

(12)

PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 3641/84

(51) Int.Cl.⁵ : C02F 3/34

(22) Anmeldetag: 16.11.1984

(42) Beginn der Patentdauer: 15. 6.1990

(45) Ausgabetag: 10.12.1990

(56) Entgegenhaltungen:

LEHR- UND HANDBUCH DER ABWASSESTECHNIK BD.II, 2.AUFLAGE
SEITEN 388-394

(73) Patentinhaber:

VEB PROJEKTIERUNG WASSERWIRTSCHAFT
DD-4020 HALLE/SAALE (DE).

(72) Erfinder:

RIEDEL WERNER DIPL.BIOL.
DRESDEN (DE).
NEUSTADT WERNER ING.
DRESDEN (DE).
PÜSCHEL CHRISTIAN DIPL.ING.
DRESDEN (DE).

(72) Erfinder:

KOSCHADE GERDA DIPL.CHEM.
FREITAL (DE).
KUTZSCHE FRIEDRICH ING.
DRESDEN (DE).
FRIEDRICH EBERHARD ING. DR.
DRESDEN (DE).
BARTHEL KARL-HEINZ DIPL.ING.
DRESDEN (DE).
TROMMLER KLAUS DR.
BERLIN (DE).
RÜSKE ISOLDE DR.
DRESDEN (DE).
BERGER ROSEMARIE
DRESDEN (DE).
HERMANN HANS
COSSEBAUDE (DE).
V. OHEIMB BARBARA
DRESDEN (DE).
THEIS BRINGFRIEDE
DRESDEN (DE).

(54) VERFAHREN ZUR ENZYMATISCHEN BEHANDLUNG ORGANISCHER STOFFE UND VON BIOMASSE

(57) Bei einem Verfahren zur enzymatischen Behandlung organischer Stoffe und von Biomasse werden die organischen Stoffe und die Biomasse einem Reaktionsmedium zugeführt, das 0,01 bis 1 Mass.% hydrolytische Enzyme und 0,005 bis 0,5 Mass.% eines Chelatbildners enthält, und ein um mindestens 10 ° C höheres Temperaturniveau aufweist als die organischen Stoffe und die Biomasse. Die erhaltene Mischung wird bei einer Temperatur von 30 bis 60 ° C während 0,5 bis 24 Stunden gerührt oder umgewälzt.

AT 391 856 B

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur enzymatischen Behandlung organischer Stoffe und von Biomasse. Mit Hilfe der Erfindung soll die Umwandlung von in Flüssigkeiten gelösten oder suspendierten organischen Verbindungen in stabile Reaktionsprodukte, insbesondere in Kohlendioxid und Wasser unter Zugabe von Enzymen, erfolgen. Das erfindungsgemäße Verfahren soll insbesondere zur Stabilisierung von Klärschlamm und Gülle sowie zur Behandlung von organisch belasteten oder phosphathaltigen Abwässern geeignet sein. Auch die Stimulierung des Betriebsstoffwechsels der für die Produktion von Antibiotika, Enzymen und organischen Säuren industriell genutzten Mikroorganismen soll erreicht werden.

In der Praxis werden organische Medien, wie Klärschlämme und Gülle erfolgreich mittels anaerober, aerober und enzymatischer Stabilisierungsverfahren behandelt. Die erst in den letzten Jahren eingeführten enzymatischen Verfahren ermöglichen eine wesentliche Verkürzung der Stabilisierungszeiten von bisher mehreren Tagen (5 bis 70 Tage) der anaeroben und aeroben Verfahren auf wenige Stunden, die jedoch mit einem erhöhten Energieaufwand erkauft wird, da die durch die Enzympräparate katalysierten Abbauprozesse im Schlamm oder in der Gülle nur bei höheren Temperaturen (30 bis 60 °C) mit Erfolg ablaufen. Außerdem ist ein erheblicher Einsatz von Fremdzyklen erforderlich. Ferner werden durch den Eigenstoffwechsel der sich in der Anfangsphase und noch während der enzymatischen Stabilisierung stark vermehrenden Mikroorganismen viele unerwünschte Effekte, wie verschlechterte Eindickung und Entwässerbarkeit, hervorgerufen, so daß enzymatisch stabilisierte Schlämme und Gülle meistens schlechtere Entwässerungseigenschaften aufweisen als mit den herkömmlichen Verfahren stabilisierte Schlämme und Gülle.

