



(12)

PATENTCHRIFT

(21) Anmeldenummer: A 488/2000
(22) Anmeldetag: 22.03.2000
(42) Beginn der Patentdauer: 15.11.2002
(45) Ausgabetag: 25.06.2003

(51) Int. Cl.⁷: **C02F 3/12**

(56) Entgegenhaltungen:
DE 4221867A1 DE 4329239A1 EP 749943A2

(73) Patentinhaber:
FEDERSPIEL PER MAG. DR.
A-1230 WIEN (AT).

(54) VERFAHREN ZUR ABWASSERREINIGUNG

AT 410 663 B

(57)

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Entfrachtung von Abwässern in - mit Befruchtungsbewältigungsüberkapazität ausgestatteten Abwasserreinigungsanlagen, wobei im in eine Vorstufe (4) bzw. Belebungsstufe (5) zugeführten Abwasser (aw) durch Einbringung von aus der Nachklärstufe (5) bzw. Schlammstapelstufe (6) rückgeführtem Schlamm (ns, ss) die Belebtschlamm-Konzentration durch Vermehrung der leicht abbaubaren Stoffe und die Belebtschlammreaktion bis zu hohen Abbaugraden gesteigert wird,

- dass weiters in den Stufen (4, 5) die Verweilzeit des Abwasser/Belebtschlammgemisches (aw/bs) erhöht bzw. maximiert wird,

und dass weiters

- das mittlere Alter des innerhalb der Anlage (001) befindlichen Schlammes (bs, ns, ss) durch Erhöhung von dessen Verweilzeit in den beiden Stufen (4, 5) bzw.

- durch oftmalige Rückführung von Belebtschlamm/Abwassergemisch aus Belebungsstufe (5) in die Stufen (4, 5) bzw.

- durch Rückführung von Stapel- bzw. Rohschlamm (ss) aus der Schlammstapelstufe (7) in die Stufen (4, 5)

- im Vergleich zum Schlammalter in bisher üblichen Abwasserreinigungsanlagen um mindestens 20 %, insbesondere um über 100 %, erhöht wird.

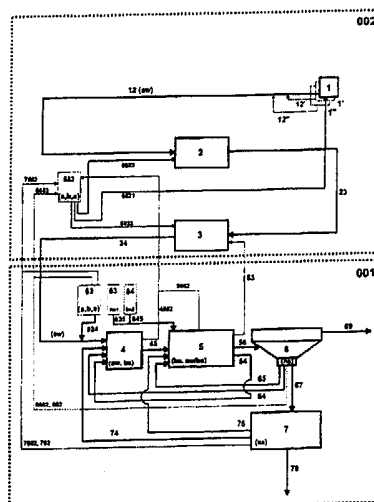


Fig.1

Die Umsetzung der Europäischen Richtlinie 91/271/EEC für die städtische Abwasserreinigung (European Urban Wastewater Treatment Directive) führt zu einer raschen Multiplizierung von Abwasserreinigungs-Anlagen in ganz Europa, in welchen immer größere Mengen an zu entsorgendem Klärschlamm anfallen. Gleichzeitig wurde die Versenkung solcher Schlämme im Meer verboten, die projektierten Deponierungsrichtlinien schränken die Möglichkeit zur Lagerung von organischen Stoffen auf Deponien ein, und die Agrarwirtschaft ist aufgrund der zunehmenden Besorgnis über mögliche Gesundheits- und Umweltrisiken immer weniger bereit, Klärschlamm auf landwirtschaftlich genutzte Böden aufzubringen. Bis heute waren dies die Hauptentsorgungswege für Klärschlamm. Die diesbezügliche Problematik ist z.B. in Laurent Bontoux, Miguel Vega und Demosthenes Papameletiou, Städtische Abwasserreinigung in Europa: "Wohin mit dem Klärschlamm?", IPTS Report 23, Internet, näher erläutert.

Erhebungen der Abwassertechnischen Vereinigung (ATV) haben gezeigt, dass allein im Jahr 1996 in Deutschland insgesamt 2,681 Mio Tonnen Klärschlamm-Trockensubstanz verwertet bzw. entsorgt werden mußten. Die dafür anfallenden Kosten betragen etwa 615 Mio Euro, siehe dazu insbesondere Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt 10, (07.03.98). Die genannten Zahlen sind, entsprechend umgelegt, auch für Österreich gültig.

Biologischen Abwasserreinigungs-Anlagen beruhen auf der Umwandlung von im Wasser bzw. Abwasser gelösten bzw. mit demselben transportierten Schmutzfrachten in Biomasse. Das geschieht durch die gezielte Förderung bakteriellen Wachstums. Bakterien sind nicht nur in der Lage, körpereigene Stoffe aus Kohlenstoff-Verbindungen aufzubauen, sondern auch dazu, Kohlenstoff-Verbindungen bis zum Kohlenstoffdioxid abzubauen. Dieser Vorgang wird auch Veratmung genannt und führt bei nachlassendem Nährstoffangebot zur Verringerung der vorhandenen Biomasse. Die genannte Veratmung vorhandener Biomasse benötigt mehr Zeit als deren Aufbau.

Die vorliegende Erfindung hat sich die Aufgabe gestellt, die in biologischem Abwasserreinigungs-Anlagen und insbesondere die innerhalb der in denselben zum Einsatz kommenden Abwasserreinigungs-Verfahren ablaufenden Vorgänge sowie die anlagentechnisch und verfahrensbedingt herrschenden Umstände, Bedingungen und Voraussetzungen - unter Vermeidung aufwendiger prinzipieller Änderungen und Umstellungen in den Verfahren sowie ohne wesentliche Eingriffe, Änderungen, Ausbauten und/oder Erweiterungen jeweils gegebener oder geplanter, baulicher und anlagentechnologischer Infrastruktur- dafür zu nutzen, bei zumindest gleichbleibender oder sogar gesteigerter Entfrachtungs- und Reinigungs-Leistung und -Qualität, die Menge der in den Anlagen anfallenden Klärschlämme zu reduzieren bzw. soweit wie möglich, zu minimieren.

Was den Stand der Technik auf diesem Gebiet betrifft, so ist dazu folgendes auszuführen:

Das Verfahren und die Anlage zum Reinigen von Abwasser gemäß EP 749 943 A2 sind einerseits auf eine relativ kostspielige Optimierung der Phosphat-Eliminierung und andererseits auf eine mehrphasige Verfahrensweise gerichtet, welche zwingend eine dem Belebungsbecken vorgeschaltete, volumsveränderlich gestaltete anaerobe Phase vorsieht, die zur Beeinflussung der Reaktionsprozesse dient, wobei die Verweilzeit durch physische Volumen Anpassung an die jeweils in schwankenden Mengen anfallenden Abwasser-Mengen verändert wird.

Die DE 42 21 867 A1 beschreibt eine Nutzung des anfallenden Überschussschlammes als interne Kohlenstoffquelle in einem Verfahren bzw. in einer Anlage zur biologischen Abwasserreinigung mit gezielter Denitrifikation, wobei der Bedarf an oxidierbaren Verbindungen für die Reduktion des Nitrates jedoch grundsätzlich mit durch mechanischen Zellwandaufschluss aufbereiteten Schlamm-Mikroorganismen gedeckt und durch Einstellung des Intensitätsgrades dieses Aufschlusses geregelt wird.

Zu der DE 42 21 867 A1 ist anzumerken, dass sie nicht auf die Nutzung bestehender Abwasser-Reinigungsanlagen ausgerichtet ist, und daher würde eine danach arbeitende Anlage bei schon bestehenden Anlagen aufwendige Umbauten erforderlich machen.

Das Verfahren bzw. die Anlage zur biologischen Abwasser-Reinigung gemäß DE 43 29 239 A1 ist auf eine Erhöhung des Trockensubstanz-Gehaltes im Belebungsbecken ausgerichtet, und zwar unter Entkoppelung von Schlamm- und Wasser-Aufenthaltszeit, wobei zwar das Ziel angestrebt wird, schon bestehende Kläranlagen mit geringen Kosten auszubauen, wobei jedoch eine Rückführung von sedimentiertem Schlamm im Rahmen eines Rücklauf-Schlammstroms vermieden ist. Ein wesentlicher Nachteil der gemäß dem dortigen Vorschlag zwingend vorgesehenen, schräg ansteigenden Lamellenpakete vor dem Ablauf aus dem Belebungsbecken bestehen darin, dass solche

- immer der latenten Gefahr einer Verstopfung ausgesetzte - Lamellenpakete aus verschiedenen Gründen in die meisten der schon bestehenden Abwasser-Reinigungsanlagen nur schwierig oder gar nicht nachträglich einbaubar ist.

Zur Lösung der oben genannten Aufgabe wurde von folgenden grundsätzlichen Überlegungen und Voraussetzungen ausgegangen und die sich daraus ergebenden Folgerungen für die der Erfindung zugrundeliegenden Entwicklungen genutzt:

Wie schon oben kurz ausgeführt, benötigt die Veratmung von Biomasse mehr Zeit als deren Aufbau. Um nun eine solche Veratmung, also eine Umwandlung zumindest von Teilen der in ihrer Menge rasch ansteigenden und zu entsorgenden, letztlich einen Feststoff darstellenden Biomasse in, keine üblichen Entsorgungsprobleme verursachendes, gasförmiges Kohlenstoffdioxid einzuleiten und aufrecht zu erhalten und zu fördern, stehen grundsätzlich zwei Wege offen:

a) Die vorhandene Biomasse, also insbesondere die sie bildenden Bakterien, sollte bzw. sollten für einen Großteil der Zeit ihres Einsatzes Nährstoffmangel-Bedingungen ausgesetzt sein.

b) Es ist günstig, dafür zu sorgen, dass nur ein geringer Teil der Verweilzeit des Abwassers in der Anlage für die Umwandlung der in demselben enthaltenen Schmutzfracht in Biomasse benötigt wird und dass der größere Teil der Verweilzeit der Veratmung der Biomasse und der Verwertung und Umwandlung schwer abbaubarer Verbindungen dienen kann.

