nahrungskonkurrenten aufgenommen werden. Bei erhöhten BSB-Frachten laufen die Prozesse der Denitrifikation und der P-Speicherung relativ stabil ab. Dagegen kann die Nitrifikation durch übermäßiges Kohlenstoffangebot gehemmt werden. Die Nitrifikation ist jedoch die Grundvoraussetzung für den Gesamtprozeß der biologischen Stickstoffeliminierung.

Es ist auch an der Kombination der Verfahren zur biologischen Stickstoff- und Phosphoreliminierung gearbeitet worden. Im Längsbecken wurden anaerobe Zonen für die biologische P-Entfernung, anoxische Zonen für die Denitrifikation und aerobe Zonen für die Nitrifikation und den Kohlenstoffabbau geschaffen.

Ein interner Denitrifikationskreislauf durch Abführung eines Teilstromes von der aeroben in die anoxische Stufe ist vorgesehen. Nachteilig dabei ist, daß die anaerobe Zone immer noch durch im Rücklaufschlamm enthaltenes Nitrat beeinflusst wird.

### Ziel der Erfindung

Es ist das Ziel der Erfindung unter den Bedingungen großer Schwankungen in der BSB-Fracht eine stabile Phosphor- und Stickstoffeliminierung durch mikrobiologische Prozesse zu erreichen.

Durch entsprechende Verfahrensführung steuerungs-technische Maßnahmen sind die bisherigen Störungen durch Gewährleistung der jeweils erforderlichen Milieuanprüche zu beseitigen.

### Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Steuerung biologischer Prozesse zur Phosphor- und Stickstoffeliminierung vorzuschlagen, durch Stimulierung oder Hemmung der wichtigsten biologischen Prozesse in Abhängigkeit von der zulaufenden BSB-Fracht und/oder vom Prozeßverlauf entscheidender Teilprozesse.

Dementsprechend ist die Belastbarkeit des Verfahrens zu erhöhen. Aufgabengemäß ist weiterhin die Menge des zurückzuführenden Mediums aus der aeroben Stufe in die Denitrifikationsstufe zu minimieren.

Der erfindungsgemäßen Lösung liegt eine komplexe Betrachtung aller maßgeblichen mikrobiologischen Prozesse zugrunde. Dabei ist zuerst eine Vergleichmäßigung der BSB-Zulaufkraft entsprechend der Tages- bzw. Wochenganglinie erforderlich. Das erfolgt mit zeitweiliger Speicherung des Primärschlammes und späterer Freisetzung des BSB durch Schlammwäsche.

Durch eine gesteuerte Rückhaltung von BSB in der Vorklärung werden vor allem die das Verfahren störenden Lastspitzen weitgehend weggenommen.

Auf diese Weise erhält man in Form von BSB-haltigem Primärschlamm einen Vorrat von biologisch nutzbaren Kohlenstoffverbindungen. Ein Teil dieser Stoffe wird bestimmten Verfahrensstufen (Denitrifikation, anaerobe Stufe) während belastungsschwacher Nachtstunden zugeführt. Das geschieht in der Weise, daß der am Tage anfallende Primärschlamm vollständig oder teilweise eingedickt und gespeichert wird. Während der Lagerung kommt es im Schlamm zur Hydrolyse und zur Vergütung organischer Stoffe. Ein Teil der dabei entstehenden niedermolekularen Stoffwechselprodukte bildet wichtige Nährsubstrate für P-speichernde Mikroorganismen und Denitrifikanten. Bei der Schlammabgabe ist als wesentlich herauszustellen, daß ein intensives Mischen von Schlamm und zuffließendem Abwasser erfolgt (Schlammwäsche). Damit wird ein hoher Anteil des gebundenen BSB wieder rückgelöst. Auf diese Weise kann während der Nachtstunden der Kohlenstoffbedarf für P-speichernde Mikroorganismen und Denitrifikanten gedeckt werden. Störungen der P-Eliminierung infolge von Nitratreinbrüchen in die anaerobe Stufe können somit weitgehend verhindert werden.