Die Behandlung von organisch belasteten Abwässern erfolgt zumeist nach dem bekannten Belebungsverfahren. Ein wesentlicher Nachteil dieses Verfahrens ist die erhebliche Neubildung von Biomasse. Diesem Nachteil kann bisher nur durch Verlängerung der Belüftungszeit abgeholfen werden.

Hochkonzentrierte organische Industrieabwässer werden zumeist mittels ausgesprochen hochbelasteter, biologischer Verfahren ("Intensivbiologie") behandelt. Bei dieser sogenannten "intensiv-biologischen" Behandlung wird ein hoher Prozentsatz (oft über 50 %) der abzubauenen organischen Substanz in Biomasse umgesetzt, der regelmäßig aus dem System an Überschussschlamm entfernt werden muß, da sonst der Wirkungsgrad des Verfahrens gering ist. Die Entfernung der überschüssigen Biomasse ist bei den "intensiv-biologischen" Verfahren aber immer sehr problematisch, da die Mikroorganismen hier nur noch als Einzelzellen oder als sehr kleine Komplexe wachsen, die sich im normal bemessenen Nachklärbecken kaum absetzen.

Kommunale Abwässer besitzen zumeist einen hohen Phosphatgehalt. Bei den bekannten biologischen Eliminierungsverfahren erfolgt die Phosphatfreisetzung durch anaerobe Behandlung, die einen erheblichen Reaktionsraum erfordert. Die großtechnische mikrobielle Produktion von Antibiotika, Enzymen und organischen Säuren erfolgt submers in belüfteten und gerührten Reaktoren (Fermentatoren), wobei meistens die diskontinuierliche Fahrweise vorherrscht. Für den erfolgreichen Ablauf einer Fermentation sind mehrere Vorkulturen zur Beimpfung des Produktionstanks (Hauptfermentation) und sterile Bedingungen erforderlich.

Bei der diskontinuierlichen Fermentation wachsen die Mikroorganismen (Bakterien oder Pilze) in der Regel so lange, bis eine essentielle Komponente des Nährmediums limitierend wird. Die Mikroorganismenkultur geht dann von der exponentiellen in die stationäre Wachstumsphase über. Während des Fermentationsprozesses unterliegen die Kulturbedingungen dauernden Veränderungen, was zu einer Änderung des physiologischen Zustandes der Mikroorganismenzellen führt. Meist ist die gewünschte Produktionsbildung (Antibiotika, Enzyme oder organische Säuren) an einen bestimmten physiologischen Zustand der Mikroorganismen während der Fermentation gebunden. Es ist nicht möglich, diesen Zustand bei der diskontinuierlichen Fermentation für längere Zeit aufrechtzuerhalten. So setzt häufig die Enzymausschüttung am Ende der logarithmischen Phase ein und hält über einen mehr oder weniger langen Zeitraum in der stationären Phase an. Antibiotika z. B. werden in den Kulturlösungen oft nicht zur Zeit des stärksten Wachstums gebildet, sondern erst dann, wenn der Produzent zu altern beginnt, d. h. während des Autolysestadiums. Auch die Bildung organischer Säuren, wie z. B. der Zitronensäure setzt erst nach Abschluß des Wachstums des Produzenten ein. Um das zu erreichen, erfolgt die Kultur des Zitronensäurebildners in Nährmedien mit suboptimalen Phosphatmengen.

Die Dauer der Fermentation ist ein Erfahrungswert und ist vor allem unter ökonomischen Aspekten zu sehen. Damit der Abbruch der Fermentation zum optimalen Zeitpunkt erfolgen kann, ergeben sich hohe Anforderungen an die Überwachung des Fermentationsprozesses. Im allgemeinen dauert eine normale Fermentation 2 bis 7 Tage. Nach Abbau des produktthaltigen Kulturmediums aus den Fermentern werden diese nach gründlicher Reinigung und Wartung für eine erneute Fermentation vorbereitet (Füllung mit Nährmedium, Sterilisation des gesamten Systems, Beimpfung mit Vorkultur aus den Impftanks).

