



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) DD (11) 249 693 A1

4(51) C 02 F 9/00
C 02 F 3/30

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP C 02 F / 290 877 4

(22) 02.06.86

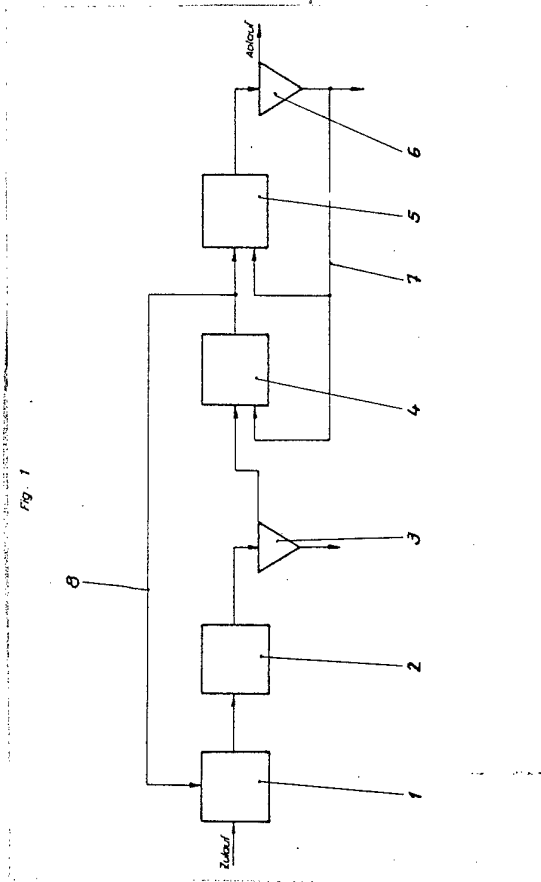
(44) 16.09.87

(71) VEB Komplette Chemieanlagen Dresden, 8012 Dresden, Ernst-Thälmann-Straße 25-29, DD

(72) Weißgärber, Hartmut, Dr.-Ing.; Langhans, Gerhard, Dr.-Ing.; Möckel, Hans-Otto, Dr.-Ing.; Schlesier, Helmut, Dipl.-Agr., DD

(54) Verfahren zur Aufarbeitung von feststoffreichem Substrat

(57) Die Erfindung stellt sich die Aufgabe, feststoffreiche Abwässer mit hohem Trockensubstanzgehalt hydraulisch beherrschbar, auch bei erhöhter Anlagenbelastung, aufzuarbeiten. Die Aufgabe wird dadurch gelöst, indem das feststoffreiche Substrat zunächst anaerob behandelt und danach eingedickt wird. Entstehender Dünnwasserablauf wird nachfolgend in einer ersten aeroben Stufe bei thermophilen Temperaturen sowie in einer sich anschließenden zweiten aeroben Stufe bei vorzugsweise mesophilen Temperaturen behandelt. Zwischen der ersten und der zweiten aeroben Stufe wird aerob erwärmte Flüssigkeit ausgekreist und in den, zur anaeroben Stufe führenden Zulauf, diesen verdünnend und gleichzeitig erwärmend, rückgeführt. In an sich bekannter Weise wird im Anschluß an die zweite aerobe Stufe durch Nachklärung gewonnener aerober Überschussschlamm teilweise abgezogen sowie teilweise in die erste aerobe Stufe und/oder die zweite aerobe Stufe rückgeführt. Fig. 1



Patentanspruch:

