



Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 18 Absatz 2 Patentgesetz

ISSN 0433-6461

(11)

210 383

Int.Cl.³

3(51) A 23 K 1/00

AMT FUER ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

(21) WP A 23 K/ 2545 530

(22) 06.09.83

(45) 06.06.84

(71) ADW DER DDR, BERLIN, DD

(72) KREUTER, THEODOR, DR. SC. DIPL.-CHEM.; LEHWALD, ULRIKE, DIPL.-CHEM.;
PAULI, GUENTER, DR. RER. NAT. DIPL.-CHEM.; BECK, DIETER, PROF. DR. SC. NAT. DIPL.-CHEM.; DD;
MEYER, MANFRED, DR. AGR. DIPL.-AGR.-ING.; MARX, RAINER, DR.-ING. DIPL.-ING.;
NOETZEL, RAINER, DIPL.-AGR.-ING.; EICHLER, DIETRICH, DR.-ING. DIPL.-ING.; DD;

(54) VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON EIWEISSFUTTERMITTEL AUS ABWASSER

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Eiweißfuttermittel aus Abwasser durch biologische Abwasserreinigung, bei dem Überschußbelebtschlamm in aeroben Belebungsstufen anfällt. Ziel ist ein als Futtermittel geeigneter Überschußbelebtschlamm. Die Aufgabe besteht in der Schaffung eines Verfahrens, das eine weitgehende Vereinheitlichung der Vielfalt der Mikroorganismenarten auf solche hohen ernährungsphysiologischen Werte erreicht. Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, indem die Belüftung des Belebtschlammes bzw. des Rückführbelebtschlammes für maximal 30 Minuten unterbrochen wird und die Aufkonzentrierung des Belebtschlammes vorzugsweise mittels Separator oder Dekantor oder durch Flotation erfolgt. Diese Maßnahme bewirkt, daß etwa 85% der Biomasse nur noch aus wenigen dominierenden Mikroorganismenarten bestehen, die scheinbare Verdaulichkeit dieser Biomasse auf etwa 80% steigt und die Lebendmassezunahme der Versuchstiere gleich der der Kontrollgruppe ist, die eine Caseindiät erhält.

Titel der Erfindung

Verfahren zur Herstellung von Eiweißfuttermittel aus Abwasser

Anwendungsgebiet

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung hochwertiger Eiweißfuttermittel aus Abwasser, bei dessen biologischer Reinigung ein Belebtschlamm anfällt.
Sie ist in die IPK A 23 K einzuordnen.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

- 10 Der bei der biologischen Abwasserreinigung anfallende Überschuß-Belebtschlamm besteht vorwiegend aus mikrobieller Biomasse mit einem hohen Anteil an Protein und verschiedenen Vitaminen, so daß sein Einsatz in der Tierernährung naheliegend ist.
- 15 Charakteristisch für den gegenwärtigen Stand der Technik ist die Tatsache, daß bei der Zufütterung von Belebtschlamm als Eiweißfuttermittel keine reproduzierbaren positiven Ergebnisse erhalten werden. Insbesondere werden starke Schwankungen der Proteinverwertbarkeit beobachtet.
- 20 Das zu lösende Hauptproblem besteht in der reproduzierbaren Gewinnung eines hochverdaulichen Belebtschlammes.

Ein erschwerender Faktor bei der Lösung des Problems besteht darin, daß der Belebtschlamm eine Mischpopulation unterschiedlicher Familien, Gattungen und Arten von Mikroorganismen darstellt, die von Natur aus eine sehr unterschiedliche Verdaulichkeit aufweisen und bei denen die verschiedenen zur Erhöhung der Verdaulichkeit angewandten Methoden unterschiedlichen Erfolg haben.

Es wird auf zweierlei Art versucht, einen reproduzierbar gut verdaulichen Belebtschlamm zu erhalten, indem entweder eine Nachbehandlung der Biomasse oder eine Belebtschlammfermentation unter vorgegebenen und einzuhaltenden Bedingungen vorgenommen wird.

Bei der Nachbehandlung der Biomasse geht man von der Annahme aus, daß das Mikroorganismenprotein an sich von hoher biologischer Wertigkeit und guter Verdaulichkeit ist und daß nur störende Einflüsse beseitigt werden müssen. So sollen z. B. nach DE-AS 22 42 377 durch eine Schocktrocknung bei 100 bis 160 °C die Zellwände der Einzeller gesprengt und das Protein der Verdauung zugänglich gemacht werden. Nach DD-WP 139 686 soll der Belebtschlamm verfütterbar werden, indem die Karbonate durch Zusatz von Säure aus ihren Salzen verdrängt werden. Eine Nachbehandlung kann aber das Problem der wechselhaften Zusammensetzung des Belebtschlammes nicht lösen.