Von großer industrieller Bedeutung ist die kontinuierliche Fermentation. Diese kommt gegenwärtig nur bei der Produktion von Biomasse und Gärungsprodukten sowie bei der Umwandlung organischer Stoffe in gasförmige Reaktionsprodukte und Wasser zur Anwendung. Bisher war es nicht möglich, im kontinuierlichen Prozeß solche Reaktionsbedingungen zu schaffen, daß die Freisetzung der gewünschten Produkte aus den Zellen der Mikroorganismen erfolgte. Die Umwandlung organischer Stoffe, z. B. von Abprodukten, in CO₂ und Wasser erfolgt nur bei sehr langen Belüftungszeiten in befriedigendem Maße. Bei den ökonomisch vertretbaren Belüftungszeiten kommt es in hohem Maße zur Neubildung von Biomasse (Baustoffwechsel), die nicht immer einer befriedigenden Nutzung zugeführt werden kann. Bisher waren keine Methoden bekannt, um den Baustoffwechsel zugunsten des Betriebsstoffwechsels zu reduzieren. Der kontinuierliche Prozeß stellt bei der

Herstellung bestimmter Produkte auch hohe Anforderungen an die Stabilität der Produktionsstämme, da es bei länger andauernder kontinuierlicher Kultur häufig zu Degenerationserscheinungen der Hochleistungsstämme kommt.

Ziel der Erfindung ist es, bei geringen Mengen von Fremdenzymen eine hohe Abbauleistung zu erreichen, die Entwässerungseigenschaften der enzymatisch stabilisierten Schlämme und Gülle so zu verbessern sowie die für den enzymatischen Stabilisierungsprozeß benötigte (Wärme)-Energie so zu minimieren, daß sich gegenüber den herkömmlichen Stabilisierungsverfahren (Faulung, aerobe Stabilisierung) keine Nachteile hinsichtlich Entwässerungsverhalten und Energieaufwand mehr ergeben.

Weiterhin soll die Produktion von Überschussschlamm in Belebungsanlagen vermindert werden, insbesondere soll die Biomassekonzentration bei den intensiv-biologischen Verfahren gesenkt werden und ein gut absetzbarer Schlamm erzeugt werden. Bei der biologischen Phosphateliminiierung soll die P-Freisetzung aus dem Belebtschlamm wesentlich beschleunigt werden. Ferner ist bei der Produktion von Antibiotika, Enzymen und organischen Säuren eine kontinuierliche Fahrweise der Mikroorganismenkulturen zu erreichen.

Aufgabe der Erfindung ist es, den Betriebsstoffwechsel von Mikroorganismenkulturen so zu stimulieren, daß es im nährstoffhaltigen Milieu zu Materialverlusten der Organismen kommt und dadurch der Wachstumsprozeß der Kulturen unterbrochen wird. Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß die organischen Stoffe und die Biomasse einem Reaktionsmedium kontinuierlich oder intermittierend zugeführt werden, das 0,01 bis 1 Mass.% hydrolytische Enzyme, bezogen auf die Masse der organischen Trockensubstanz, und 0,005 bis 0,5 Mass.% eines Chelatbildners, bezogen auf die Masse der organischen Trockensubstanz, enthält und ein um mindestens 10 °C höheres Temperaturniveau aufweist als die organischen Stoffe und die Biomasse, und daß die erhaltene Mischung bei einer Temperatur von 30 bis 60 °C während 0,5 bis 24 Stunden gerührt oder umgewälzt wird.

Die Wirkungsweise des Verfahrens ist, wie folgt:

Der Chelatbildner verursacht eine Schwächung der Struktur der Zellwände der Mikroorganismen, so daß diese bei entsprechender Beanspruchung aufgelöst werden können. In der zweiten Reaktionsstufe bildet sich ein zuerst den Betriebsstoffwechsel, dann die Autolyse oder Sporulation der aus der ersten Reaktionsstufe stammenden Mikroorganismen förderndes Milieu heraus. Dieses enthält neben Resten von Nährsubstanzbestandteilen vor allem die aus der enzymatischen Hydrolyse der organischen Makromoleküle des Nährmediums entstandenen und mikrobiell leicht verwertbaren niedermolekularen Verbindungen (Zucker, Aminosäuren, Fettsäuren, Alkohole u. a.) und die bereits autolysierten Mikroorganismen oder ihre Fragmente selbst bzw. die gebildeten Sporen.

Bei der Zuführung der mit dem Chelatbildner vorbehandelten Mikroorganismenkultur in dieses Milieu kommt es infolge des Temperaturunterschiedes von mindestens 10 K zu einem Temperaturschock, wodurch der Betriebsstoffwechsel der Mikroorganismen spontan stimuliert wird und die im Milieu enthaltenen niedermolekularen Hydrolyseprodukte des Nährmediums sowie die niedermolekularen Verbindungen aus den Zellaufschlüssen teilweise veratmet werden.

Infolge der stärkeren Förderung des Betriebs- als des Baustoffwechsels gehen die Mikroorganismen im Reaktionsmilieu schließlich durch Materialverlust zugrunde, d. h. sie verhungern und gehen in Selbstauflösung über (Autolysestadium) oder versporen schließlich.