Nun sind, wie gefunden wurde, bei den meisten bestehenden, gerade im Bau befindlichen und geplanten Anlagen in Österreich und Europa Voraussetzungen gegeben, welche den o.a. grundsätzlichen Überlegungen zumindest grundsätzlich entgegenkommen:

a) Die in heutiger Zeit geplanten und errichteten Abwasserreinigungs-Anlagen sind für maximale Ereignisse ausgelegt und daher grundsätzlich größer als erforderlich dimensioniert.

b) In derzeit betriebenen Abwasseranlagen werden nicht nur Kohlenstoff-Verbindungen biologisch umgesetzt, sondern auch Stickstoff-Verbindungen biologisch abgebaut. Die Stickstoff-Elimination erfordert längere Verweilzeiten als der Kohlenstoff-Umsatz. In Bezug auf den Kohlenstoff-Anteil im Abwasser ist daher immer eine Überkapazität vorhanden.

c) Abwasseranlagen sind zumeist nicht gleichmäßig, sondern mit tages-, wochen- und jahreszeitlich starken Schwankungen belastet. In Zeiten geringer Belastung könnte daher diese zeitliche Überkapazität gezielt genutzt werden, um - an sich später zu entsorgende - Biomasse im Rahmen der Anlage abzubauen.

Von den gerade ausgeführten Prämissen ausgehend, ist nun Gegenstand der Erfindung ein neues Verfahren zur Entfrachtung von kommunalen und/oder von organische Verbindungen enthaltenden, gewerblich-industriellen Abwässern in - mit Befrachtungs-Bewältigungs-Überkapazität für Schwankungen der Befrachtung der Abwässer bzw. für Maximal-Befrachtungs-Ereignisse, insbesondere bezüglich der Belastung mit kohlenstoff-organischen Stoffen, ausgestatteten Abwasserreinigungs-Anlagen, wobei innerhalb einer derartigen Anlage, das

- von den Abwasser-Anfallstellen, beispielsweise Haushalten, Gewerbe- und Industriebetrieben, abgegebene, über ein Abwasser-(Sammel-)System mit Leitungen und Sammelleitungen, Pumpstationen, Zwischen-, Sammel-, Ausgleichs- und/oder belüfteten oder unbelüfteten Regen-Becken, der Abwasser-Reinigungs-Anlage zugeführte, zu entfrachtende Abwasser

- bevorzugterweise über eine Selektor- bzw. Vor-Stufe, in eine, bevorzugt mehrstufige, Belebungs-Stufe eingebracht wird, von wo aus das sich dort bildende Belebtschlamm/Abwasser-Gemisch in eine, bevorzugt mehrstufige, Nachklär-Stufe mit mindestens einem Ablauf für entfrachtetes Abwasser eingebracht wird, wobei von der Nachklär-Stufe aus, der sich dort absetzende Nachklärslamm in eine Schlammstapel-Stufe mit Abführung für Stapel- bzw. Roh-Schlamm eingebracht wird, und zumindest eine gegebenenfalls vollständige Rückführung für Nachklär-Belebtschlamm (ns) aus der Nachklär-Stufe in die Selektor- und/oder Belebungs-Stufe und eine Regelung bzw. Erhöhung der Verweilzeit des Schlammes dortselbst vorgesehen sind.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist dadurch gekennzeichnet,

- dass im in die Selektor- bzw. Vor-Stufe und/oder in die Belebungs-Stufe ohne Vor- bzw. Zwischenschaltung einer Anaerob-Stufe zugeführten bzw. dort befindlichen Abwasser

- zusätzlich zu den in demselben schon enthaltenen Befruchtungs-Stoffen - durch Einbringung von aus der Nachklär-Stufe und/oder Schlammstapel-Stufe rückgeführten und keiner vorherigen Zellwand-Aufschlussbehandlung unterzogenem Schlamm eine die Belebtschlamm-Konzentration auf hohem bzw. maximalem Niveau haltende Steigerung der Menge der leicht-abbaubaren Stoffe herbeigeführt und die Belebtschlamm-Reaktion, insbesondere hinsichtlich des Abbaus von kohlenstofforganischen Substanzen bis zu einem hohen Abbaugrad vorangetrieben wird, dass weiters
- in der Vor-Stufe und in der Belebungs-Stufe unter hoher, gegebenenfalls maximaler, Nutzung des über den durchschnittlichen Normalbetriebs-Kapazitätsbedarf hinausgehenden Spielraums an Belebungsstufen-Überkapazität, insbesondere bezüglich des Becken-Gesamtvolumens der Selektor- bzw. Vor- und/oder Belebungs-Stufe, die Verweilzeit des Abwasser/Belebtschlamm-Gemisches erhöht bzw. der jeweiligen Art der Befruchtung des in die Anlage einlaufenden Abwassers entsprechend, maximiert wird, und dass weiters
- das mittlere Alter des innerhalb der Anlage befindlichen, von Stufe zu Stufe bewegten und rückgeführten Schlamms bzw. von dessen Flocken durch die oben erwähnte Erhöhung bzw. Maximierung von dessen mittlerer Verweilzeit in der Selektor- und/oder Belebungs-Stufe und/oder
- durch oftmalige Rückführung von Belebtschlamm/Abwasser-Gemisch aus der Belebungs-Stufe und/oder von Nachklär-Schlamm aus der Nachklär-Stufe in die Selektor-Stufe und/oder Belebungs-Stufe und/oder
- besonders bevorzugt durch Rückführung von Stapel- bzw. Roh-Schlamm aus der Schlammstapel-Stufe in die Selektor- bzw. Vor- und/oder Belebungs-Stufe
- im Vergleich zum mittleren Schlammalter in bisher üblichen Abwasserreinigungs-Anlagen - um mindestens 20%, insbesondere um 100% bis mehrere hundert Prozent - und gegebenenfalls auf praktisch "Unendlich" erhöht wird.

Wesentlich für das neue Verfahren ist es, das Faktum zu nutzen, dass die Veratmung von Biomasse zu Kohlenstoffdioxid nur in nährstoffarmer Umgebung erfolgen kann und dass dieser Vorgang im Vergleich zum Abbau der Abwasser-Inhaltsstoffe vergleichsweise langsam erfolgt. In nährstoffreicher Umgebung erfolgt hingegen ein rascher Aufbau von Biomasse durch Vermehrung der Bakterien. Der Hauptanteil der in die Abwasser-Anlage eingetragenen Nährstoffe wird also möglichst schnell und günstigerweise frühzeitig und am besten lokal begrenzt umgesetzt, wozu sich die Selektor- bzw. Vor-Stufe besonders eignet. Die dabei entstehenden bzw. in ihrer Menge rasch anwachsenden bzw. angewachsenen Belebtschlammflocken werden nachfolgend in eine abwassernährstoff-arme Umgebung, also z.B. in die Belebungs-Stufe, gebracht, in welcher sie möglichst lange verweilen sollen. Zur Aufrechterhaltung ihrer Lebensfunktionen sind dort die Mikroorganismen gezwungen, körpereigene Substanz abzubauen. Durch Autolyse absterbender Bakterien werden ebenfalls Nährstoffe freigesetzt, die dann wieder von anderen Organismen verwertet werden können.

Anlagen- bzw. verfahrenstechnisch können die beschriebenen Verhältnisse durch Einsatz sogenannter hochbelasteter Selektoren bzw. durch entsprechende Adaption bestehender Einrichtungen und der Verfahrensweise erreicht werden. Die Erfindung arbeitet insbesondere nach dem Grundsatz, die Belebtschlammreaktion zu einem möglichst frühen Zeitpunkt und in einem relativ kleinen Reaktionsvolumen ablaufen bzw. beginnen zu lassen. Besonders geeignet ist dafür z.B. ein belüfteter Schwimmstoff-Abscheider oder ein Vorklär-Becken, in das Belebtschlamm eingebracht wird.

Beim erfindungsgemäßen Verfahren ist überhaupt keine wie in der o.a. EP 749 943 beschriebene der Belebungsstufe vorgeschaltete Anaerob-Stufe vorgesehen, in welche (Belebt-)Schlamm rückgeführt wird. Weiters ist erfindungsgemäß keineswegs eine Anpassung des zur Verfügung stehenden Volumens für eine solche anaerobe Vorstufe durch Veränderung des Volumens eines einem Belebungsbecken-Bereich vorgeschalteten Anaerob-Becken-Bereichs mit Hilfe von verschiebbaren Wandungen im Becken vorgesehen, vielmehr werden eben Volums-Überkapazitäten bestehender, in ihrem Volumen vorgegebener, Becken genutzt.

Bei dem neuen Verfahren ist zwar, ähnlich wie gemäß DE 42 21 867 A1, vorgesehen, die

Schlamm-Mikroorganismen als Kohlenstoffquelle heranzuziehen, jedoch werden dieselben erfindungsgemäß keineswegs durch mechanische Mittel abgetötet und so die Biomasse in einer Form angeboten, welche auf einen schnellen aeroben Umsatz ausgerichtet ist. Vielmehr soll erfindungsgemäß eine möglichst lange anaerobe Phase dafür sorgen, dass sich die Bakterien-

5 Zusammensetzung dahingehend verändert, dass persistente und abbau-resistente organische Substanzen, wie sie insbesondere in Gewerbe- und Industrie-Abwässern enthalten sind, dem biologischen Abbau zugänglich werden.

Da das Ziel des erfindungsgemäßen Verfahrens in der Reduktion des Klärschlammanfalls liegt, sorgt es dafür, dass ein unerwünschtes Anfallen und Abziehen von Primärschlamm vermieden wird. Vorhandene Vorklär-Becken u.Ä. eignen sich z.B. hervorragend für das im Sinne der Erfindung vorteilhafte, möglichst weite "Vorziehen" des Belebungs-Verfahrens.