Bei den Verfahren, die das Abwasser unter vorgegebenen und einzuhaltenden aeroben Bedingungen unter Einsatz hauptsächlich einer Mikroorganismenart reinigen und gleichzeitig eine verfütterbare Biomasse erzeugen wollen, kann das Ziel der Erzeugung einer reproduzierbar einheitlichen Biomasse von konstanter Zusammensetzung näherungsweise erreicht werden. Allerdings sind hierfür Maßnahmen erforderlich, die beträchtliche technisch-ökonomische Nachteile haben.

Die Verfahren, die eine Hefe als bevorzugte Mikroorganismenart in schwach saurem Medium verwenden (DE-OS 27 58 870, DE-OS 21 63 364), sind auf Grund ihres sehr hohen Säurezusatzes praktisch nicht anwendbar. Andere Verfahren gewährleisten eine weitgehend einheitliche Biomasse durch eine

thermophile Fermentation. So wird nach DD-WP 140 447 Gülle unter Einsatz definierter Starterkulturen thermophil fermentiert.

Die thermophile Fermentation unter Zusatz von Zellulose als zusätzlicher C-Quelle beinhaltet DE-AS 19 04 580. Für eine thermophile Fermentation sind die für die Abwasserreinigung üblichen offenen Belebungsbecken nicht geeignet, es sind geschlossene, wärmeisolierte Fermentoren erforderlich.

Ebenso soll auch lediglich die Zugabe von Methanol als zusätzliche C-Quelle nach DD-WP 128 067 sowie DE-OS 25 24 042 eine weitgehende Vereinheitlichung und Reproduzierbarkeit des Belebtschlammes bewirken.

Der Nachteil der bekannten Verfahren besteht darin, daß sie entweder einen hohen apparativen Aufwand oder einen großen Chemikalieneinsatz erfordern und daher nur unter großtechnischen Bedingungen durchführbar sind, die mit den Anforderungen der Landwirtschaft (Produktionsbedingungen, Arbeitskräftepotential) nicht vereinbar sind.

Insbesondere erscheint es unmöglich, bereits bestehende Abwasser-Reinigungsanlagen durch relativ geringe technologische Umrüstungen so umzustellen, daß anstelle wertlosen Überschußbelebtschlammes eine verfütterbare Biomasse anfällt.

Ziel der Erfindung

Das Ziel der Erfindung besteht darin, den in herkömmlichen biologischen Abwasser-Reinigungsanlagen anfallenden geringwertigen Überschußbelebtschlamm in seiner Qualität so zu verbessern, daß er als Eiweißfutterkomponente in der Ernährung von Nutztieren eingesetzt werden kann. Dabei ist insbesondere die Bedingung zu erfüllen, daß die Einrichtungen bereits bestehender herkömmlicher Abwasser-Reinigungsanlagen weiterverwendet werden können und im Vergleich zu den Investitionen, die zur Errichtung einer völlig neuen Anlage erforderlich sind, nur relativ geringfügige technologische Umrüstungen erfordern.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Da sich die Schwierigkeiten der Verwertung des Überschuß-belebtschlammes als Futtermittel aus der Wechselhaftigkeit und Uneinheitlichkeit der Mikroorganismen-Population ergeben, ist es Aufgabe der Erfindung, die erzeugte Mikroorganismen-Population dahingehend zu vereinheitlichen, daß das verbleibende Spektrum der unterschiedlichen Arten von Mikroorganismen ein Eiweiß mit hohem ernährungsphysiologischem Wert hat.

Diese erforderliche Vereinheitlichung der Mikroorganismen-Population soll ohne großen technologischen und energetischen Aufwand möglich sein, insbesondere sollen

- kein geschlossenes Fermentationssystem
- keine externe Chemikalienzufuhr zur pH-Wertregelung
- keine externe Wärmezufuhr

dazu erforderlich sein.

Merkmale der Erfindung

Die erfindungsgemäße Lösung der technischen Aufgabe besteht darin, daß die Rückführung des Belebtschlammes bzw. der Biomasse in das Belebungsbecken bzw. den Fermentor so gestaltet wird, daß die Belüftung während der gesamten Rückführung, angefangen vom Austritt des Belebtschlammes aus dem Belebungsbecken über das Passieren einer Vorrichtung zur Anreicherung des Belebtschlammes bis zum Wiedereintritt des Rücklaufschlammes in das Belebungsbecken, für höchstens 15 bis 30 Minuten unterbrochen wird.