Bei der Behandlung organischer Abprodukte wird durch die aus den autolysierten Mikroorganismen freigesetzten intrazellulären Enzymssystemen eine Intensivierung der Hydrolyse der organischen Makromoleküle erreicht. Dadurch werden erhebliche Mengen Fremdenzyme eingespart. Die mikrobielle Veratmung der hauptsächlich aus dem enzymatischen Abbau der organischen Makromoleküle bzw. der aus den Zellaufschlüssen stammenden niedermolekularen Verbindungen (vor allem der hydrophilen Kolloide) verbessert das Eindick- und Entwässerungsverhalten des behandelten organischen Mediums erheblich. Damit wird gleichzeitig die organische Belastung der anfallenden Trüben stark reduziert, wodurch eine problemlose Verwertung der Trüben möglich ist.

Bei der biotechnologischen Herstellung bestimmter Stoffe wird je nach Produkt (Antibiotika, Enzyme, organische Säuren) bzw. je nach Produzent (Art, Stamm) die Produktenbildung bereits während des Stadiums des gesteigerten Betriebsstoffwechsels oder erst bei beginnendem Autolysestadium ausgelöst. Aus der zweiten Reaktionsstufe läuft das Fermentationsmedium kontinuierlich ab und kann der Aufbereitung zugeführt werden. Die im Fermentationsmedium des Hauptfermenters beherrschenden organismenfeindlichen Bedingungen schließen Fremdinfectionen so gut wie aus, so daß auf eine sterile Fermentation in dieser Phase verzichtet werden kann.

Bei der biologischen Phosphateliminiierung treten folgende Wirkungen ein: In der Belüftungsphase nehmen die Mikroorganismen des Belebtschlammes Phosphat aus dem Abwasser im Überschuß auf und bilden einen granularen Komplex von Phosphat, PNA, Proteinen und Lipiden, der als Volutin bezeichnet wird. Durch die Enzymzugabe wird der Betriebsstoffwechsel der Mikroorganismen stimuliert und das gespeicherte Volutin wird freigesetzt.

Diese Wirkung wird durch den Temperaturunterschied zwischen dem Belebtschlamm und dem Reaktorinhalt noch wesentlich verstärkt. Neben der Freisetzung des gebundenen Phosphats werden auch Abwasserinhaltsstoffe zu organischen Säuren umgesetzt, die sich als Nährstoffe für Mikroorganismen eignen, die große Mengen Phosphat im Überschuß speichern können. Die genannten Prozesse werden durch die Behandlung mit dem Chelatbildner, der eine Aufschließung der Zellwände der Mikroorganismen bewirkt, noch beschleunigt. Der Vorteil des Verfahrens ist in der im Vergleich zur anaeroben Behandlung sehr kurzen Behandlungszeit zu sehen.

Die Erfindung soll nachstehend an acht Ausführungsbeispielen erläutert werden:

- Beispiel 1: Behandlung von Klärschlamm - Variante 1
 Beispiel 2: Behandlung von Klärschlamm - Variante 2
 Beispiel 3: Behandlung von Gülle
 5 Beispiel 4: Behandlung von Abwasser aus einer Tierkörperbeseitigungsanstalt
 Beispiel 5: Behandlung von Abwasser
 Beispiel 6: Herstellung von Penicillin
 Beispiel 7: (Fig. 1) Biologische P-Eliminierung ohne Schlammwasserabtrennung
 Beispiel 8: (Fig. 2) Biologische P-Eliminierung mit Schlammwasserabtrennung