1. Verfahren zur Aufarbeitung von feststoffreichem Substrat, dessen Trockensubstanzgehalt mehr als 8% beträgt, wobei das zulaufende Substrat zunächst anaerob und danach aerob in zwei aufeinanderfolgenden Stufen behandelt wird, **gekennzeichnet dadurch**, daß das Substrat im Anschluß an die anaerobe Behandlung eingedickt, dabei gebildeter, stabilisierter Schlamm abgetrennt, entstehender Dünnwasserablauf in der ersten aeroben Stufe thermophil behandelt, dabei erwärmt in den Zulauf, diesen verdünnend, gleichzeitig auf mesophile Temperaturen erwärmend rückgeführt, in der zweiten aeroben Stufe bei mesophilen Temperaturen nachbehandelt und im Anschluß an die zweite aerobe Stufe durch eine Nachklärung gewonnener aerober Überschussschlamm in an sich bekannter Weise teilweise abgezogen sowie teilweise in die erste aerobe Stufe und/oder die zweite aerobe Stufe rückgeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß aerober Überschussschlamm zusätzlich teilweise in den Zulauf rückgeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß der Dünnwasserablauf in der zweiten aeroben Stufe thermophil nachbehandelt wird.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

Anwendungsgebiet

Die erfindungsgemäße Lösung ist überall dort einsetzbar, wo Betriebe, insbesondere solcher der Tierproduktion, die anfallenden Abwässer und Gülle standortbedingt weitgehend von Inhaltsstoffen entlasten müssen, um ihre weitere Ausarbeitung in kommunalen Gemeinschafts-Kläranlagen zu ermöglichen.

Bevorzugt können solche Substrate mit einem Trockensubstanzgehalt von mehr als 8% behandelt werden.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

In der Abwassertechnik stellt die Behandlung feststoffbelasteter Substrate ein besonderes Problem dar. Besonders in der Landwirtschaft, wo durch eine Konzentrierung der Tierbestände stark konzentrierte Gülle und Abwässer anfallen, bedarf es dazu geeigneter technischer Lösungen.

Zum Teil wurde bisher anfallende Gülle dekantiert, dekantierter Feststoff abgezogen und gegebenenfalls als Futtermittelzuschlag eingesetzt, was aber auch territorial zu Problemen führte.

Aber auch undekantierte Gülle, sogenannte Nullgülle, ist aufzuarbeiten.

Hierbei ist es üblich, im Anschluß an die Dekantierung aerob aufzuarbeiten, wodurch aber keine ausreichende Reinigungswirkung gewährleistet werden kann.

Man führte deshalb noch zusätzlich eine anaerobe Behandlung durch, welche außerdem noch Biogas liefert.

Das Optimum der Biogasproduktion liegt dabei bei ca. 3,0 bis 5% GTS (Gesamt-Trockensubstanzgehalt).

Das Verfahren läuft in der Regel in der Reihenfolge Feststoffabtrennung, anaerobe Behandlung, aerobe Behandlung und anschließende Eindickung des gesamten aeroben Ablaufes ab.

Bei sehr starken TS-Gehalten führte man auch Verdünnungen der Ausgangsstufe mit zusätzlicher Wasserzufuhr durch.

Nachteil hierbei ist, daß neben dem hohen Wasserverbrauch die Anlagenteile sehr stark hydraulisch belastet werden, so daß unwirtschaftliche Dimensionierungen notwendig werden und daß das Verdünnungswasser zusätzlich auf Prozeßtemperatur erwärmt werden muß.

Da für die anaerobe Aufarbeitung im Biogasreaktor Temperaturen im mesophilen Bereich sowie Temperaturkonstanz aufrechterhalten werden muß, sind dafür zusätzliche Maßnahmen notwendig, wozu meist ein Teil des erzeugten Biogases Verwendung findet.

Bei anderen, in der Praxis angewandten Verfahren wird die aerobe Behandlung vor der Faulung durchgeführt.

Nachteilig dabei ist, daß die hohen Feststoffkonzentrationen schwierig belüftbar sind. Außerdem werden die für die Biogaserzeugung wertvollsten Substratanteile in dieser vorbeschalteten aeroben Stufe schon umgesetzt, während ein Aufschluß makroskopischen organischen Materials auf Grund der kurzen Verweilzeiten nur in geringem Maße erfolgt und den eingetretenen Verlust an gelöstem Substrat nicht ersetzt.