Durch dieses möglichst frühe Einleiten der Belebtschlamm-Reaktion wird daher im Idealfall in der eigentlichen Belebungs-Stufe das Nährstoffangebot bereits am Einlaufpunkt zu einem ersten Belebungs-Becken vergleichsweise gering sein. Das genannte Nährstoffangebot ist, da die entsprechenden biologischen Prozesse schnell ablaufen, selbstverständlich nicht als absoluter Wert zu sehen und die Abbaurate ist abhängig von der zur Verfügung stehenden aktiven Biomasse. Um das Nährstoffangebot im Sinne der Erfindung möglichst schnell abzusenken, ist es daher von grundsätzlicher Bedeutung, die Belebtschlamm-Konzentration maximal hoch zu halten. Dies kann in erster Lesung bedeuten, in der Praxis in der Nachklär-Stufe abgetrennten Belebtschlamm möglichst vollständig in den - siehe oben, "möglichst" vorgezogenen - Belebungsprozess zurückzuführen. Um jedoch die dadurch verursachte hydraulische Belastung nicht zu stark ansteigen zu lassen, kann weiters auch der z.B. in Zeiten hoher Belastung angefallene Überschussschlamm aus einer Schlammstapel-Stufe bzw. aus einem von deren Vorratsbehältern in den "vorgezogenen" Belebungs-Prozess eingebracht werden.

Die so fortlaufend aufrechterhaltene, hohe Biomasse-Konzentration im Belebungsbecken bei gleichzeitig zumindest über längere Zeiträume und im Schnitt geringem Nährstoffangebot führen zu einer massiven Verringerung des Klärschlammanfalls durch biologischen Abbau von dessen Kohlenstoff bis zum Kohlenstoffdioxid.

Einen im Rahmen der Erfindung wesentlichen Faktor stellt die Kontaktzeit dar. Hierbei gilt, dass die Verweilzeit des Abwassers in einer Anlage nur so lange für die Reinigungswirkung von Bedeutung sein kann, solange das Abwasser dabei auch im Kontakt mit aktiver Biomasse steht.

Es ist in diesem Sinne ein besonders bevorzugtes Ziel der Erfindung, die Kontaktzeit in möglichst hohem Ausmaß zu verlängern und auszuweiten, und dies, wenn möglich, nicht nur auf die eigentliche Abwasserreinigungs-Anlage beschränkt. Zur Erreichung dieses Ziels kann in einem ersten Schritt dafür gesorgt werden, die Belebtschlamm-Reaktion nicht erst in einer Vor-Stufe der Anlage selbst, also z.B. in einem Selektor-Becken einzuleiten, sondern die Belebtschlamm- bzw. Rückführungsschlamm-Einbringung beispielsweise schon in die das zu entfrachtende Abwasser der Anlage zuführende Rohrleitung einzubringen.

In konsequenter Weiterverfolgung des der Erfindung zugrundeliegenden neuen Konzepts hat es als besonders vorteilhaft erwiesen, soweit wie irgendmöglich und abwassertechnologisch sinnvoll und gleichzeitig unter Vermeidung von hohem technischem und kostenmäßigem Aufwand, die einer nach dem Verfahren gemäß der Erfindung arbeitenden Abwasserreinigungs-Anlage vorgelagerte, abwassertechnische Infrastruktur für den erfindungsgemäß angestrebten und erfindungswesentlichen, möglichst frühzeitigen Beginn der Belebtschlamm-Reaktion heranzuziehen und zu nutzen.

Dementsprechend ist eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Abwasser-Reinigung gemäß Anspruch 2 besonders bevorzugt.

Die dort geoffenbarte, im Sinne der erfindungsgemäß angestrebten Effekte besonders vorteilhafte Einbeziehung der der Abwasserreinigungs-Anlage vorgelagerten Infrastruktur und der dorthin vorverlagerten biotechnischen Prozesse in das neue Verfahren führt - wie sich zeigte - zu einer weiteren wesentlichen Steigerung der durch das erfindungsgemäße Verfahren an sich schon in beachtlichem Ausmaß verbesserten Reinigungsleistung der unter dessen Einsatz betriebenen Abwasser-Anlagen und zu einer deutlichen Reduzierung der unter Umständen auftretenden Geruchsbelästigung derartiger Anlagen.

Die genannte Nutzung "vorgelagerter Bereiche" der Abwasserreinigungs-Anlage entspricht in hohem Maße der wesentlichen Hauptforderung der Erfindung, mit dem Eintrag von rückgeführtem

Schlamm bzw. Belebtschlamm zu einem anlagentechnisch möglichst frühen Zeitpunkt zu beginnen. Im günstigsten Extremfall kann dies - siehe oben - bereits am Anfallsort des Abwassers erfolgen. Der Beginn des biologischen Abbaues der Abwasser-Inhaltstoffe zu einem frühest möglichen Zeitpunkt bringt eine optimale Nutzung von vorhandenen zeitlichen Kapazitäten im Anlagen-Vorfeld. Sofern dies technisch möglich ist, geht die Erfindung so weit, dass eben bereits in die

Kanalisation, in vorhandene Rückhalte- und Sammelbecken, Pumpvorlagen oder Regenbecken Schlamm bzw. Belebtschlamm eingebracht wird.

Allgemein ist zur Leistungsfähigkeit des Belebtschlammes und seiner Zusammensetzung folgendes näher auszuführen:

Von größter Bedeutung für die Reinigungsleistung eines Abwasserreinigungs-Prozess ist die Zusammensetzung des Belebtschlammes. Der aktive Anteil der Schlammflocken ist durch lebende Mikroorganismen gebildet, die durch die Umgebungsverhältnisse einem entsprechenden Selektionsdruck ausgesetzt sind. Die Selektion der Organismen kann nun so gesteuert werden und wird bei erfindungsgemäß durchgeführter Betriebsweise so gesteuert, dass eine möglichst weitreichende Reinigungswirkung erzielt wird. Die Anforderungen an die Reinigungswirkung der Biomasse sind vielfältig, nicht zuletzt dadurch, dass auch bei geänderten, sich ändernden oder wechselnden Abwasser- und Umweltbedingungen die Reinigungsleistung im wesentlichen konstant bleiben sollte. Voraussetzung für diese geforderte Robustheit des Systems ist eine entsprechende Diversifizierung der vorhandenen Mikroorganismen. Diese kann nur gemäß der Erfindung erreicht werden, da gemäß derselben dafür gesorgt wird, dass die Verweilzeit der Bakterien und anderer Organismen möglichst hoch gehalten ist.

Auf dem Weg der erfindungsgemäß vorgesehenen, gezielt gesteuerten Schlammrückführung kann das angestrebte, möglichst hohe Schlammalter erreicht werden. Ein hohes Schlammalter führt auch zu einer Art "Erinnerungsvermögen" der Mikroorganismen an zurückliegende Abwasserereignisse. Im Belebtschlamm sind, wenn er ein höheres Alter erreicht hat, Stämme vorhanden, die auf eine Änderung der Bedingungen jeweils mit raschem Wachstum reagieren können.

Ein hohes Schlammalter bringt einen weiteren ganz wesentlichen Vorteil: Es bildet eine wesentliche Voraussetzung für eine effektive biologische Entfernung von Stickstoff. Eine Erhöhung des Schlammalters geht daher mit einer verbesserten Stickstoff-Entfrachtung einher und verbessert das Abwasser auch in Hinblick auf Ammonium- und Nitrat-Konzentration des Abwassers. Natürlich sind dazu Einrichtungen für einen Anlagenbetrieb zur Nitrifikation/Denitrifikation nötig.

Die Abtrennung des Belebtschlammes vom Wasser erfolgt letztlich durch Schwerkraft-Sedimentation in der Nachklär-Stufe. Von der Geschwindigkeit der Trennung hängt die mögliche Belebtschlamm-Beladung des Anlagenwassers ab. Die geforderte Verbesserung der Absetzeigenschaften der Belebtschlammflocken kann durch Beschwerung der Flocken und durch Änderung der Flockenbesiedlung erreicht werden.

Durch die infolge der Verweilzeit-Erhöhung gemäß der Erfindung erzielte, wie oben erwähnte, gerichtete Selektion und eine möglichst vielfältige bakterielle Besiedlung wird die Neigung zur Bildung von Blähschlamm infolge fädiger Bakterienstämme zurückgedrängt. Die unerwünschte Blähschlamm-Bildung stellt die Hauptursache für Schlammabtrieb und schlechtes Schlammabsetzverhalten dar.

Das erfindungsgemäße Verfahren, das eine wesentliche Erhöhung des Schlamm-Alters, insbesondere durch eine möglichst frühzeitige Rückführung von Schlämmen vorsieht, ist, wie sich zeigte, imstande, auch dieses Problem in den Griff zu bekommen.

Wie schon weiter oben kurz erläutert, hat es sich im Sinne der angestrebten "Vorverlegung" des Kontaktes zwischen zu entfrachtendem Abwasser und dessen Fracht und Belebtschlamm als günstig erwiesen, die Belebtschlamm-Reaktion zumindest in der Vor-Stufe der Abwasserreinigungs-Anlage beginnen und schon dort möglichst weitgehend ablaufen zu lassen. Hiefür kann - siehe Anspruch 3 - in vorteilhafter Weise ein entsprechendes Becken des Anlagen-Vorfeldes herangezogen werden.

Im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens kann es insbesondere zur konzertierten Abstimmung zwischen jeweiliger, gegebenenfalls schwankender, Qualität der zu eliminierenden Abwasser-Fracht und den innerhalb der in der Abwasserreinigungs-Anlage und weiters selbstverständlich auch innerhalb der dieser Anlage vorgelagerten bzw. vorgeschalteten Abwasser-Sammel- und -Transport-Infrastruktur günstig und/oder auch nötig sein, die Aktivitäten der Mikroorganismen zu unterstützen und/oder in eine erwünschte Richtung ihrer Reinigungsleistung zu lenken.

Hierzu sei insbesondere auf die Verfahrens-Ausführungsformen gemäß den Ansprüchen 4 und 5 verwiesen.

Was nun die verfahrensablauf-technisch günstige und auf die jeweiligen baulichen und technischen Gegebenheiten von Abwasserreinigungs-Anlagen und von deren ihnen vorgelagerten Abwasser-Systemen abgestimmte, konkrete Verfahrensführung gemäß der Erfindung betrifft, so sind hier verständlicherweise die Grenzen fließend und weit gesteckt.