10 Beispiel 1:

Zu 15 m³ Klärschlamm mit einem Feststoffgehalt von 4 % werden 30 g eines in ca. 10 l Leitungswasser vorgelösten Gemisches des Diammonium- und Triammoniumsalzes der Nitrilotriessigsäure unter Rühren
 15 zugeführt. Nach Ablauf einer halben Stunde wird der so vorbehandelte Schlamm in Abständen von jeweils 15 min portionsweise dem Reaktor zugeführt, der bereits auf 55 °C vorgewärmten Schlamm enthält. Die Reaktionszeit im Reaktor beträgt 3 Stunden. Pro Kubikmeter zugeführten, vorbehandelten Schlamm werden 60 g eines in ca. der 100fachen Menge Leitungswasser vorgelösten komplexen Enzympräparates, das β-Glucanase, Amylasen, Proteasen und Lipasen enthält, ständig zudosiert. Der Schlamm im Reaktor wird mit einer Pumpe
 20 ständig umgewälzt, und unter Zuführung von Fremdenergie (z. B. Dampf) wird die erforderliche Reaktionstemperatur erhalten. Der den Reaktor passierende, stabilisierende Schlamm weist gute Absetzeigenschaften auf. Im nachgeschalteten Eindicker fallen bei einer Aufenthaltszeit von ca. 2 Stunden rund 60 % des Ausgangsschlammes als Schlammtrübe an, so daß das Volumen des stabilisierten Schlammes auf 40 % des Ausgangsvolumens abnimmt. Der eingedickte stabilisierte Schlamm wird nun auf Entwässerungsplätze gebracht oder künstlich entwässert, während die Schlammtrübe dem biologischen Teil der Kläranlage zur
 25 schadlosen Beseitigung zugeführt wird.

Beispiel 2:

Einen Reaktor, der bereits auf 50 °C vorgewärmten Schlamm enthält, werden gleichzeitig aber unvermischt
 30 ein in Leitungswasser vorgelöstes Gemisch des Diammonium- und Triammoniumsalzes der Nitrilotriessigsäure und ein in ca. der 100fachen Menge Leitungswasser vorgelösten komplexen Enzympräparates, das β-Glucanase, Amylasen, Proteasen und Lipasen enthält, zudosiert, wobei die Zudosierung des Chelatbildners in die Schlammzulaufleitung oder direkt in den Reaktor erfolgen kann.

Beispiel 3:

10 m³ Gülle mit 6 % Feststoffen werden mit 45 g des in ca. 15 l Leitungswasser vorgelösten
 35 Triammoniumsalzes der Nitrilotriessigsäure versetzt und nach gutem Durchmischen 1 bis 3 Stunden so bevorratet. Danach wird die den Chelatbildner enthaltende Gülle in Abständen von jeweils 5 Minuten portionsweise dem Stabilisierungsreaktor zugeführt, in dem sich schon auf 33 °C vorgewärmte Gülle befindet. Die Reaktionszeit im Reaktor beträgt 8 Stunden. Pro Kubikmeter chelatbildnerhaltiger Gülle werden 90 g eines
 40 in ca. der 100fachen Menge Leitungswasser vorgelösten komplexen Enzympräparates, das β-Glucanase, Amylasen, Proteasen und Lipasen, enthält, ständig zudosiert. Von einem Intensivbelüfter wird die Gülle im Reaktor umgewälzt und mit Sauerstoff versorgt. Die Gülletemperatur erhöht sich auf ca. 40 °C und bleibt dann ziemlich konstant. Wie im Beispiel 1 angegeben, wird das stabilisierte Material (hier die Gülle) in einem
 45 Eindicker eingedickt und kann nun auf Trockenplätzen oder künstlich entwässert werden. Das Volumen so stabilisierter Gülle nimmt im Vergleich zum unbehandelten Material im Eindicker um etwa 40 bis 50 % ab. Die anfallende Trübe ist einer schadlosen Verwertung zuzuführen.

Beispiel 4:

50 m³ organisch hochbelastetes Abwasser aus einer Tierkörperbeseitigungsanstalt mit einem BSB₅ von ca.
 50 7000 mg/l und mit einem hohen Eiweiß- und Fettanteil werden mit 10 g des in ca. 5 l Leitungswasser vorgelösten Triammoniumsalzes der Nitrilotriessigsäure vermischt. Nach Ablauf einer Stunde wird das chelatbildnerhaltige und organisch hochbelastete Abwasser in Abständen von jeweils 20 min portionsweise der intensiv-biologischen Vorstufe zugeführt, in der sich schon auf 35 °C vorgewärmtes Abwasser befindet. Bei einer
 55 Reaktionszeit von 5 Stunden und der Anwesenheit von β-Glucanase, Protease und Lipase erfolgt die enzymatische Hydrolyse und der mikrobielle Abbau der organischen Hauptlast des zu behandelnden Abwassers. Pro Kubikmeter zugeführten Abwassers werden jeweils 10 g β-Glucanase, Protease und Lipase, die in der 500fachen Menge Leitungswasser vorgelöst worden sind, ständig zudosiert. Die Belüftung der intensiv-biologischen Vorstufe erfolgt mit einem Hochleistungsbelüfter. Da die gebildete Oxidationswärme zur Aufrechterhaltung der erforderlichen Reaktionstemperatur von 33 °C nicht ausreichend ist, wird das
 60 Reaktionsmedium zusätzlich mit Dampf beheizt.