Aus dem Patentschriftenfonds sind mehrstufige anaerobe sowie aerobe Verfahrensstufen nutzende Verfahren bekannt.

Ein in DE-OS 2676273 beschriebenes Verfahren zur biologischen Reinigung von Abwasser stellt sich das Ziel, die Biogasausbeute zu verbessern und die Schlammmenge zu verringern.

Dazu bedient man sich einer aneroben Behandlungsstufe, nachfolgender Schlammabtrennung in einer Absetzstufe, anschließender anaeroben Behandlungsstufe sowie einer weiteren Schlammabtrennstufe. Der abgesetzte Schlamm aus der zwischen der aeroben und der anaeroben Behandlungsstufe angeordneten Absetzstufe wird zum Teil in die anaerobe Stufe zurückgeführt und überschüssiger Schlamm abgeleitet. Ein Teil des in der anderen Absetzstufe gebildeten Schlammkonzentrates wird in die aerobe und ein weiterer Teil in die anaerobe Behandlungsstufe zurückgeleitet. Auch bei diesem Verfahren bleiben immer noch große Mengen Schlamm bestehen, was zu großen hydraulischen Belastungen der jeweiligen Stufen, insbesondere der Absetzstufen führt.

Bei DD-WP 217786, einem Verfahren zum Aufschluß schwer zugänglicher Inhaltsstoffe der Gülle oder Klärschlammes mit einem TS-Gehalt von 2 bis 12%, ist die Nutzbarmachung der Wärme der exotherm ablaufenden aeroben Behandlung als Prozeßenergie vorgesehen. Zunächst findet eine im mesophilen Bereich ablaufende aerobe Vorbehandlung statt. Die dabei freiwerdende Wärme soll als Energie für eine nachfolgende anaerobe Stufe dienen.

Die Lösung des WP 217786 geht davon aus, daß durch das Vorschalten der aeroben Stufe Inhaltsstoffe, die für die Methanbildung sonst nicht zugänglich wären, bakteriell verwertbar gemacht werden können. Außerdem würde die Gülle bei Verlassen der aeroben Stufe sofort ihren aeroben Charakter verlieren. Diese Lösung hat den Nachteil, daß hohe Feststoffkonzentrationen nicht belüftbar sind. Außerdem werden bereits in der aeroben Stufe die Substratanteile schon umgesetzt, die für die folgende Biogasproduktion am wertvollsten sind.

Das sind insbesondere die niedermolekularen organischen Säuren, während die Hydrolysierung hochmolekularer organischer Substanz bei den aus Effektivitätsgründen geringen hydraulischen Verweilzeiten nur in geringem Maße erfolgt.

Ein weiteres Verfahren zur Behandlung von organischem Material ohne Zufuhr von Fremdenergie, ist in DD-WP 150 192 dargelegt.

Die Behandlung organischen Materials in wäßrigen Flüssigkeiten ist in der Reihenfolge anaerob-mesophil und aerob-mesophil oder als vorzugsweise Ausgestaltung

1. Stufe: anaerob-mesophil,
2. Stufe: aerob-mesophil,
3. Stufe: aerob-thermophil

vorgesehen.

In der ersten Stufe ist vorgesehen, die Methangasmenge zu erzeugen, die zur Gewinnung der für die folgenden Stufen benötigten Prozeßenergie erforderlich ist. In der wäßrigen Flüssigkeit soll so viel vorerwärmte organische Substanz verbleiben, daß die Behandlung in der nachfolgenden zweiten und dritten Stufe bei minimaler Prozeßdauer erfolgen kann.

Nachteil dieser Verfahrensführung ist:

- Die hydraulische Beherrschbarkeit des Prozesses bleibt auf bis zu 6% Feststoffgehalt beschränkt.
- Es ist ein kompliziertes, wartungsaufwendiges und verschmutzungsanfälliges Wärmeaustauschersystem erforderlich.
- Die mehrfache Wärmeübertragung einschließlich der Wärmeträgerzwischenkreisläufe erfordert einen zusätzlichen hohen Aufwand an Pumpenenergie.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, feststoffreiche Abwässer mit nur geringem verfahrens- und apparatetechnischen Aufwand energiekostengünstig so aufzuarbeiten, daß die zulässigen Tageslasten und Temperaturen im Ablauf eingehalten werden können und außerdem ein Maximum an Biogas erzeugt wird.