Dennoch lässt sich aufgrund eingehender Untersuchungen allgemein feststellen, dass sich bei Einhaltung der im Anspruch 6 angegebenen Verhältnisse und Mengenflüsse im Sinne der oben eingehend erläuterten Vorteile und Effekte, eine hohe Reinigungsleistung und eine eklatante Reduktion der Mengen an anfallendem und zu entsorgendem Klärschlamm erzielen lassen.

Bei Zudosierung von gelagertem Schlamm, von Bakterien bzw. Mikroorganismen sowie von zur Spaltung schwierig zu verdauender Stoffe vorgesehener Enzyme in der dort genannten Weise oder unter besonderen Bedingungen kann die gewählte Zugabemenge dieser Stoffe bzw. das gewählte Volumen auch wesentlich weniger betragen als dem dort genannten Verhältnis von 10 zu 90 entspricht. Sie kann also wesentlich weniger als 10%, bezogen auf die Menge des befrachteten Abwassers, betragen.

Einen wesentlichen Vorteil des neuen Verfahrens stellt dessen Flexibilität bei Schwankungen bezüglich der Qualität und Menge der Abwasser-Befrachtung und insbesondere auch bezüglich der hydraulischen Belastung des Abwasser-Sammel-Transport- und -Reinigungs-Systems dar. Es ist ja im Sinne der Erfindung an sich geradezu so, dass eben diese Schwankungen und die im Hinblick darauf vorhandenen Überkapazitäten eben genutzt werden, um in Zeiten geringerer Belastung für die - oben im einleitenden Teil erläuterte - erfindungsgemäß angestrebte "Veratmung" von - ansonsten nur aufwendig entsorgbaren frischen und/oder (zwischen-)gelagerten Klärschlämmen Sorge zu tragen.

In diesem Sinne ist auf den Inhalt des Anspruch 7 zu verweisen, wobei die dort angegebenen hundert Prozent ein in der Praxis selten voll erreichbares Optimum darstellen.

Wie ebenfalls weiter oben eingehend erörtert, stellt die für das erfindungsgemäße Verfahren und dessen Ergebnisse wesentliche Erhöhung des Schlammalters einen tragenden Eckpfeiler dar. Dem Anspruch 8 sind Angaben zu entnehmen, wie dieses Ziel im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens günstig zu erreichen ist.

Keineswegs zuletzt stellt einen ganz wesentlichen Aspekt der vorliegenden Erfindung und der durch sie erreichbaren Effekte hoher Reinigungsleistung und wesentlicher Verringerung des Klärschlamm-Anfalls die Lösung der Problematik der Klärung selbst, also insbesondere des Absetzverhaltens der Schlämme und der infolge der oftmaligen Schlamm-Rückführung in demselben anwachsenden Mengen an Phosphor-Verbindungen, z.B. Phosphaten, dar.

Die Abwasserqualität wird durch den Anteil an absetzbaren Stoffen im Abwasser charakterisiert und durch eine verbesserte Abtrennung der Schlammflocken ebenfalls verbessert.

Durch Optimierung des Absetzverhaltens kann - wie ja erfindungsgemäß erwünscht - die Belebtschlamm-Konzentration im Anlagenwasser erheblich vergrößert werden. Leicht abbaubare organische Stoffe werden schnell aus dem Abwasser entfernt. Der entstehende Nährstoffmangel fördert das Wachstum von Organismen, die auch schwerer biologisch abbaubare Stoffe verwerten können. Die Reinigungsleistung wird daher auch in Bezug auf die Parameter BSB₅ und CSB verbessert. Gleichzeitig werden Mikroorganismen, denen diese Stoffe nicht zugänglich sind, veratmet und abgebaut. Es entsteht Kohlenstoffdioxid, der vorhandene organische Schlammanteil wird verringert.

Wie schon weiter oben ausgeführt, erfolgt die Abtrennung des Belebtschlammes durch Schwerkraft-Sedimentation in der Nachklär-Stufe. Von der Geschwindigkeit der Trennung hängt die mögliche Belebtschlamm-Beladung des Anlagenwassers ab. Die geforderte Verbesserung der Absetzeigenschaften der Belebtschlammflocken kann durch Beschwerung der Flocken und durch Änderung der Flockenbesiedlung erreicht werden.

Die Beschwerung der Flocken erfolgt einerseits durch die Erhöhung des anorganischen Anteils, bedingt durch den laufenden Abbau der organischen Biomasse, andererseits lässt sie sich durch Zugabe von Eisensalzen und/oder Kalkhydrat zur Phosphatfällung erreichen. Auch dadurch wird der anorganische Anteil erhöht.

Bezüglich der Entfernung der Phosphor-Verbindungen aus dem Abwasser ist folgendes festzuhalten:

Phosphor bildet im Gegensatz zu Kohlenstoff oder Stickstoff auf biologischem Wege keine flüchtigen Verbindungen und kann daher nicht biologisch eliminiert werden. Vorhandener Phosphor

kann nur umgewandelt werden und zwar entweder in schwerlösliche Verbindungen durch Zugabe von anorganischen Salzen oder in der Biomasse dadurch, dass der Phosphor von den Organismen aufgenommen wird.

Die bekannte, weitgehende biologische Phosphor-Entfernung ist eine Methode, die eine möglichst frühzeitige und vollständige Entfernung des Belebtschlamm aus dem Abwasser vorsieht. Damit wird auch der von den Organismen zum Wachstum benötigte Phosphor entfernt. Das führt aber zu einem maximalen Klärschlammanfall und ist im Sinne der erfindungsgemäß angestrebten gezielten Verringerung des Schlammanfalls völlig ungeeignet.

Eine Kombination der biologischen Phosphat-Entfernung mit dem gegenständlichen Verfahren gemäß der Erfindung ist, wie gefunden wurde, dann möglich, wenn das Phosphat durch Rücklösung und Fällung aus dem Klärschlamm entfernt wird und der so entstandene, bezüglich des Phosphor-Gehalts reduzierte Schlamm wieder in den Kreislauf innerhalb des Abwasser-Sammel- und -Reinigungs-Systems eingebracht werden kann.

In den meisten Anlagen wird das Phosphat durch chemische Fällung, also durch Umwandlung in unlösliche Substanzen, entfernt. Nahezu alle gängigen Fällungsmittel sind mit der Methode des gezielt gesteuerten Belebtschlammabbaus kombinierbar. Einige Grundsätze sind jedoch zu beachten:

- a) Stoffauswahl: Die eingesetzten Stoffe sollten über die Phosphatfällung hinaus keine unlöslichen Salze bilden, da dadurch der anorganische Anteil und damit letztlich der Klärschlammanfall steigt. Eine Ausnahme von dieser Empfehlung bildet allerdings das Eisen.
- b) Abwasserbedingungen: Der pH-Wert im Belebungsbecken sollte vorzugsweise etwa 7,7 bis 8,3 betragen. Durch Kombination von sauren und basischen Fällungsmitteln kann der pH-Wert sehr genau geregelt werden.
- c) Umweltaspekt: Die verwendeten Fällungsmittel sollten sich auch langfristig umweltneutral verhalten. Eisensalze und Kalkhydrat sind daher klar vorzuziehen.

Im Rahmen der Erfindung stellt eine auf den gerade genannten Grundsätzen aufbauende, optimierte Eisenfällung eine weitere, im Sinne der Erreichung hoher Reinigungsleistung vorteilhafte Variante der Verfahrensführung dar. In diesem Zusammenhang ist insbesondere auf die Ansprüche 9 und 10 zu verweisen.

Bei der Fällung von Phosphor bzw. Phosphaten mit Eisensalzen geht ein großer Teil des Eisens deswegen verloren, da sich neben Eisen-Phosphor-Salzen auch ebenfalls schwerlösliches Eisen(III)hydroxid bildet. Es muss daher immer - bezogen auf die tatsächlich zu fällende Phosphormenge - mit einem Eisen-Überschuss gearbeitet werden. Die im Rahmen der Erfindung vorgesehene Rückführung von gelagertem Überschuss- bzw. Stapelschlamm in den Belebungs-Prozess ermöglicht nun eine Rücklösung des Eisen(III)hydroxids und damit eine verbesserte Ausnutzung des zur Fällung eingesetzten Eisens.

Unter Sauerstoff-Mangelbedingungen sind Bakterien in der Lage, auch aus Metallen höherer Oxidationsstufen Stoffwechselenergie zu gewinnen. Dreiwertige Eisen-Verbindungen werden also bakteriell zu zweiwertigen Eisen-Verbindungen umgesetzt. Dieser Vorgang läuft bevorzugt an dem oben genannten, zu Fällungsmittel-Verlusten führenden Eisen(III)hydroxid ab; vorhandene Eisen(III)-Phosphor-Verbindungen werden, wie gefunden wurde, auf Grund des niedrigeren Löslichkeitsproduktes erst angegriffen, nachdem das Eisen(III)hydroxid verbraucht ist. Die bei der Reduktion des Eisen(III)hydroxids entstehenden zweiwertigen Eisenverbindungen werden mit dem Stapelschlamm in den Belebungs-Prozess und gegebenenfalls auch in das Abwasser-Sammel- und -Transport-System zurückgeführt. Sie reagieren mit dem angebotenen Sauerstoff zu dreiwertigem Eisen und stehen dann wieder für eine Fällung vorhandener Phosphate zur Verfügung.

Der Wirkungsgrad der eingebrachten Eisen-Verbindungen, also insbesondere sowohl von zwei- als auch von dreiwertigem Eisenchlorid lässt sich dadurch, dass Eisen nicht mehr in Form von Eisen(III)hydroxid verlorengelht, im Vergleich zur bisher bekannten und ausgeübten Verfahrensweise deutlich steigern.