Weiter wird – außer der Steuerung mittels gespeicherten Überschußschlammes – eine Vergleichmäßigung der Tagesabwassermengen mit Hilfe des Vorklärbeckens vorgesehen. Das Vorklärbecken ist in mehrere mindestens drei voneinander getrennte Beckenbereiche aufgeteilt. Es erfolgt eine gesteuerte Auffüllung durch Abwasserteilströme. Die Verweilzeit in der Vorkläreinrichtung beträgt über 1,5 Std. Die einzelnen Becken werden nach einem vorgegebenen Ablauf während der belastungsschwachen Zeiten nacheinander entleert.

Es ist vorgesehen, daß der Schlamm in der Schlamm sammeltasche des Vorklärbeckens vor der Entleerung intensiv mit dem Abwasser gemischt wird, z. B. durch Kreislaufführung.

Ergänzend wird vorgeschlagen, bei kleineren Anlagen mit stark ausgeprägten Tagesschwankungen die Lastspitzen durch das zeitweilige Zuschalten eines mit immobilisierter und suspendierter Biomasse angefüllten Wirbelschichtreaktors weitgehend abzubauen. Dabei wird ein Teilstrom (ca. 10 Vol.-%) über diesen Intensivreaktor geführt.

Dieser wird überdurchschnittlich stark mit abbaubaren Stoffen belastet; BSB-Raumbelastung 10–15 kg BSB/m<sup>3</sup> · d.

Die immobilisierte Biomasse wird während belastungsschwacherer Zeiten kontinuierlich oder diskontinuierlich mit einem Minimum an Nährsubstraten und Sauerstoff versorgt.

Eine weitere Vergleichmäßigung noch vorhandener Lastschwankungen und Verhinderung der negativen Auswirkungen wird erreicht durch die Anordnung von 2 Steuerstufen, wobei eine Steuerstufe vor der aeroben Stufe und weiterhin – für die Erfindung maßgeblich – im mittleren Bereich der aeroben Stufe mindestens eine weitere Steuerstufe angeordnet ist.

Nachfolgend sind die mit der Steuerung gegebenen Möglichkeiten, auch unter Berücksichtigung bereits bekannter Verfahrensteilschritte, aufgezeigt.

Überlastung der Anlage (Tagesspitze):

Bezogen auf das Verfahren der P- und N-Eliminierung ist ein Überangebot an biologisch nutzbaren Kohlenstoffverbindungen zu verzeichnen. Die BSB-Raum- bzw. Schlammbelastung ist relativ hoch. Unter diesen Bedingungen laufen die Prozesse der P-Eliminierung und Denitrifikation problemlos ab. Dagegen ist die Stoffwechselintensität der Nitrifikation eingeschränkt. Die notwendigen Steuer- bzw. Verfahrensschritte sind:

Das Abwasser ist etwa zu gleichen Anteilen aufzuteilen – Zugabe in die erste Stufe (anoxisch) zur Denitrifikation, die zweite Stufe (anaerob) zur P-Rücklösung, und eine dritte Stufe (anoxisch) wiederum zur Denitrifikation.

Die aerobe Stufe zur Nitrifikation muß intensiviert werden, d. h. durch die 2 Steuerstufen ist ausreichend Sauerstoff einzubringen.

Es muß eine Senkung der BSB-Schlammbelastung erfolgen durch erhöhte Rückführung von Biomasse aus dem Nachklärbecken ( $\geq 100\%$  Vol.-% der Abwasserzulaufmenge) und aus der aeroben Stufe (ca. 250 Vol.-%).

Mittlere bis stärkere Belastung (Tagesmittel):

Das BSB-Angebot für die P-Eliminierung und Denitrifikation ist ausreichend bis hoch. Die Nitrifikation ist zeitweilig noch gehemmt. Die Steuerschritte sind:

Die Abwasserverteilung erfolgt wie bei dem Zustand „Tagesspitze“. Zumindest in der ersten Steuerstufe ist eine Sauerstoffkonzentration von ca.  $1,0 \text{ g/m}^3$  einzuhalten.

Die Schlammbelastung ist durch Rückführung von Biomasse aus dem Nachklärbecken (80–100 Vol.-%) und der aeroben Stufe (ca. 200 Vol.-%) zu reduzieren.

Mittlere bis schwächere Belastung (24 Std.-Mittel):

Die Nitrifikation verläuft normal bis optim. Nitrateinbrüche in die anaerobe Stufe durch ungenügende Denitrifikation infolge Kohlenstoffmangel sind nicht auszuschließen. Die Steuerschritte sind:

In den 2 Steuerstufen wird der Belebtschlamm in Schwebe gehalten (Hemmung der Nitrifikation).