Darlegung des Wesens der Erfindung

— Aufgabe

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zu entwickeln, womit die Aufarbeitung feststoffreicher Abwässer mit hohem Trockensubstanzgehalt unter Anwendung einer Kombination von anaeroben und aeroben Verfahrensstufen hydraulisch beherrschbar, auch bei erhöhter Anlagenbelastung durchführbar ist.

Der für die Biogasproduktion notwendigen organischen Inhaltsstoffe sollen maximal ausgenutzt werden.

Die während des Aufarbeitungsprozesses entstehenden Stoffe sollen auskreibar, in stabilisierter Form vorliegen, um ihre umweltfreundliche Stapelung, Kompostierung oder Feldausbringung zu gewährleisten.

— Merkmale

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, indem das zu behandelnde feststoffreiche Substrat zunächst anaerob behandelt wird. Die Biogasausbeute hängt stark von der OTS (organische Trockensubstanz)-Konzentration im Zulauf und von der Faulzeit ab.

Die günstigsten Werte der Gasproduktivität liegen bei $OTS_{\text{Zulauf}} = 20$ bis 30 kg/m^3 und Verweilzeiten von ca. 10 Tagen.

Im Anschluß an die anaerobe Behandlung wird das Substrat (Faulwasser) eingedickt und in stabilisierter Form vorliegender Schlamm abgetrennt.

Das verbleibende Dünnwasser läuft nun in die erste aerobe Stufe und wird bei thermophilen Temperaturen, anschließend in der zweiten aeroben Stufe vorzugsweise bei mesophilen Temperaturen behandelt.

Alternativ kann die zweite aerobe Stufe auch bei thermophilen Temperaturen betrieben werden, was in den Sommermonaten der Fall ist.

Beide aerobe Stufen werden als Intensivstufen gefahren, d. h. bei hohem spezifischen Sauerstoffverbrauch bis zu $1 \text{ kg O}_2/\text{m}^3\text{h}$ und Verweilzeiten zwischen 10h und 20h.

Die erste thermophile Stufe erwärmt den gesamten Substratdurchlauf. Zwischen der ersten und der zweiten Intensivstufe wird erwärmte Flüssigkeit ausgekreist und in den Zulauf rückgeführt. Der Zulauf wird dadurch auf die gewünschten Temperaturen im mesophilen Bereich erwärmt und gleichzeitig auf die gewünschte OTS-Zulaufkonzentration verdünnt, wodurch optimale Verhältnisse im nachfolgenden anaeroben Prozeß ermöglicht werden.

Damit ist es möglich, als Ausgangsmaterial sowohl hochfeststoffbelastete Abwässer, Fugate, ein Siebgülle/Fugat-Gemisch, als auch nur Siebgülle zu verwenden.

Die Verdünnung wird dann vorgenommen, wenn beim Anfahrprozeß die aerobe Aufarbeitung stabil läuft.

Die Rückführung der Flüssigkeit in Kreislauffahrweise garantiert, daß zum einen keine zusätzliche Wasserzuführung notwendig ist und zum anderen eine Aufkonzentrierung der anaeroben Stoffwechselprodukte, durch Änderung des mikrobiologischen Milieus in der anaeroben Stufe, bis in toxische Bereiche vermieden wird.

Außerdem wird der, im Anschluß an die anaerobe Stufe betriebene Faulschlammeindicker weniger mit Feinkornanreicherungen belastet und damit auch nicht in seiner Leistung beeinträchtigt.