Im Schlammstapel-Behälter herrschen im Allgemeinen anaerobe Bedingungen, unter welchen unter anderem die folgenden Vorgänge ablaufen:

- a) Es kommt zur Autolyse von Bakterien unter Nährstoffabgabe.
- b) Es tritt Hydrolyse von schwer- und unlöslichen organischen Substanzen durch anaerobe Bakterien ein.

c) Es findet die Reduktion von vorhandenem dreiwertigem zum zweiwertigen Eisen statt. Bei der Rückführung des teilweise umgesetzten Schlammes in den Selektor- bzw. Belebungsbe-
 5 reich werden die, wie unter a) und b) beschrieben, aufgeschlossenen Nährstoffe weiter verwertet und somit abgebaut. Rückgelöste Eisen-Verbindungen, die vom Einsatz von Eisensalzen als
 Fällungsmittel resultieren, werden durch den eingetragenen Sauerstoff zur dreiwertigen Form
 10 oxidiert und stehen - siehe oben - in dieser Form wieder für die Phosphat-Fällung zur Verfügung. Das Verhältnis zwischen gebildetem, nicht mehr für die Phosphat-Fällung verfügbarem Ei-
 sen(III)hydroxid zum Eisen(III)phosphat wird dadurch langfristig deutlich verbessert, was durchaus
 beachtliche Einsparungen bei den Aufwendungen für die Fällungsmittel und insbesondere für die
 Eisen(III)-Salze mit sich bringt.

Wie ebenfalls weiter oben schon erwähnt, werden erfolgreiche fakultative Bakterienstämme
 durch die erfindungsgemäß vorgesehene, massive Schlamm-Rückführung begünstigt, was sich
 letztlich deutlich positiv auf den Stickstoffabbau auswirkt.

Schließlich hat sich beim erfindungsgemäßen Verfahren die Einhaltung der pH-Verhältnisse
 15 gemäß Anspruch 11 als für den neuartigen Gesamtprozess und für dessen - bezüglich des
 gereinigten Abwassers und der in wesentlichem Ausmaß, gegebenenfalls bis zur Nullmenge,
 reduzierten Anfalls von extern zu entsorgendem Klärschlamm - unerwartet positiven Ergebnissen
 besonders vorteilhaft erwiesen.

Insgesamt seien an dieser Stelle die wesentlichen Charakteristika des neuen Abwasserreini-
 20 gungs-Verfahrens und die bei dessen Einsatz erzielbaren Vorteile zusammengefasst:

- a) Einen wesentlichen Bestandteil des Verfahrens bildet die gezielt gesteuerte Schlammrück-
 25 führung. Integraler Bestandteil ist dabei neben einer laufenden Rückführung von Be-
 lebtschlamm aus der Nachklärung, insbesondere die Rückführung von (zwi-
 schen)gespeichertem Schlamm aus dem Schlammstapel-Behälter in Zeiten geringerer Be-
 lastung der Anlage, u.zw., wenn möglich, auch in die der Anlage vorgelagerten Bereiche,
 also insbesondere in das Abwasser-Sammel- und -Transport-System hinein.
- b) Durch den Einsatz des erfindungsgemäßen Verfahrens läßt sich die Qualität des die An-
 lage verlassenden Abwassers deutlich verbessern, wobei dafür ein synergistisches Zusam-
 30 menwirken zugunsten der die Wasserqualität bestimmenden Parameter verantwortlich ist,
 wie im folgenden kurz zusammengefaßt:
- c) Absetzbare und abfiltrierbare Stoffe: Durch mikrobiologische Selektion und Beschwerung
 der Belebtschlammflocken, sowie durch laufende Fällung auch mit, siehe oben, rückge-
 wonnenem und rückgeführtem Eisen wird die Blähschlamm-Bildung verhindert und es wer-
 den Flockenbildung und Schlamm-Absetzung gefördert.
- 35 d) pH-Wert: Der pH-Wert wird zur Verfahrensoptimierung günstigerweise auf ca. 7,7 bis 8,3
 eingestellt und gehalten.
- e) Sichttiefe NKB: Durch verbesserte Flockenbildung wird die Sichttiefe erhöht.
- f) BSB₅: Durch die erfindungsgemäße, massive Erhöhung der Belebtschlamm-Konzentration
 im Prozess und durch verbesserte Nährstoffverwertung wird der Gehalt an biologisch ab-
 40 baubaren Stoffen deutlich verringert.
- g) CSB: Durch eine infolge der Erhöhung des Schlammalters erreichbare, gezielte Selektion
 und Förderung von Bakterienstämmen, die auch schwer abbaubare Substanzen verwerten
 können, wird der CSB-Wert im Abwasser in vorteilhafter Weise gesenkt.
- 45 h) Ammonium/Nitrat: Das erfindungsgemäß einzustellende, hohe Schlammalter und die da-
 durch bedingte Selektion fördern weiters die Nitrifikation und Denitrifikation.
- i) Phosphor: Vorhandenes Phosphat wird durch Fällung abgetrennt und im Schlamm ange-
 reichert. Bei Verwendung von Eisensalzen zur Phosphatfällung kommt es durch die oben
 erläuterte anaerobe Reduktion des Eisens zu einem verbesserten Fällungswirkungsgrad
 und zur Vermeidung von Verlusten an Eisen infolge Bildung von Eisen(III)hydroxid.

50 Das erfindungsgemäße Verfahren ist so gestaltet, dass es auf allen Abwasserreinigungs-
 Anlagen eingesetzt werden kann, die zeitlich eine Überkapazität, zumindest bezogen auf den
 Kohlenstoff-Abbau, aufweisen. Das sind insbesondere alle Anlagen mit biologischer Stickstoff-
 Entfernung und alle Anlagen, die nicht älter als fünf Jahre sind. In der Praxis existiert jedoch eine
 55 Reihe von Abwasserreinigungs-Anlagen, die oft zu weniger als bloß zur Hälfte ausgelastet sind.
 Auf allen diesen Anlagen ist es durch Einsatz des erfindungsgemäßen Verfahrens möglich, die

anfallende Menge an Klärschlamm massiv zu verringern, unter optimalen Umständen um bis zu 80% im Vergleich zur konventionellen Verfahrensweise. Die anlagentechnischen Erfordernisse bezüglich Umbauten od.dgl. sind geringfügig, in vielen Fällen können sie sich auf Änderung der Fahrweise der Anlage beschränken. Die - in der im folgenden noch zu erläuternden Fig. 1 gezeigten - Anlagen-Bestandteile sind in nahezu allen bekannten und in Gebrauch stehenden Anlagen vorhanden.

Schließlich ist noch zu betonen, dass das neue Verfahren keineswegs auf den Einsatz in Belebungs-Anlagen für kommunales Abwasser beschränkt, sondern überall dort vorteilhaft anwendbar ist, wo organische Abwasser-Bestandteile biologisch entfernt werden und dadurch biologische Schlämme anfallen, wie z.B. in Abwässern der Lebensmittel-, Nahrungsmittel- und Getränke-Industrie.

Das folgende Beispiel zeigt die bei Einsatz des erfindungsgemäßen Verfahrens erzielbaren Vorteile deutlich:

Beispiel:

Eine Abwasserreinigungs-Anlage für kommunales Abwasser mit einer Nennkapazität von ca. 1500 EGW und einer mittleren Belastung von 300 EGW bis 600 EGW wurde über einen Zeitraum von drei Jahren von Anfang 1997 bis Ende 1999 nach dem gegenständlichen Verfahren betrieben. Die Anlage war im Jahr 1994 in Betrieb genommen worden, bis Ende des Jahres 1996 mussten insgesamt 155 m³ Überschuss-Schlamm aus dem Schlammstapel-Behälter entsorgt werden.

Nach der Umstellung der Anlage auf das neue Verfahren mit Schlamm-Rückführung musste in den darauffolgenden Jahren nicht nur kein Klärschlamm mehr entsorgt werden, sondern im Gegenteil, es konnte der Schlammstapel-Behälter, der zum Jahresanfang 1997 bereits zu etwa 30% gefüllt war, durch die Schlamm-Rückführung praktisch entleert werden. Entsorgt werden mussten lediglich insgesamt 16 m³ mit Belebtschlamm angereicherte Schwimmstoffe.

Somit ergab sich eine Verringerung des Schlammfalls um mehr als 80 %. Gleichzeitig konnten im selben Zeitraum alle beobachteten Kennwerte des die Anlage verlassenden Abwassers im Vergleich zu den vorangegangenen Jahren deutlich verbessert werden.

Das Balken-Diagramm der noch folgenden Fig. 2 veranschaulicht dies anhand der wesentlichen Ablauf-Kennwerte.

Anhand der Zeichnung wird die Erfindung näher erläutert:

Es zeigen die Fig. 1 das Schema einer Abwasser-Anlage, welche nach dem erfindungsgemäßen Verfahren arbeitet und die Fig. 2 -wie gerade erwähnt- in Form eines Balkenschemas einen Vergleich der Ergebnisse einer konventionell arbeitenden Abwasserreinigungs-Anlage mit jenen der gleichen Anlage, wenn sie nach dem erfindungsgemäßen Verfahren betrieben wird.

Die Fig. 1 zeigt, wie über eine Leitung 34 aus einer - einer Abwasseranlage 001 vorgelagerten Abwasser-Sammel- und -Transport-Infrastruktur 002 kommendes Abwasser aw in eine als belüftetes Selektor-Becken ausgebildete Vor-Stufe 4 eingebracht wird, in welcher sich dann Abwasser bs befindet. Von der Vor-Stufe 4, in welcher ein möglichst hoher Abbau von kohlenstofforganischen Verbindungen erfolgen soll, gelangt das Abwasser-Belebtschlamm -Gemisch aw/bs über eine Leitung 45 in die, meist mehrere hintereinander oder parallel geschaltete Becken umfassende Belebungs-Stufe 5, in welcher es zum weiteren Abbau von organischer Substanz unter gleichzeitigem Wachstum der Mikroorganismen und somit zu einem Ansteigen der Menge an Belebtschlamm kommt. Nach Durchlaufen der Belebungs-Stufe 5 bei einer möglichst langen Verweilzeit des Belebtschlammes bs in derselben gelangt das Abwasser-Belebtschlamm-Gemisch aw/bs über eine Leitung 56 in die Nachklär-Stufe 6, in welcher eine Trennung in Nachklärschlamm ns und überstehendes gereinigtes Abwasser erfolgt, welches letzteres über eine Leitung 69 abgeführt in einen Vorfluter eingebracht und an die Umwelt abgegeben werden kann.