Das enzymatisch-mikrobiell vorgereinigte Abwasser wird zur Abscheidung des angefallenen Schlammes und

der anderen absetzbaren Stoffe über ein normal bemessenes Nachklärbecken geleitet und zur weiteren Behandlung einer Belebungsstufe zugeführt, wo der biologische Abbau der BSB_5 -Restlast bis zum gewünschten Grenzwert erfolgt.

5 Beispiel 5:

100 m³/h Abwasser mit einem BSB_5 von 400 mg/l und einer Temperatur von 18 °C werden in einem Belebungsbecken 0,5 h mit 100 m³/h Belebtschlamm belüftet. Dabei werden die Abwasserinhaltsstoffe von den Schlammflocken absorbiert. In einem Nachklärbecken wird der Belebtschlamm abgetrennt. Anschließend wird der Belebtschlamm mit 2 g/m³ eines Gemisches des Diammonium- und Triammoniumsalses der Nitrilotriessigsäure
10 0,5 h vermischt. Danach wird der Belebtschlamm unter Zugabe von 4 g/m³ Enzympräparaten in ein abgedecktes Belüftungsbecken eingeleitet, das eine Temperatur von 32 °C aufweist. Der Belebtschlamm wird nach 1 h Belüftungszeit in das Belebungsbecken zurückgeführt.

15 Beispiel 6:

Unter sterilen Bedingungen in zwei 5000 l Vorfermentern bei 24 °C auf einer Variante des Maisquellwasser-Lactoce-Nährbodens und bei Anwesenheit von jeweils 10 g eines Gemisches des Diammonium- und Triammoniumsalses der Nitrilotriessigsäure diskontinuierlich wachsende und ca. 20 Stunden alte Submerskulturen von Penicillium spec. werden alternierend in Abständen von jeweils 10 Minuten einem 5000 l fassenden Hauptfermenter kontinuierlich zugeführt, der bereits auf 35 °C vorgewärmtes Fermentationsmedium
20 enthält. Die Fermentationszeit im Hauptfermenter beträgt ca. 12 Stunden, d. h., das ist die Zeit, bei der die Penicillinbildung maximal ist. Pro 100 Liter zugeführten Kulturmediums aus den Vorfermentern werden jeweils 0,1 g in der 100fachen Menge Leitungswasser vorgelöster hydrolytischer Enzyme, wie β -Gluconase, α -Amylase, Proteasen und Lipase, ständig zudosiert. Das Fermentationsmedium wird während der unsterilen Fahrweise mit einer Pumpe ständig umgewälzt, und unter Zuführung von Wärmeenergie (z. B. Dampf) wird die erforderliche
25 Fermentationstemperatur aufrechterhalten. Pro 24 Stunden werden dem Hauptfermenter also 10 000 l Kulturmedium aus den Vorfermentern zugeführt, so daß sich ein Durchsatz von 10 000 l/Tag ergibt. Gegenüber der normalen Penicillin-Fermentation, die im allgemeinen 100 Stunden dauert, beträgt die Fermentationsdauer beim Zweiphasenverfahren nur noch ca. 36 Stunden. Das aus dem Hauptfermenter kontinuierlich ablaufende
30 Fermentationsmedium wird der Aufbereitung zugeführt. Das hauptsächlich autolysiertes Mycel und infolge der hydrolytischen Wirkung der zudosierten Enzyme kaum hydrophile Kolloide enthaltende Fermentationsmedium bereitet bei der Filtration keine Schwierigkeiten. Die Hauptfermentation kann über mehrere Tage durchgehend erfolgen, während die nur für die Vermehrung des Mycels genutzten Vorfermenter ca. 20 Stunden vor ihrem
35 Einsatz immer neu angefahren werden müssen, so daß für die kontinuierliche Beschickung des 5000 l Hauptfermenters bei Berücksichtigung der anfallenden Abbau- und Vorbereitungszeiten 3 Vorfermenterpaare erforderlich sind.