Da der aerobe Prozeß in der ersten Stufe durchgängig thermophil verläuft, dient das Rückführwasser gleichzeitig als Substratvorwärmung des Zulaufes zur anaeroben Stufe, so daß die bekannten Verfahren notwendigen, zusätzlichen Energiequellen, beispielsweise Biogasnutzung, entfallen können.

Da gleichzeitig aerober Überschußschlamm mit rückgeführt wird, wird dieser ebenfalls ausgefault und trägt damit zu einer höheren Biogasausbeute bei und zur Auskreisung von schon stabilisiertem Schlamm bei.

Es wurde gefunden, daß bei einem OTS-Zulauf zur anaeroben Stufe von 30 bis 40 kg/m³ eine Rückführwassermenge von 400 bis 450 m³/d notwendig ist, wobei der größere Wert für die Wintermonate vorgesehen ist. Im Anschluß an beide aerobe Stufen wird der aerob behandelte Ablauf nachgeklärt. Die Überschußbiomasse und Güllefeststoffe werden in die erste aerobe Stufe und/oder die zweite aerobe Stufe in an sich bekannter Weise zurückgeführt.

Zum Bilanzausgleich ist es zweckmäßig, zeitweilig einen Teil des aeroben Dickschlammes direkt aus der Nachklärung in die anaerobe Stufe zu fördern.

Ein Teil wird zwecks Feinkornentfernung aus dem Prozeß entfernt.

Der gereinigte Ablauf kann nach der erfindungsgemäßen Behandlung einer kommunalen Kläranlage zugeführt werden.

Eine Überhitzung der aeroben Stufen wird vermieden; die geforderten Ablaufgrenztemperaturen von ca. 35°C sowie die geforderten Tageslasten im Ablauf werden eingehalten.

Durch nachschaltbare Behandlungsstufen ist jedoch auch eine Aufarbeitung bis zur Vorflutreinheit möglich.

Weitere Vorteile der Entwicklung sind:

- maximale Wärmerückgewinnung aus der ersten aeroben Behandlungsstufe durch Rückführung des heißen Ablaufes
- hydraulische Entlastung der Anlagenteile, vor allem der zweiten aeroben Stufe und der Nachklärung, wodurch die Anlagenteile biotechnologisch und hydraulisch minimiert werden können.
- Verdünnung des Substrates für die anaerobe Stufe mit gleichzeitiger Rückführung eines Teiles des aerob gebildeten Bioschlammes, damit wird eine Erhöhung der Biogasproduktion infolge der Fahrweise in nahezu optimalen Konzentrationsbereichen erreicht
- ganzjährig ausgeglichenes Temperaturniveau in der anaeroben und den aeroben Stufen durch Regelung der Rückführwassermenge, so daß nur in den Wintermonaten eine geringe Zusatzheizung notwendig werden kann.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert:

Fig. 1: zeigt ein Blockschema einer Abwasser-Aufarbeitungsanlage

Die mobil von einer Massentierhaltung antransportierte Nullgülle (Hühnergülle) wird zunächst in ein Stapelbecken gefördert. Nach erfolgter Grobstoffabsiebung und ggf. Dekantierung wird die Gülle, im vorliegenden Fall in Form von 100% Siebgülle (SG) bzw. in Form eines Gemisches, bestehend aus 50% Siebgülle und 50% Fugat (SG/F), direkt einem Homogenisier- und Stapelbehälter 1 mit einem Fassungsvermögen von 1200 m³ zugeführt.

Die Umwälzung seines Inhaltes erfolgt hydraulisch mittels von Schraubenpumpen beaufschlagten Düsen.

Da der Stapelbehälter 1 gleichzeitig der Substraterwärmung dient, ist er mit einer Wärmeisolierung versehen.

Der Stapelbehälter 1 ist einem Biogasreaktor 2 vorgeschaltet. Der Biogasreaktor 2 besteht aus zwei 5000 m³ Festdachtanks, welche separat betrieben werden. (Er kann bei kleinerem Zulauf natürlich auch auf einem Tank bestehen.)