Es erfolgt Rückführung von nitrathaltigem Medium (Belebtschlamm) aus der Nachklärung in die erste Denitrifikationsstufe, dabei Medium auf 60–80 Vol.-% reduzieren. Ein Teilstrom aus der Nachklärung wird der ersten Steuerstufe zugeführt.

Die Biomasserückführung aus der aeroben Stufe ist weiter einzuschränken (ca. 150 Vol.-%).

Es erfolgt Zuführung von BSB aus dem Primärschlamm, wobei das Abwasser-Schlammgemisch der ersten Denitrifikationsstufe und der anaeroben Stufe zugegeben wird.

Unterbelastung (Nachtmittel):

Infolge sehr niedriger Schlammbelastung erfolgt starke Nitrifikation, jedoch durch Kohlenstoffmangel ist eine unzureichende Denitrifikation gegeben. Es erfolgt ein geringes Wachstum P-speichernder Mikroorganismen, weiterhin Nitrateinbrüche in anaerobe Stufe und somit Störung der P-Eliminierung. Die Steuerschritte sind:

Die Steuerstufen sind anoxisch-anaerob zu betreiben (Hemmung der Nitrifikation).

Es erfolgt stark eingeschränkte Rückführung von Belebtschlamm aus dem Nachklärbecken ( $< 60 \text{ Vol.-%}$ ), ein Teil des Rücklaufschlammes wird der ersten Steuerstufe zugeführt.

Aus der aeroben Stufe ist die Rückführung stark einzuschränken bzw. völlig einzustellen.

Es ist BSB aus Primärschlamm-speicherung für Denitrifikation und anaerobe Stufe zuzuführen.

Das zufließende und in der Vorklärung gespeicherte Abwasser ist ausschließlich in die erste Denitrifikationsstufe und die anaerobe Stufe einzuleiten.

Neben der Prozeßsteuerung in Abhängigkeit von der Zulaufbelastung sieht das Verfahren eine parallele Steuerung in Abhängigkeit von der Ablaufbeschaffenheit und von den Betriebszuständen vor. Dazu müssen die wichtigsten Gütekriterien wie Nitrat, Ammonium, Phosphat und BSB möglichst kontinuierlich im Ablauf der aeroben Stufe gemessen werden.

Folgende Betriebszustände können auftreten:

– Zu hoher Ammoniumwert;

Es ist die Nitrifikation zu begünstigen, d. h. Steuerstufen zeitweilig oder ständig belüften, Sauerstoffeintrag in aerobe Stufe erhöhen, Rückführung des Mediums in erhöhtem Maße aus der aeroben Stufe in die zweite Denitrifikationsstufe, Schlammbelastung durch Biomasserückführung senken

– Erhöhte Nitratkonzentration;

Es ist die Denitrifikation zu stimulieren; Steuerstufen anoxisch betreiben (Umwälzung des Belebtschlammes unter Vermeidung von Sauerstoffeintrag), Sauerstoffkonzentration in aerobe Stufe senken, Rückführung des Mediums aus aeroben Stufe in zweite Denitrifikationsstufe, BSB für Denitrifikation zuführen, anaerobe Stufe vor Nitrateinbrüchen schützen, Abwasser vorwiegend der ersten und zweiten Stufe zuführen

– Ungünstiges BSB zu P- bzw. N-Verhältnis;

Durch Schlammwäsche BSB zuführen

– Erhöhte Phosphorkonzentration;

Sollte dieser Fall trotz Anwendung der beschriebenen Verfahrensführung und Steuerschritte eintreten, wäre eine bekannte Methode die Zuführung von Eisensalzen, was jedoch die landwirtschaftliche Nutzung der Schlämme einschränkt.

Es wird in diesem Falle folgender Verfahrensweg vorgeschlagen:

Bei bestimmten Betriebszuständen, die eine verminderte P-Eliminierung erwarten lassen, wird ein festgelegter Teilstrom aus der P-reichen anaeroben Stufe in einem Mischreaktor mit einer solchen Menge Kalk versetzt, daß der pH-Wert des Mediums auf  $> 10$  ansteigt. Dabei bildet sich schwerlösliches Calciumphosphat. Das auf diese Weise behandelte Gemisch wird der zweiten Denitrifikationsstufe zugeführt. Im Belebungsbecken lagert sich das Phosphat adsorptiv an die Belebtschlammflocken an und kann mit dem Überschußschlamm dem System entnommen werden. Die adsorptive Wirkung soll hier als wesentlich herausgestellt werden.

### Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachstehend an einem Ausführungsbeispiel erläutert werden.

Eine Anlage, mit der das Steuerverfahren zu realisieren ist, besteht aus dem Komplex der Vorklärung mit dem Vorklärbecken 6 einschließlich der in Längsrichtung abgetrennten Teilbereiche und einem Schlammspeicher 7. Die Prozesse der P- und N-Eliminierung laufen in verschiedenen Becken, zweckmäßigerweise einem Beckenblock ab, welcher aus den anoxischen Stufen 1 und 3, der anaeroben Stufe 2, zwei Steuerstufen 4.1 und 4.2 und der aeroben Stufe 5 besteht. Die Steuerstufe 4.2 ist im mittleren Bereich der aeroben Stufe 5 angeordnet. Es ist ein interner Denitrifikationskreislauf durch Umpumpen von Stufe 5 nach Stufe 3 vorgesehen. Der Rücklaufschlamm aus der nicht dargestellten Nachklärung kann auf Stufen 1 und 4.1 verteilt werden. Das zu reinigende Abwasser kann über eine Rinne in die Stufen 1, 2, 3 gegeben werden. Über einen Mischreaktor 8 zur Unterstützung der Phosphoreliminierung kann einen Teilstrom von der anaeroben Stufe 2 in die anoxische Stufe 3 gegeben werden. Durch Kalkzugabe erfolgt eine pH-Werterhöhung  $> 10$  in diesem Teilstrom.

Die Erfindung wird weiter am Beispiel einer Belebtschlammanlage mit einem Beckenvolumen von  $21\,000\text{ m}^3$ , einem maximalen stündlichen Abwasserzufluß von  $1\,750\text{ m}^3$ , einer BSB-Tageslast von  $8\,600\text{ kg}$ , einem Belebtschlammgewicht von  $3,5\text{ kg/m}^3$ , einer BSB-Raumbelastung von  $0,32\text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$  und einer aus vier Becken bestehenden Vorkläreinrichtung mit einer max. Vorklärzeit von 2 Stunden beispielhaft beschrieben.

In Kläranlagen mit Industriewasseranteil muß im Tages- und Wochenverlauf mit ausgeprägten Schwankungen der Abwassermenge und der Abwasserbeschaffenheit gerechnet werden.

Im Falle der Beispielanlage verteilen sich die BSB-Lastschwankungen folgendermaßen:

|                                                   | Wochentag | Wochenende |
|---------------------------------------------------|-----------|------------|
| – Tagesspitze, Überlastung                        | 2 Std.    | –          |
| – Tagesmittel, mittlere bis hohe Belastung        | 6 Std.    | –          |
| – 24-Std.-Mittel, mittlere bis niedrige Belastung | 8 Std.    | 11 Std.    |
| – Nachtmittel, Unterbelastung                     | 8 Std.    | 13 Std.    |

Nachfolgend wird gezeigt, in welchem Maße eine Vergleichsmäßigung der BSB-Frachten durch Steuerung der Verweilzeiten in der Vorklärung möglich ist.

Die folgende Übersicht stellt die zu erwartenden Verhältnisse bei einer mittleren Vorklärzeit von 0,5 Std. (etwa 17% BSB-Eliminierung) dar.

Es ist zu erkennen, daß die BSB-Raumbelastung im Tagesverlauf ausgeprägten, den Prozeßablauf störenden Schwankungen unterlegen ist.

Während der meisten Stunden mangelt es an biologisch nutzbaren Kohlenstoffverbindungen oder es ist ein den Gesamtprozeß störender Überschuß vorhanden.

|                      | Belastungsstufen                  |                               |             |                                                          |                                      |
|----------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------|
|                      | Abwasser<br>$\text{m}^3/\text{h}$ | BSB-Fracht (kg)<br>vor Vorkl. | nach Vorkl. | BSB-Belastung<br>$(\text{kg}/\text{m}^3 \cdot \text{d})$ | $\text{kg}/\text{kg} \cdot \text{d}$ |
| Tagesspitze (2 Std.) | 1 750                             | 1 600                         | 1 320       | 0,75                                                     | 0,22                                 |
| Tagesmittel (6 Std.) | 1 375                             | 3 160                         | 2 623       | 0,50                                                     | 0,14                                 |
| 24-h-Mittel (8 Std.) | 1 030                             | 2 750                         | 2 283       | 0,33                                                     | 0,09                                 |
| Nachtmittel (8 Std.) | 650                               | 1 310                         | 1 087       | 0,16                                                     | 0,04                                 |