Der sich in der Nachklär-Stufe 6 absetzende Nachklärschlamm ns gelangt über eine Leitung 67 in die Schlammstapel-Stufe 7, in welcher er zwischengelagert oder aber gelagert wird. Bei entsprechender Füllung der Stapelbehälter der Schlammstapel-Stufe 7 wird der Schlamm ss über eine Abführung 79 ausgetragen und einer entsprechenden Entsorgung oder nach Aufarbeitung einer Verwertung, beispielsweise durch Aufbringen auf Agrarflächen od.dgl. zugeführt. Innerhalb der Stufen 4 bis 7 der Abwasserreinigungs-Anlage 001 verläuft eine weitere Reihe von Leitungen, welche für das erfindungsgemäße Ziel der Erreichung hoher Verweilzeiten des Schlammes im Verfahren, einer flexiblen Anpassung der Mikroorganismen an die im Abwasser befindlichen Stoffe

und der Erreichung eines hohen Schlammalters durch oftmalige Kreisführung des Schlammes bzw. der Schlämme bs, ns und ss herangezogen werden. So wird beispielsweise aus der Belebungs-Stufe 5 über eine Leitung 54 Belebtschlamm-Abwasser-Gemisch aw/bs in die Vor-Stufe 4 zurückgeführt. Von der Nachklär-Stufe 6 gehen dementsprechend eine Leitung 65 für den Rücktransport von Nachklärschlamm ns aus der Nachklär-Stufe 6 zurück in die Belebungsstufe 5 und eine weitere Leitung 64 zur Rückführung von Nachklärschlamm ns in die Vor-Stufe 4 aus. Die genannten Leitungen können selbstverständlich teilweise identisch sein. In analoger Weise wird mit Hilfe der Rückführ-Leitungen 75 und 74 dafür gesorgt, dass Stapelschlamm ss aus der Schlammstapel-Stufe 7 einerseits in die Belebungsstufe 5 und andererseits in die derselben vorgeschaltete Vor-Stufe 4 rückführbar ist. Alle diese Rückführungen sowie die weiter unten noch angeführten Leitungen und Rückführungen sind mit den in der Abwasserbehandlungs-Technik üblichen technischen Mitteln zur Einstellung, Regulierung und Steuerung von Mengenströmen ausgestattet.

Die in der Fig. 1 gezeigte Abwasserreinigungs-Anlage ist weiters noch mit einem Vorrats-Behälter 82 und einer von diesem ausgehenden Leitung 824 ausgebildet, aus welchem Behälter 82 in denselben eingebrachter Belebtschlamm bs, Nachklärschlamm ns oder Stapelschlamm ss, im allgemeinen hier nur mit "Schlamm" bezeichnet, weiters selektionierte Bakterien bzw. Mikroorganismen b sowie zur Spaltung schwierig zu verdauender Stoffe vorgesehene Enzyme e in die in die Vor-Stufe 4 einmündende Abwasser-Zuleitung 34 eingebracht werden können. Des Weiteren weist die Anlage 001 eine Mehrzahl von weiteren Vorrats-Behältern 83 und 84 auf, aus denen über entsprechende Leitungen 835, 845 ein erstes Fällungsmittel fm1 und ein zweites Fällungsmittel fm2, z.B. Eisen(III)chlorid und Calciumhydroxid, in die Belebungsstufe 5 eingebracht werden können und dort einerseits zur Phosphatfällung und andererseits zur Einstellung des für den Verfahrenserfolg günstigsten pH-Wertes dienen.

Wie bei der Beschreibung der Erfindung eingehend erläutert, besteht eine besonders bevorzugte Ausführungsvariante der Erfindung darin, die zur Reinigung des zu entfrachtenden Abwassers dienenden Prozesse nicht auf die Abwasserreinigungs-Anlage 001 allein zu beschränken, sondern - um insbesondere einen möglichst frühzeitigen Beginn der Belebtschlamm-Reaktion herbeizuführen - das der Abwasserreinigungs-Anlage 001 vorgelagerte Abwasser-Sammel- und/oder -Transport-System 002 in das Verfahren miteinzubeziehen und für dessen Vernetzung mit der Abwasserreinigungs-Anlage 001 Sorge zu tragen. Dementsprechend ist eine größere Anzahl von Rückführungen für Schlämme aus der Abwasserreinigungs-Anlage 001 an verschiedene Stellen bzw. in verschiedenen Becken der Abwasser-Sammel- und -Transport-Infrastruktur 002 vorgesehen. Im günstigsten Fall hat die genannte Abwasser-Infrastruktur 002 ihren Ausgangspunkt gleich an einer Abwasseranfall-Stelle 1 bzw. an mehreren solchen Abwasser-Anfallstellen 1', 1", wie z.B. Fäkalien-Entsorgungsanlagen, Sammelbecken von organische Verbindungen an die Umwelt abgebenden Gewerbe- oder Industriebetrieben od.dgl.

Von den genannten Anfallstellen 1, 1', 1" gelangt das Abwasser aw über Leitungen 12', 12" und Sammelleitung 12, im hier gezeigten Fall in ein z.B. einer Pumpstation zugeordneten Zwischenbecken 2, von wo aus das dort eventuell zwischengeparkte Abwasser über eine Leitung 23 in ein, gegebenenfalls mit Belüftungs-Einrichtung ausgestattetes, Ausgleichs- bzw. Regenbecken 3 eingebracht wird. Letztlich gelangt das Abwasser über die Leitung 34, wie schon vorher im Zusammenhang mit der Erläuterung der Abwasserreinigung-Anlage 001 beschrieben, in deren Selektor- bzw. Vor-Stufe 4.

Es ist in der Fig. 1 weiters gezeigt, wie im Sinne der erfindungsgemäß vorgesehenen, möglichst frühzeitigen Initiierung der Belebtschlamm-Reaktion, beispielsweise Belebtschlamm bs bzw. Belebtschlamm-Abwasser-Gemisch aw/bs aus der Belebungsstufe 5 über eine Leitung 53 direkt in das, insbesondere zum Ausgleich von Extrem-Ereignissen dienende, wie schon oben erwähnt, gegebenenfalls mit Belüftungseinrichtung versehene, Regenbecken 3 eingebracht wird und schon dort, also zeitlich wesentlich früher als erst in der Abwasserreinigungs-Anlage 001 selbst, auf diese Weise die Belebtschlamm-Reaktion eingeleitet werden kann. Weiters ist gezeigt, dass die Abwasser-Sammel-Infrastruktur 002 in der dargestellten Form einen eigenen Vorrats-Behälter 682 aufweist, von welchem jeweils - im günstigsten Fall sogar bis zur Abwasser-Anfallstelle 1 über eine Leitung 6821 - oder aber in das Zwischenbecken 2 über eine derartige Leitung 6822 und/oder selbstverständlich in das Regenbecken 3 über eine Leitung 6823 Schlamm aus der Anlage 001 zugeführt werden kann. Der Behälter 682 kann aber auch für die Zuführung von, wie schon oben

erläuterten, selektionierten auf spezielle Aufgaben hin abgestimmten Mikroorganismenstämmen bzw. Bakterien b und von die Spaltung schwer abbaubarer Substanzen im Abwasser fördernden Enzymen e benutzt werden.

Was nun die schon vorher erwähnten im Vorratsbehälter 682 zu sammelnden Schlämme betrifft, kann es sich hierbei um Schlämme aus den schon oben erläuterten Stufen 4 bis 7 der Abwasserreinigungs-Anlage 001 handeln, wobei der Belebtschlamm bs aus der Vor-Stufe 4 über eine Leitung 4682 und jener aus der Stufe 5 über eine Leitung 5682 zugeführt werden kann. Des Weiteren kann Nachklärslamm ns aus der Nachklär-Stufe 6 über einen Transportweg 6682 und Stapelschlamm ss aus der Schlammstapel-Stufe 7 über einen Transportweg 7682 dem Behälter 682 innerhalb der Abwasser-Sammel- und -Transport-Infrastruktur 002 zugeführt werden. Unter "Transportweg" können Rohrleitungen, es kann aber auch eine Verfrachtung, z.B. mittels Bahn oder LKW, darunter verstanden werden. Derartige Transportwege u. U. können auch an die Stelle der schon vorerwähnten Leitungen 4682 und 5682 aus den Stufen 4 und 5 des Belebungs-Prozesses in der Abwasserreinigungs-Anlage 001 in den Vorratsbehälter 682 treten.

Eingezeichnet ist in der Fig. 1 noch die, wie schon vorher erwähnte, Schlamm-Rückführung über eine mit der Leitung 6682 über eine gewisse Strecke idente Leitung 682 aus der Nachklär-Stufe 6 und über einen mit dem Transportweg 7682 teil-identen Transportweg 782 in den schon vorerwähnten Vorratsbehälter 82 der Anlage 001 erfolgen kann.

Schließlich ist noch zu erwähnen, dass die beiden hier getrennten Vorratsbehälter 82 und 682 für die Aufnahme von Schlamm s und/oder Enzymen e und/oder selektionierten Bakterienkulturen b miteinander identisch sein können.

Die Fig. 2 zeigt deutlich, wie in den ersten drei Betriebsjahren 1994, 1995 und 1996 der im Beispiel beschriebenen Abwasserreinigungs-Anlage die Kennwerte des von dieser Anlage an die Umwelt abgegebenen gereinigten Abwassers wesentlich höhere Gehalte an CSB-, BSB-Substanzen, Stickstoff und Phosphor aufweisen, im Vergleich zu den Ablaufkennwerten, welche in den Jahren 1997 bis 1999 erreicht wurden, in welchen erfindungsgemäß verfahren wurde. Bezüglich der Mengen an zu entsorgendem Schlamm zeigt die Fig. 2 für die Jahre 1994, 1995 und 1996 Werte im Bereich von jeweils etwa 50 m³, während im Jahr 1999 und in den beiden vorangegangenen Jahren 1997 und 1998 insgesamt nur 16 m³ Schlamm zu entsorgen waren.