Die Tanks sind aus Stahl gefertigt und weisen in ihrem Inneren eine Homogenisierereinrichtung auf, die eine Zirkulationsströmung im Tank erzeugt.

Bodenschichten sowie Schwimmschlammsschichten werden damit vermieden. Am zweckmäßigsten wird die Homogenisierung während der Dosierung in Betrieb gesetzt.

Der Ablauf aus dem Biogasreaktor 2 gelangt in einen typisierten Eindicker 3, wo er sedimentativ feststoffentlastet wird. Die Mantelfläche des Eindickers ist ebenfalls wärmeisoliert. Aus dem Eindicker 3 wird außerdem ausgefault, stapelfähiger Güllefeststoff ausgekreist. Für den ausgekreisten Feststoff ist ein nichtdargestellter Zwischenspeicher mit einer Stapelkapazität zwischen 3 und 6 Tagen vorhanden. Der Schlamm wird entweder direkt verwertet oder mittels ebenfalls in der Zeichnung nicht dargestelltem Dekanter nacheingedickt. Das dann anfallende Faulwasserfugat wird der aeroben Nachreinigung zugeführt. Eindickerdünnüberlauf wird ebenfalls der aeroben Behandlungsstufe zugeführt. Die aerobe Stufe besteht aus den Bioreaktoren 4 und 5.

Der erste Bioreaktor 4 wird thermophil betrieben und weist ein Füllvolumen von 650 m³ auf. Der zweite Bioreaktor 5 hat ein Füllvolumen von 700 m³ und wird mesophil betrieben. Beide Bioreaktoren sind mit einem Belüftungssystem (Druckstrahler) sowie einem mechanischen Schaumzerstörer, bekannter Bauart, versehen.

Aus einem, dem Bioreaktor 5 nachgeschalteten Nachklärer 6 wird über eine Leitung 7 aerober Überschußschlamm in den Bioreaktor 4 sowie den Bioreaktor 5 rückgeführt.

Im Anschluß an die aerobe, thermophile Behandlung im Bioreaktor 4 werden im kontinuierlichen Dauerbetrieb 450 m³/d (bei Siebgülle) bzw. 400 m³/d (bei Siebgülle/Fugat-Gemisch) Verdünnungsrückführwasser von 40–60°C über Leitung 8 in den, den Zulauf aufnehmenden Stapelbehälter 1 zugemischt.

Folgende Übersicht zeigt das Verhältnis von Zulaufmenge zur Rückführwassermenge:

	Siebgülle		Siebgülle/Fugat-Gemisch	
	Winter	Sommer	Winter	Sommer
Zulaufmenge m ³ /h	14,6	14,6	13,5	13,5
Rückführwassermenge m ³ /h	18,75	10,0	16,67	9,0

Dadurch wird die erforderliche Verdünnung auf die OTS-Zulaufkonzentration zur Faulung sowie die gleichzeitige Erwärmung des Substrates auf mesophile Prozeßtemperatur erreicht. Außerdem wird gleichzeitig mit rückgeführter aerober Überschussschlamm der nachfolgenden Faulung im Biogasreaktor 2 zugeführt.