Beispiel 7:

100 m³ Abwasser ($BSB_5 = 300$ mg/l, P = 10 mg/l) werden im Belebungsbecken (1) 4 Stunden belüftet. Dabei nimmt die Acinetobacter enthaltene Biomasse ca. 5 % P auf. In der Nachklärung (2) wird das gereinigte
40 Abwasser ($BSB_5 = 30$ mg/l, P = 1 mg/l) abgetrennt. 50 m³/d Rücklaufschlamm werden ohne Behandlung im Kreislauf geführt. 50 m³/d werden mit 0,01 % Diammoniumsals der Nitrilotriessigsäure im Behälter (5) 20 Minuten vermischt und dann unter Zusatz von 0,02 % hydrolytischen Enzymen (bezogen jeweils auf die organische Trockensubstanz) in den Reaktor (3) eingeführt. Dieser arbeitet bei einer Temperatur von 30 °C. Nach
45 40 min wird der Schlamm wieder in das Belebungsbecken (1) zurückgeführt.

Beispiel 8:

100 m³ Abwasser ($BSB_5 = 300$ mg/l, P = 10 mg/l) werden in einem Belebungsbecken (1) 4 Stunden bei mittlerer Schlammbelastung bei ca. 100 % Rücklaufschlamm belüftet. Dabei nimmt die sich im Umlauf befindende und die neugebildete Biomasse Phosphat bis zu einem Gehalt von 1,3 % P auf. In der Nachklärung
50 (2) wird das gereinigte Abwasser ($BSB_5 = 30$ mg/l, P = 1 mg/l) abgetrennt, 86,2 m³/d des Rücklaufschlammes werden ohne Behandlung im Kreislauf geführt. 13,8 m³/d werden 0,5 h mit 0,01 % Diammoniumsals der Nitrilotriessigsäure im Behälter (5) vermischt und unter Zusatz von 0,02 % hydrolytischen Enzymen in den Stripp-Reaktor (3) eingeführt. Dieser arbeitet bei einer Temperatur von 35 °C. Nach 1 h wird der Schlamm in den Flotator (4) eingeleitet. Dort werden ca. 7,5 m³/d Schlammwasser mit 120 mg/l P abgetrennt. 6,3 m³/d
55 werden in das Belebungsbecken (1) rückgeführt.