PATENTANSPRÜCHE:

- Verfahren zur Entfrachtung von kommunalen und/oder von organische Verbindungen enthaltenden, gewerblich-industriellen Abwässern in - mit Befrachtungs-Bewältigungs-Überkapazität für Schwankungen der Befrachtung der Abwässer bzw. für Maximal-Befrachtungs-Ereignisse, insbesondere bezüglich der Belastung mit kohlenstofforganischen Stoffen, ausgestatteten Abwasserreinigungs-Anlagen (001), wobei innerhalb einer derartigen Anlage, das
 - von den Abwasser-Anfallstellen (1), beispielsweise Haushalten, Gewerbe- und Industriebetrieben, abgegebene, über ein Abwasser-(Sammel-)System (002) mit Leitungen und Sammelleitungen (12), Pumpstationen, Zwischen-, Sammel(2)-, Ausgleichs- und/oder belüfteten oder unbelüfteten Regen-Becken (3), der Abwasser-Reinigungs-Anlage (001) zugeführte, zu entfrachtende Abwasser (aw)
 - bevorzugterweise über eine Selektor- bzw. Vor-Stufe (4), in eine, bevorzugt mehrstufige, Belebungs-Stufe (5) eingebracht wird, von wo aus das sich dort bildende Belebtschlamm/Abwasser-Gemisch (aw/bs) in eine, bevorzugt mehrstufige, Nachklär-Stufe (6) mit mindestens einem Ablauf (69) für entfrachtetes Abwasser (ea) eingebracht wird, wobei von der Nachklär-Stufe (6) aus, der sich dort absetzende Nachklärslamm (ns) in eine Schlammstapel-Stufe (7) mit Abführung (79) für Stapel- bzw. Roh-Schlamm (ss) eingebracht wird, und zumindest eine gegebenenfalls vollständige Rückführung (64, 65) für Nachklär-Belebtschlamm (ns) aus der Nachklär-Stufe (6) in die Selektor(4)- und/oder Belebungs-Stufe (5) und eine Regelung bzw. Erhöhung der Verweilzeit des Schlammes dort selbst vorgesehen sind,
 - dadurch gekennzeichnet,
 - dass im in die Selektor- bzw. Vor-Stufe (4) und/oder in die Belebungs-Stufe (5) ohne Vor- bzw. Zwischenschaltung einer Anaerob-Stufe zugeführten bzw. dort befindlichen Abwasser

- (aw) - zusätzlich zu den in demselben schon enthaltenen Befruchtungs-Stoffen - durch Einbringung von aus der Nachklär-Stufe (5) und/oder Schlammstapel-Stufe (6) rückgeführten und keiner vorherigen Zellwand-Aufschlussbehandlung unterzogenem Schlamm (ns, ss) eine die Belebtschlamm-Konzentration auf hohem bzw. maximalem Niveau haltende Steigerung der Menge der leicht-abbaubaren Stoffe herbeigeführt und die Belebtschlamm-Reaktion, insbesondere hinsichtlich des Abbaus von kohlenstoff-organischen Substanzen bis zu einem hohen Abbaugrad vorangetrieben wird,
 5 dass weiters
- in der Vor-Stufe (4) und in der Belebungs-Stufe (5) unter hoher, gegebenenfalls maximaler, Nutzung des über den durchschnittlichen Normalbetriebs-Kapazitätsbedarf hinausgehenden Spielraums an Belebungsstufen-Überkapazität, insbesondere bezüglich des Becken-Gesamtvolumens der Selektor- bzw. Vor(4)- und/oder Belebungs-Stufe (5), die Verweilzeit des Abwasser/Belebtschlamm-Gemisches (aw/bs) erhöht bzw. der jeweiligen Art der Befruchtung des in die Anlage (001) einlaufenden Abwassers (aw) entsprechend, maximiert wird,
 10 und dass weiters
 - das mittlere Alter des innerhalb der Anlage (001) befindlichen, von Stufe zu Stufe bewegten und rückgeführten Schlamms (bs, ns, ss) bzw. von dessen Flocken durch die oben erwähnte Erhöhung bzw. Maximierung von dessen mittlerer Verweilzeit in der Selektor(4)- und/oder Belebungs-Stufe (5) und/oder
 15 - durch oftmalige Rückführung von Belebtschlamm/Abwasser-Gemisch (aw/bs) aus der Belebungs-Stufe (5) und/oder von Nachklär-Schlamm (ns) aus der Nachklär-Stufe (6) in die Selektor-Stufe (4) und/oder Belebungs-Stufe (5) und/oder
 20 - besonders bevorzugt durch Rückführung von Stapel- bzw. Roh-Schlamm (ss) aus der Schlammstapel-Stufe (7) in die Selektor- bzw. Vor(4)- und/oder Belebungs-Stufe (5)
 25 - im Vergleich zum mittleren Schlammalter bzw. Schlammflockenalter in bisher üblichen Abwasserreinigungs-Anlagen - um mindestens 20%, insbesondere um 100% bis mehrere hundert Prozent - und gegebenenfalls auf praktisch "Unendlich" erhöht wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
- insbesondere zur Steigerung der Zeit des Kontaktes zwischen Schlamm (bs, ns, ss) und Abwasser und/oder des Schlammalters für ein möglichst frühzeitiges Einleiten, Fortschreiten und Vortreiben des Abbaus der Befruchtungs-Stoffe im Abwasser durch die Belebtschlamm-Reaktion gesorgt wird, indem
 30 - zusätzlich zur internen Schlamm-Rückführung innerhalb der Abwasserreinigungs-Anlage (001) bzw. innerhalb des Verfahrens über den Bereich der Anlage (001) hinaus
 35 - eine externe Schlamm-Rückführung in - der Anlage (001) vorgelagerte - Bereiche, insbesondere in das derselben vorgelagerte Abwasser-(Sammel-) und -Transport-System (002) vorgenommen wird,
 40 - indem aus der Nachklär-Stufe (6) und/oder aus der Schlammstapel-Stufe (7) ausgetragener Schlamm (ns) und/oder (ss) sowie gegebenenfalls Belebtschlamm(bs) aus der Selektor(4)- und/oder Belebungsstufe (5), an - den Abwasser-Anfallstellen (1) möglichst nahen Stellen des Abwasser-(Sammel-)Systems (002) in das Abwasser eingebracht wird bzw. werden und zwar - insbesondere im Falle von organische Stoffe enthaltende Abwässer generierenden Betrieben - direkt an den bzw. in die Abwasser-Anfallstellen (1) selbst
 45 und/oder in die von dort ausgehenden einzelnen Abführungsleitungen und/oder in die nach Bündelung derselben gebildeten Sammel-Abführleitungen (12, 12', 12'') und/oder in
 - innerhalb des Abwasser-(Sammel-)Systems (002) befindlichen und dessen Bestandteile bildenden Zwischen- und/oder Sammelbecken (2), beispielsweise von Pumpstationen, und/oder in derartige Ausgleichs- bzw. Regenbecken (3) sowie gegebenenfalls in zumindest eine der von Becken (2) zu Becken (3) und/oder in die zur Abwasser-Reinigungsanlage (001) selbst führenden Abwasser-Leitungen (23, 24) eingebracht wird.
 50
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Selektor-bzw. Vor-Stufe (4) eine herkömmliche Vorklär-Stufe (4) mit mindestens einem Vorklär-Becken, welches mit einer Abwasser/Belebtschlamm-Belüftungs-Einrichtung ausgestattet ist, oder ein belüfteter Schwimmstoffabscheider oder ein belüftetes Regenbecken oder ein sonstiges belüftetes
 55

- Becken eingesetzt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Selektor- bzw. Vor-Stufe (4), bzw. dem derselben zugeführten befrachteten Abwasser (aw) noch vor dessen Eintritt in die genannte Vor-Stufe (4) rückgeführter Schlamm (bs, ns, ss, s) und/oder für selektiven Abbau organischer Stoffe adaptierte Bakterien (b) und/oder die Spaltung und den Abbau schwer abbaubarer Stoffe fördernde Enzyme (e), beispielsweise aus einem dafür vorgesehenen Vorratsbehälter (82), zugeführt wird bzw. werden.
 5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich Schlamm (bs, ns, ss, s) und/oder für selektiven Abbau organischer Stoffe adaptierte Bakterien (b) und/oder den Abbau schwer abbaubarer Stoffe fördernde Enzyme (e), beispielsweise aus einem, gegebenenfalls mit dem Vorratsbehälter (82) identischen, Vorratsbehälter (682), in das der Abwasserreinigungs-Anlage (001) vorgelagerte Abwasser-(Sammel-)System (002), insbesondere in die Abwasser-Anfallstelle (1) und/oder in eines von deren Sammel- bzw. Zwischenbecken (2) und/oder in eines von deren, gegebenenfalls belüfteten, Regenbecken (3) und/oder in die Leitungen (12, 23, 34) zwischen den genannten Stellen und Becken eingebracht wird.
 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass ein Verhältnis der Menge bzw. des Volumens von -der Selektor- bzw. Vor-Stufe (4) und/oder dem vorgelagerten Abwasser-(Sammel-)System (002), insbesondere in eines der der Abwasserreinigungs-Anlage (001) nahen Becken (3) und/oder (2) zugeführten- aus deren Haupt-Stufe (5) stammenden Rückführungs-Belebtschlamm/Abwasser-Gemisches (-Belebtwasser) (aw/bs) zur Menge bzw. zum Volumen des der genannten Vor-Stufe (4, 3, 2) zugeführten befrachteten Abwassers (aw) von (10 bis 90) : (90 bis 10), insbesondere von (40 bis 60) : (60 bis 40), eingestellt wird, wobei die Summe der beiden jeweils gewählten Mengen bzw. Volumina 100 beträgt.
 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass zeitweise, insbesondere in Zeiten geringer hydraulischer Belastung, das Verhältnis zwischen der Menge des in die Stufen vor der Nachklär-Stufe (6) und/oder in das vorgelagerte Abwasser-Sammel- und -Transport-System (002) eingebrachten Nachklär-Schlamm (ns) und der Menge des in die Schlammstapel-Stufe (7) eingebrachten Nachklär-Schlamm (ns), also das Rücklaufverhältnis, auf maximal 85 %, bevorzugtenfalls auf 100 %, gesteigert wird.
 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass im Rückführungs-Kreislauf des Belebtschlamm/Abwasser-Gemisches bzw. Belebtschwassers (aw/bs) aus der Belebungs-Stufe (5) in die Selektor- bzw. Vor-Stufe (4) und/oder bei der Rückführung von Nachklär-Belebtschlamm (ns) aus der Nachklär-Stufe (6) in die Vor(4)- und/oder Belebungs-Stufe (5) und/oder von Stapel-Schlamm (ss) aus der Schlammstapel-Stufe (7) dorthin - für den Fall von bei herkömmlicher Verfahrensweise bisher eingehaltenen diskreten Werten des (Belebt)Schlamm-Rücklaufes innerhalb eines Bereiches zwischen minimal 2 und maximal 20 Zyklen - der genannte Rücklauf auf entsprechende, zumindest um zwischen 100 % und 10 % angehobene, diskrete Werte im Bereich zwischen 5 und 100 Zyklen eingestellt wird.
 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass es für eine Reduktion bzw. Eliminierung von Phosphat(en) aus dem Abwasser (aw), dessen bzw. deren Fällung auf chemischem Wege, insbesondere mittels Eisen(III)chlorid (fm 1) oder Calciumhydroxid (fm 2), umfasst, wobei die genannten Phosphat-Fällungsmittel (fm 1, fm 2), bevorzugterweise in die Selektor- (4) und/oder Belebungs-Stufe (5) eingebracht werden.
 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass durch die Rückführung von Nachklär (ns)- und/oder Stapel-Schlamm (ss) in die Vor-Stufe (4) und/oder in die Belebungsstufe (5) und/oder in das vorgelagerte Abwasser-(Sammel-)System (002) das - bei der Zugabe von als Fällungsmittel für Phosphor-Verbindungen bzw. Phosphate vorgesehenem Eisen(III)Salz (fm1) als Nebenprodukt sich bildende und somit für die genannte Phosphor/Phosphat-Fällung nicht verfügbare, sich im Schlamm (ss) befindliche- Eisen(III)hydroxid im Nachklär-Schlamm (ns) und insbesondere im dem anaeroben Abbau unterliegenden Stapelschlamm (ss) durch Reduktion in lösliche Eisen(II)-Salze bzw. -Verbindungen umgewandelt wird und als solche wieder als in einer