Im Primärschlamm werden bei einer Verweilzeit von 0,5 Stunden rund  $1\,500\text{ kg BSB/d}$  bei 17% der Zulauffracht gebunden. Erfolgt eine Steuerung der Verweilzeit im Vorklärbecken in Abhängigkeit von der Zulauffracht, dann ergeben sich folgende Verhältnisse:

|                                         | BSB-Fracht (kg)<br>vor Vorkl. | nach Vorkl. | BSB-Belastung<br>$\text{kg}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$ | $\text{kg}/\text{kg} \cdot \text{d}$ |
|-----------------------------------------|-------------------------------|-------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Tagesspitze<br>Verweilzeit: 2 Stunden   | 1 600                         | 1 152       | 0,66                                                   | 0,19                                 |
| Tagesmittel<br>Verweilzeit: 2 Stunden   | 3 160                         | 2 275       | 0,43                                                   | 0,12                                 |
| 24-Std.-Mittel<br>Verweilzeit: 1 Stunde | 2 750                         | 2 145       | 0,31                                                   | 0,09                                 |
| Nachtmittel<br>Verweilzeit: 0,5 Stunden | 1 310                         | 1 087       | 0,16                                                   | 0,04                                 |

gebundener BSB im Primärschlamm:  $2\,160\text{ kg/d}$  (24%)

Durch die Erfindung ergeben sich vielfältige Möglichkeiten, die biologischen Hauptprozesse zu stimulieren oder zu hemmen bzw. das Milieu den Ansprüchen der Mikroorganismen anzupassen.

Nachfolgend sind die wichtigsten Störeinflüsse und Möglichkeiten zu deren Kompensierung in Abhängigkeit von der Zulaufbelastung nochmals anhand einer Tabelle dargestellt.

|                                                | Belastungsstufen               |                                        |                           |                               |
|------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------|---------------------------|-------------------------------|
|                                                | 1<br>Überbelastung             | 2<br>mittel bis max.                   | 3<br>mittel bis gering    | 4<br>Unterbelastung           |
| Vorklärbecken<br>(Verweilzeit, h)              | ≥ 1,6                          | 1,2–1,6                                | 0,8                       | ≤ 0,4                         |
| Steuerstufe 4.1                                | aerob, $O_2 > 2 \text{ g/m}^3$ | aerob, $O_2 0\text{--}1 \text{ g/m}^3$ | Umwälzung, $O_2 \pm 0$    | intermitt. Umwälzung          |
| $\text{gO}_2/\text{m}^3$ 4.2                   | aerob, $O_2 > 2 \text{ g/m}^3$ | anoxisch, $O_2 \pm 0$                  | Umwälzung, $O_2 \pm 0$    | geringster $O_2$ -Eintrag     |
| Schlammrückführung<br>aus Nachklärung (Vol.-%) | ≥ 100                          | 80–100                                 | 60–80                     | ~ 60                          |
| Rückführung von Stufe 5<br>in Stufe 3 (Vol.-%) | ≥ 200                          | 150–200                                | 150                       | ≤ 150                         |
| aerobe Stufe 5<br>( $\text{gO}_2/\text{m}^3$ ) | ≥ 2,5 $\text{m/m}^3$           | 2,0 $\text{g/m}^3$                     | 2,0 $\text{g/m}^3$        | ≤ 1,5 $\text{g/m}^3$          |
| Schlammwäsche                                  | nein                           | nein                                   | nein                      | ja                            |
| Abwasserverteilung                             | gleichmäßig<br>Stufen 1, 2, 3  | gleichmäßig<br>Stufen 1, 2, 3          | vorwiegend<br>Stufen 1, 2 | ausschließlich<br>Stufen 1, 2 |
| gespeichertes Abwasser<br>aus Vorklärung       | –                              | –                                      | –                         | ausschließlich<br>Stufen 1, 2 |