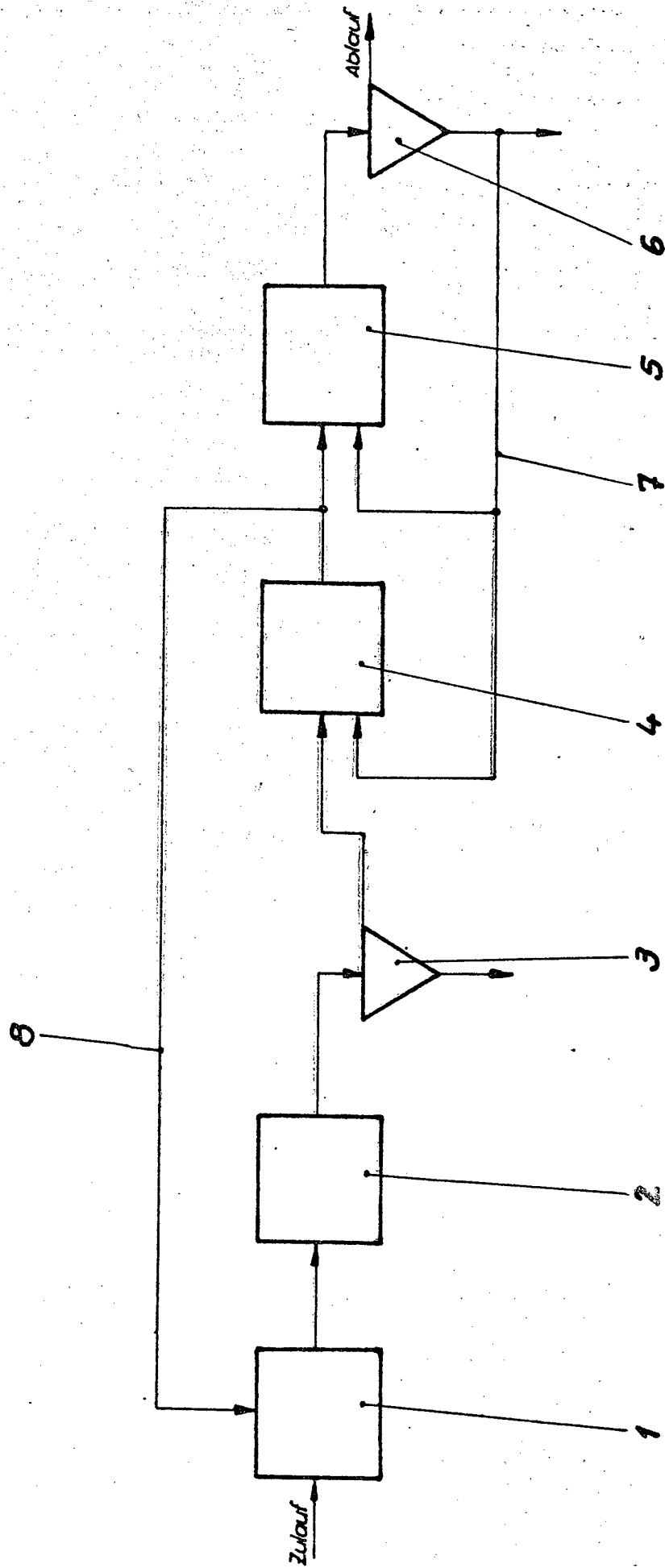
Der Biogasreaktor 2 wird mit 800 m³/d vorgewärmter Siebgülle bzw. 725 m³/d Siebgülle/Fugat-Gemisch beschickt und bei ca. 35°C betrieben.

Dabei werden Biogasproduktivitäten von 1,45 m³_N/m³d (Siebgülle/Fugat-Gemisch) und 1,58 m³_N/d (Siebgülle) als Mittelwerte erreicht mit einem Methangehalt von 73,4 bis 75 Vol.-%. Die BSB₅-Entlastung durch die Faulung liegt bei 30%, der OTS-Abbau beträgt über 40%.

Der in der Abwasseraufbereitungsanlage mit dem erfindungsgemäß durchgeführten Verfahren geringerer Ablauf von ca. 260 m³/d, in die örtliche Kläranlage einlaufend, hat noch ein BSB_{5,HOM}-Last von ca. 1300 kg/d. Für den CSV-Cr_{HOM} liegt sie bei 700...750 kg/d. Die aus der Aufbereitungsanlage ausgetragene ZTS beträgt ca. 2700 kg/d.

Sie kann direkt als Düngestoff eingesetzt werden. Es ist jedoch auch möglich, unter Beimischung geeigneter Zuschlagstoffe eine weitere Kompostierung vorzunehmen.

Fig. 1



2. JUN 1966 350973