Es handelt sich bei diesen an sich bekannten Vorrichtungen um Separatoren oder Dekantoren, die jedoch bei dem erfindungsgemäßen Verfahren in einer Weise betrieben werden, daß weder eine möglichst weitgehende Klärung des gereinigten Wassers noch eine möglichst hohe Aufkonzentration des Belebtschlammes erzielt wird; sondern daß die Verweilzeit des rückzuführenden Schlammes möglichst gering wird.

Dazu wird der Separator zweckmäßigerweise so eingestellt, daß er einen Abtrennungsgrad von 20 bis 80 %, vorzugsweise 50 %, des Feststoffes aus dem zu klärenden Wasser erreicht und die relativ leichte Phase zur schweren Phase des Separatorablaufes ein Volumenverhältnis von 1 : 2 bis 10 : 1 aufweist.

Erfindungsgemäß ist es jedoch auch möglich, durch Flotation mit Luft, z. B. durch die bekannte Druck-Entspannungsbe-
gasung, die Abtrennung des rückzuführenden Schlammes durch-
zuführen, wobei auch hierbei weder der Abtrennungsgrad noch
der Aufkonzentrierungsgrad hoch sein brauchen, sondern allein
die Bedingung erfüllt werden muß, daß während der Flotations-
zeit der Sauerstoffgehalt des flotierten Schaumes nicht unter
3 % in der Gasphase abfällt. Der flotierte Schaum ist gemäß
dem bekannten Stand der Technik in flüssige und gasförmige
Phase zu trennen und die flüssige Phase ist umgehend wieder
dem Belüftungsbecken zuzuleiten.

Es kann aus technisch-ökonomischen Gründen zweckmäßig sein,
eine Trennoperation einzusetzen, bei der der Trennvorgang
nicht so schnell verläuft wie im Separator oder Dekantor,
wobei sich eine Zeit von mehr als 30 Minuten von der Ent-
nahme aus dem Belebungsbecken bis zum Wiedereintritt des
Rückführbelebtschlammes in das Belebungsbecken ergibt. Um
die Unterbrechung der Sauerstoffzufuhr im Limit von 30 Mi-
nuten zu halten, kann der Sauerstoffgehalt des den Rück-
führbelebtschlamm enthaltenden Mediums z. B. vor und bzw.
oder nach dem Trennaggregat durch Belüftung oder Einbringen
eines sauerstoffhaltigen Gases oder durch Zufügen eines sauer-
stoffabgebenden Stoffes auf einen Gehalt von mindestens
1 mg/l Gelöstsauerstoff angehoben werden. Diese Maßnahme
kann, falls nötig, mehrmals angewendet werden.

Unter solchen erfindungsgemäßen Bedingungen werden die obli-
gaten Aerobier während der Rückführung nicht geschädigt oder
gar abgetötet, wie dies bei den bisher bekannten technischen
Lösungen, die eine mehrstündige anaerobe Phase während der
Rückführung aufweisen, der Fall ist, und der Selektionsvor-

teil, den die obligaten Aerobier im Belebungsbecken haben, wird während der Rückführung nicht zunichte gemacht.

Nach dem Unterbrechen der Belüftung wird der im Medium gelöste Sauerstoff innerhalb von 5 bis 10 Minuten von der

5 Biomasse aufgebraucht. Nach dem Verbrauch des Gelöstsauerstoffs kommt das Wachstum der obligat aeroben Mikroorganismen auf Grund der für sie ungünstigen Bedingungen zum Stillstand. Diese Phase darf nur 10 bis höchstens 20 Minuten dauern, um die Lebensfähigkeit der obligaten Aerobier nicht entscheidend zu beeinträchtigen. Nach erfolgter Rückführung in das Belebungsbecken kommen die obligaten Aerobier wieder in die für sie günstigen Milieubedingungen, und sie können nach Durchlaufen einer lag-Phase voll weiterwachsen und sich vermehren. Nach einer genügenden Anzahl von Zyklen

15 wirkt sich der Selektionsvorteil der obligaten Aerobier derart aus, daß sich die Vielfalt der anfangs vorhandenen Mikroorganismenarten drastisch verringert hat und die Biomasse zu ca. 85 % aus nur wenigen Mikroorganismenarten besteht. Gleichzeitig hat diese weitgehend vereinheitlichte Biomasse

20 die gute scheinbare Verdaulichkeit von ca. 80 % (im Standardversuch an wachsenden Ratten ermittelt).