für eine Phosphor/Phosphat-Fällung geeigneten Form vorliegendes Eisen in den Anlagen-Kreislauf zurückgeführt wird.

- 5 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass jeweils durch entsprechende Zugaben von sauren bzw. basischen Fällungsmitteln, insbesondere von Eisen(III)chlorid bzw. Calciumhydroxid, der pH-Wert zumindest in der Vor-Stufe (4) und in der Belebungsstufe (5) auf 7,7 bis 8,3 gehalten wird.

10 **HIEZU 2 BLATT ZEICHNUNGEN**

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

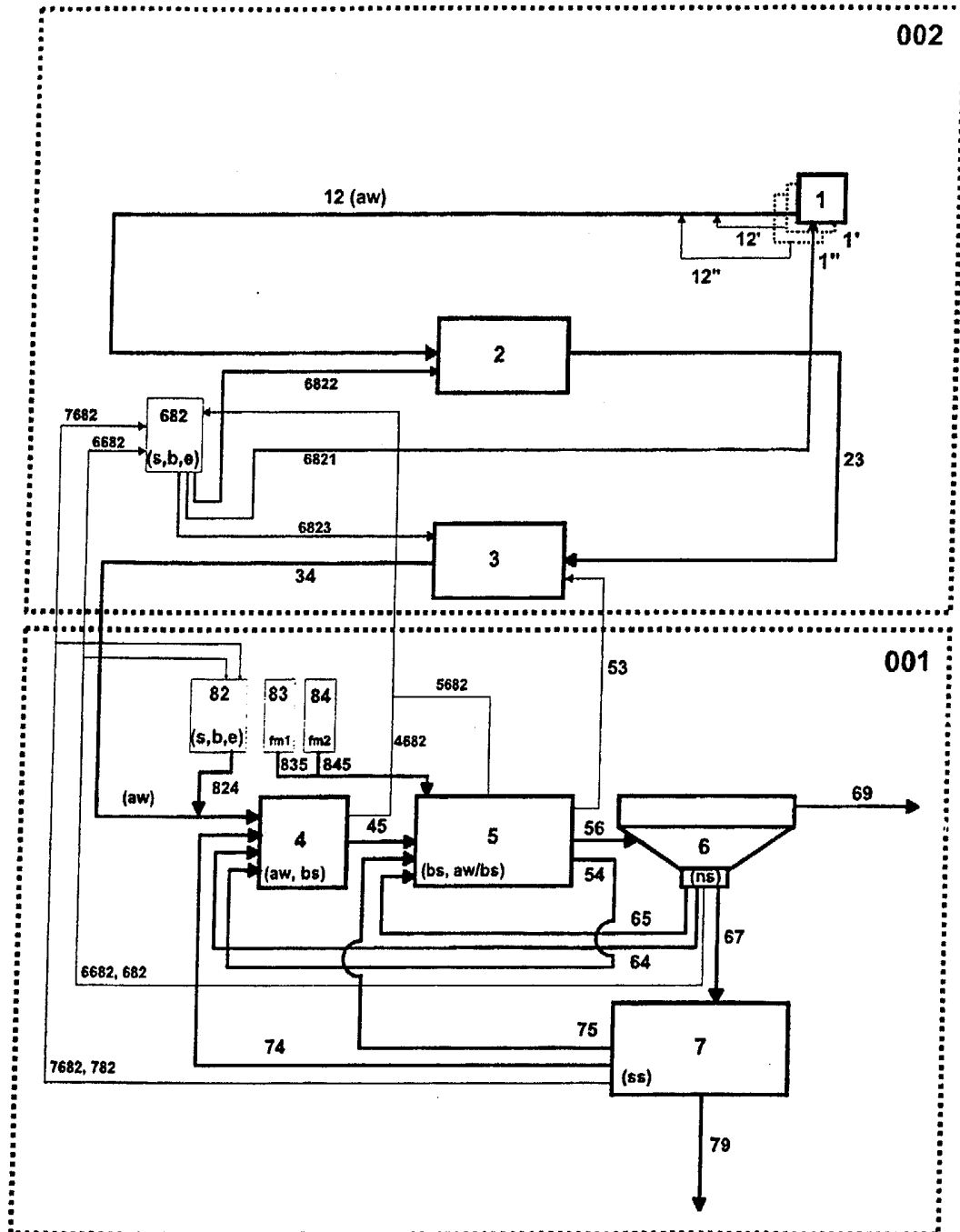


Fig. 1

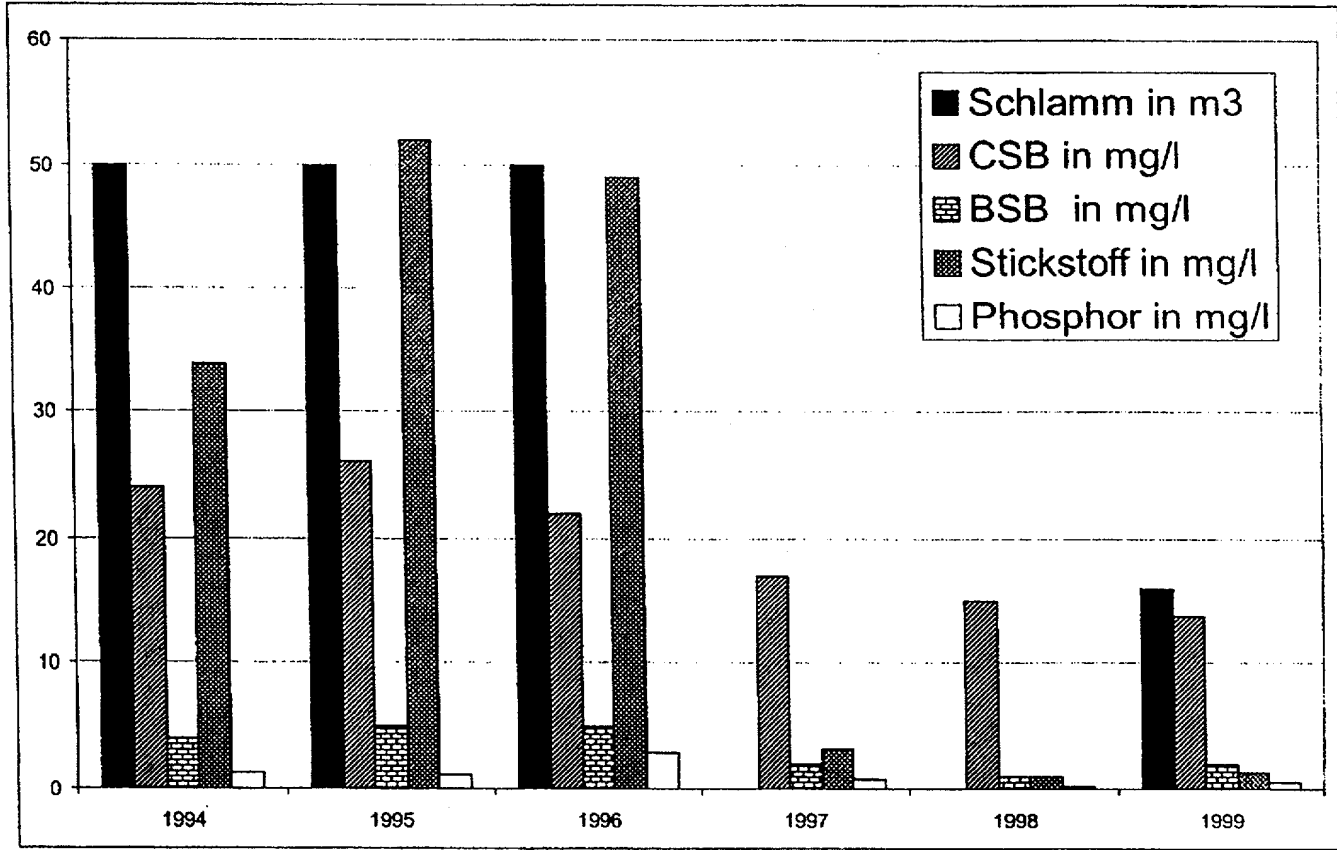


Fig.2