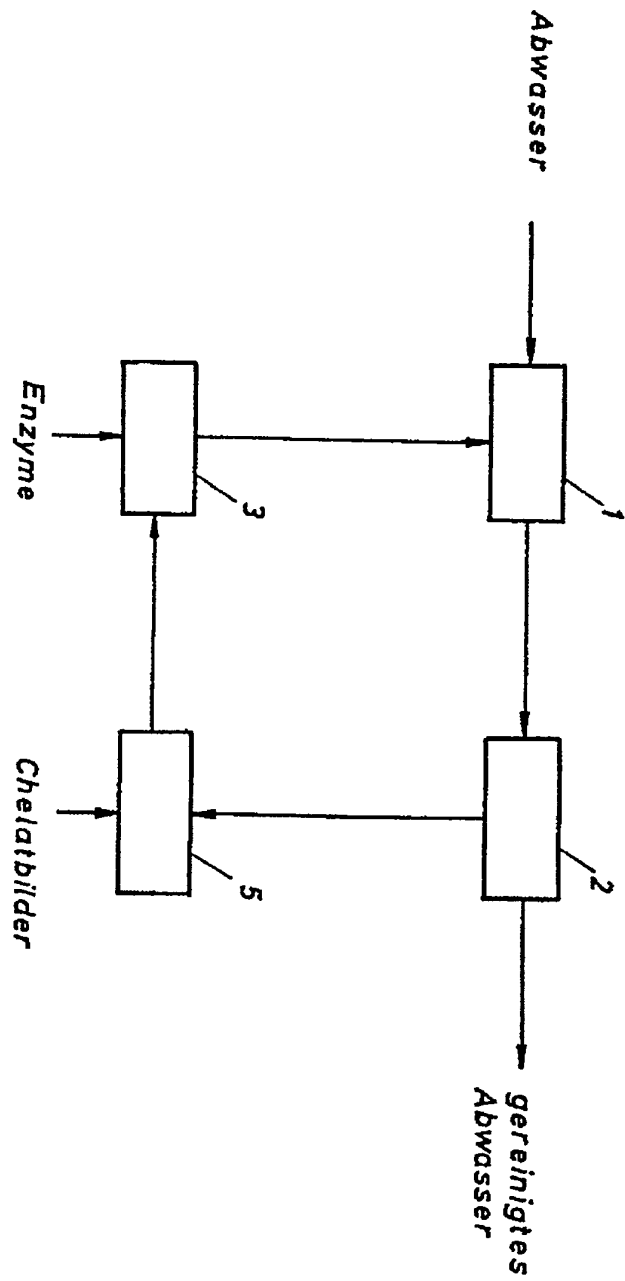
PATENTANSPRÜCHE

5

- 10 1. Verfahren zur enzymatischen Behandlung organischer Stoffe und von Biomasse, **gekennzeichnet dadurch**, daß die organischen Stoffe und die Biomasse einem Reaktionsmedium kontinuierlich oder intermittierend
15 2. Verfahren nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß das Reaktionsmedium belüftet wird.
20 3. Verfahren nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß die eingesetzten hydrolytischen Enzyme Beta-Glucanase, Amylasen, Proteasen und Lipasen sind.
25 4. Verfahren nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß als Chelatbildner Aminopolycarbonsäuren, vorzugsweise Nitrilotriessigsäure, Äthylendiamintetraessigsäure und deren Salze verwendet werden.
30 5. Verfahren nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß Mikroorganismensuspensionen mit dem Chelatbildner bei Nährstoffüberschuß und Sauerstoffzufuhr in der Phase ihrer höchsten biochemischen Aktivität kultiviert werden.
35 6. Verfahren nach Anspruch 5, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Mikroorganismensuspension mit dem Chelatbildner diskontinuierlich unter sterilen Bedingungen gehalten wird.
40 7. Verfahren nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß in das Reaktionsmedium Biomasse eingeleitet wird, die in einem Adsorptions- oder Belüftungsreaktor organische Stoffe aufgenommen hat, und die Biomasse nach der enzymatischen Behandlung in den Adsorptions- oder Belüftungsreaktor zurückgeführt wird.
45 8. Verfahren nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß in das Reaktionsmedium Biomasse eingeleitet wird, die Phosphat im Überschuß gespeichert hat.
9. Verfahren nach den Ansprüchen 1 und 8, **gekennzeichnet dadurch**, daß in das Reaktionsmedium Biomasse eingeleitet wird, die in einem Belüftungsreaktor Phosphat im Überschuß aufgenommen hat und die Biomasse nach der enzymatischen Behandlung in den Belüftungsreaktor zurückgeführt wird.

Hiezu 2 Blatt Zeichnungen

FIG. 1



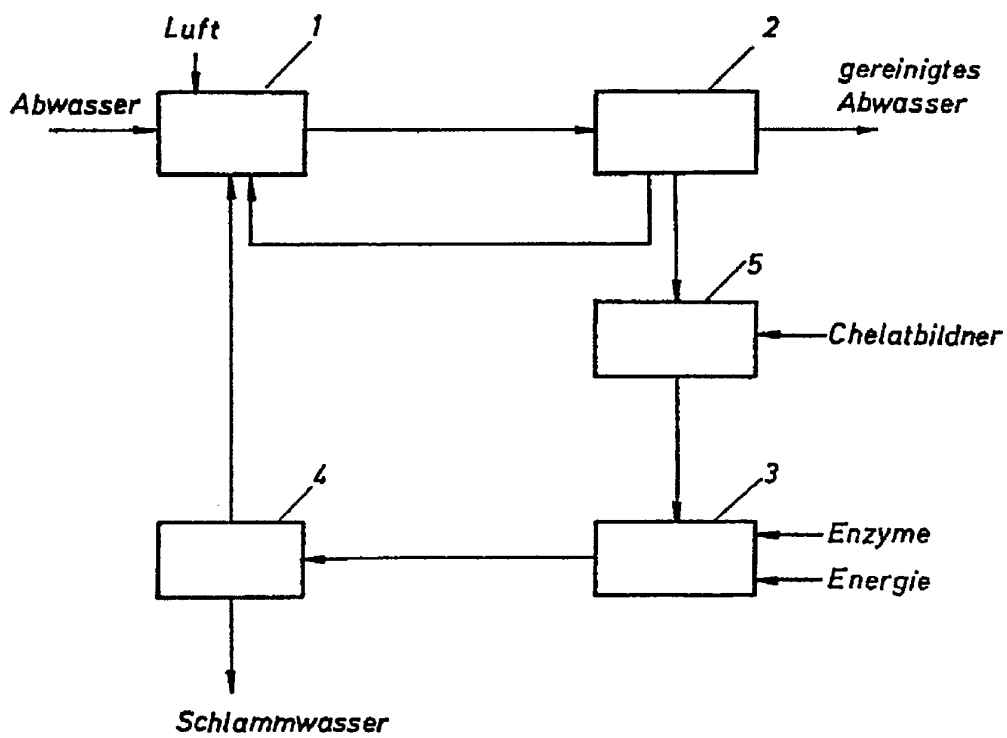


FIG.2.