Weiterhin wurde gefunden, daß die Zufuhr bzw. die Nichtzufuhr von Sauerstoff zum Überschuß-Belebtschlamm während der Abtrennung und weiteren Aufarbeitung zu Eiweißfutter auch bei

25 längeren aeroben bzw. anaeroben Zeiträumen, z. B. über 48 Stunden, in keiner Weise dessen Verdaulichkeit beeinflusst. Im Kreislauf des Rückführbelebtschlammes vermindern dagegen anaerobe Bedingungen, die einen Zeitraum von ca. 15 Minuten übersteigen, bereits merklich die Verdaulichkeit eines Überschußbelebtschlammes, der zu einem wesentlich späteren Zeitpunkt nach dem Durchlaufen mehrerer Zyklen aus dem Belüftungsbecken abgetrennt und zu Futter aufgearbeitet wird, wobei in der Aufarbeitungsphase der Sauerstoffgehalt des Mediums wiederum keine Rolle für die Verdaulichkeit spielt.

30 Die Entnahme des Überschußschlammes zu Fütterungszwecken kann wahlweise aus dem Rückführungsstrom des aktiven Schlammes erfolgen; sie kann aber jedoch auch aus dem nur teilweise ge-

klärten Wasser nach der vorstehend beschriebenen unvollständigen Abtrennung des Feststoffes in beliebiger vorbekannter Weise erfolgen, da hierbei die beanspruchte zeitliche Limitation der anaeroben Phase nicht gilt. Anders ausgedrückt: Zur Abtrennung des für die Fütterung vorgesehenen Schlammes kann eine Aufkonzentration durch alle bekannten Methoden erfolgen (z. B. Eindicker, Schrägklärer, Filter), da die Art und Weise der Aufkonzentration nicht Bestandteil der vorliegenden Erfindung ist.

Ausführungsbeispiele

Beispiel 1:

Stallfrische Schweinegülle wurde bei 3000 g Schwerebeschleunigung 20 Minuten lang zentrifugiert. Der Überstand, im folgenden als Güllefugat bezeichnet, wurde mittels Dosierpumpe einem Labor-Rührfermentor zugeführt, dessen Füllvolumen 1000 ml betrug. Bei einer Dosierung von 180 ml Güllefugat/Stunde wurden unter Rühren ohne Temperatur- oder pH-Regelung 35 l Luft/Stunde eingeblasen. Als Erstfüllung für den Fermentor diente eingedickter Überschußbelebtschlamm aus einer technischen Gülleaufbereitungsanlage nach dem Prinzip der biologischen Abwasserreinigung.

Der Fermentorablauf wurde weiterbelüftet und chargenweise in einer Laborzentrifuge bei 6000 g Schwerebeschleunigung 10 Minuten lang zentrifugiert, wobei jeweils die Rückstände aus der Hälfte der Zentrifugenbecher sofort in den Fermentor zurückgegeben wurden, während die andere Hälfte lyophilisiert wurde. Nachdem die Fermentation unter diesen Bedingungen 7 Tage lang ununterbrochen durchgeführt worden war und sich ein Fließ-Gleichgewicht eingestellt hatte, wurde mit der Bilanzierung des Versuches begonnen:

Es wurden folgende Werte ermittelt:

	Chemischer Sauerstoffverbrauch des Güllefugats:	25 600 mg/l
	Chemischer Sauerstoffverbrauch des Fermentorablaufs:	16 200 mg/l
5	Chemischer Sauerstoffverbrauch im Überstand des bei 6000 g 10 Minuten lang zentrifugierten Fermentorablaufs:	4 300 mg/l
	pH-Wert des Zulaufs vom Güllefugat:	6,8
	pH-Wert des Fermentorablaufs:	8,7
10	Temperatur während der Fermentation (zwischen Tag und Nacht schwankend):	299 ... 306 K
	Rückstand des Ablaufs nach Zentrifugation bei 6000 g 10 Minuten lang:	10,2 g/l
	Farbe des lyophilisierten Rückstandes:	rosa-braun
15	Geruch:	erdartig
	N-Gehalt i. TS:	12,4 %
	Rohasche i. TS:	14,0 %
	in-vitro-Verdaulichkeit (Pepsinmethode):	91 %
	in-vivo-Verdaulichkeit an Ratten (scheinbarer Verdaulichkeitsquotient):	78 %
20		

Ein gleicher Versuch wie oben beschrieben wurde durchgeführt mit dem einzigen Unterschied, daß der Fermentorablauf vor der Zentrifugation ohne Luftzufuhr 10 Stunden lang bei Raumtemperatur stehengelassen wurde. Ebenfalls nach einer kontinuierlichen Versuchsdauer von 7 Tagen ergaben sich folgende Werte im Fließgleichgewicht:

	Chemischer Sauerstoffverbrauch des Güllefugats:	25 000 mg/l
	Chemischer Sauerstoffverbrauch des Fermentorablaufs:	15 800 mg/l
30	Chemischer Sauerstoffverbrauch im Überstand des bei 6000 g 10 Minuten lang zentrifugierten Fermentorablaufs:	5 100 mg/l
	pH-Wert des Zulaufs vom Güllefugat:	6,8

	pH-Wert des Fermentorablaufs:	8,7
	Temperatur während der Fermentation (zwischen Tag und Nacht schwankend):	299 ... 306 K
	Rückstand des Ablaufs nach Zentrifugation bei 6000 g 10 Minuten lang:	9,0 g/l
5	Farbe des lyophilisierten Rückstandes:	gelbbraun
	Geruch:	fäkalartig
	N-Gehalt i. TS:	10,2 %
	Rohasche i. TS:	17,4 %
10	in-vitro-Verdaulichkeit (Pepsinmethode):	71 %
	in-vivo-Verdaulichkeit an Ratten (scheinbarer Verdaulichkeitsquotient):	53 %

- Bei ständiger bzw. nur bei der Abtrennung des Belebtschlammes für höchstens 30 Minuten unterbrochener Belüftung erhält man einen Belebtschlamm mit einem hohen Rohproteingehalt und einer guten Proteinverdaulichkeit, die mit der Verdaulichkeit von Casein vergleichbar ist. Die Gewichtszunahmen der wachsenden Ratten waren ebenso hoch wie bei der mit Casein als Standardprotein gefütterten Kontrollgruppe.
- Der Belebtschlamm, der nach dem mit längerer Unterbrechung der Belüftung arbeitenden Verfahren erhalten wurde, hat eine scheinbare Proteinverdaulichkeit von nur 53 % und die Tiere zeigen Wachstumsdepressionen (geringere Lebendmassezunahmen als die Tiere der Kontrollgruppe). Dieses Produkt ist nicht als Futtermittel einsetzbar.

Beispiel 2:

- Stallfrische Schweinegülle wird wie in Beispiel 1 fermentiert. Der Fermentorablauf wird belüftet und der Belebtschlamm wie in Beispiel 1 zur Hälfte zurückgeführt. Nach 7 Tagen nach Einstellung des Fließgleichgewichtes belüftet man eine Hälfte des Fermentorablaufs weiterhin und führt

- den Belebtschlamm dieses Teiles des Fermentorablaufs in den Fermentor zurück. Die andere Hälfte des Fermentorablaufes läßt man vor dem Zentrifugieren 10 Stunden ohne Belüftung stehen, zentrifugiert und lyophilisiert den als
- 5 Rückstand erhaltenen Überschußbelebtschlamm. Dieser Überschußbelebtschlamm unterscheidet sich nicht von dem bei ununterbrochener Belüftung des Fermentorablaufes erhaltenen Produkt.

Erfindungsanspruch

1. Verfahren zur Herstellung von Eiweißfuttermittel aus Abwasser, welches durch Reinigungsverfahren entlastet wird, die ein oder mehrere aerobe biologische Stufen und eine Rückführung von Belebtschlamm enthalten, gekennzeichnet dadurch, daß die Belüftung des Belebtschlammes bzw. des Rücklaufschlammes während der gesamten Zeit, in der sich der Rücklaufschlamm nicht im Belüftungsbecken befindet, für höchstens 15 bis 30 Minuten unterbrochen wird.
2. Verfahren nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß die Rückführung des Rückführbelebtschlammes vom Austritt aus dem Belebungsbecken bis zum Wiedereintritt innerhalb von 30 Minuten erfolgt.
3. Verfahren nach Punkt 1 bis 2, gekennzeichnet dadurch, daß die Abtrennung des Schlammes durch ein künstlich aufgebautes Schwerfeld erfolgt, dessen Beschleunigung höher als die Erdbeschleunigung ist.

4. Verfahren nach Punkt 3, gekennzeichnet dadurch, daß das künstliche Schwerefeld in einem Separator oder Dekantor aufgebaut wird.
- 5 5. Verfahren nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß die Abtrennung des Schlammes durch Flotation mit Luft erfolgt.
6. Verfahren nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß dem Medium, welches den Rückführbelebtschlamm enthält, nach jeweils maximal 30 Minuten Verarbeitungs- oder Lagerzeit 10 Luft zugeführt wird, bis eine Konzentration an Gelöst-sauerstoff von mindestens 1 mg/l erreicht ist.