

Anlage 4



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2007 021 887 B3 2008.03.06**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 021 887.9**

(22) Anmeldetag: **08.05.2007**

(43) Offenlegungstag: –

(45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **06.03.2008**

(51) Int Cl.⁸: **C02F 3/10 (2006.01)**

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(66) Innere Priorität:
10 2006 024 111.8 19.05.2006

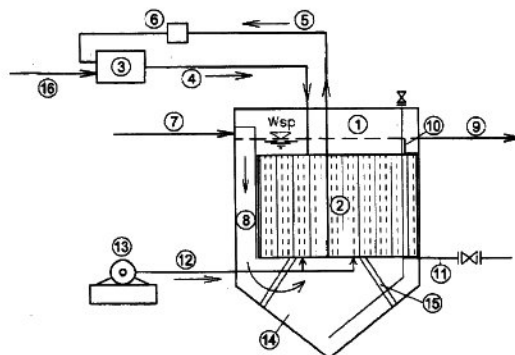
(73) Patentinhaber:
Voigtländer, Jens, Dipl.-Ing.(FH), 99423 Weimar, DE;
Mauß, Martin, Dipl.-Ing., 99610 Wundersleben, DE;
Schäfer, Armin, Dipl.-Lehrer, 99510 Apolda, DE;
Voigtländer, Gottfried, Dr. Ing., 99441 Kiliansroda, DE;
Harz, Frank, Dipl.-Ing., 99425 Weimar, DE

(72) Erfinder:
gleich Patentinhaber

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
DE 44 29 208 C1
DE 39 16 250 A1
DE 35 17 600 A1

(54) Bezeichnung: **Beheizte Festbetten zur Steigerung der Leistungsfähigkeit biologischer Kläranlagen**

(57) Zusammenfassung: Beheizte Festbetten sind anwendbar bei der biologischen Aufbereitung von organisch verschmutzten und stickstoffhaltigen Abwässern mittels aerob und anoxisch lebender Mikroorganismen. Bei niedrigen Abwasser- und Reaktortemperaturen, z.B. < 3°C für den Kohlenstoffabbau und < 10°C für die Nitrifikation und Denitrifikation, sollen die Mindestumsatzraten der Mikroorganismen durch die gezielte, energetisch optimierte Beheizung der Festbetten aufrechterhalten bleiben, ohne das vollständige Abwasservolumen erwärmen zu müssen.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Einrichtung zur biologischen Behandlung von Abwässern mit niedrigen Temperaturen.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

[0002] Alle Verfahren der biologischen Abwasserreinigung bauen auf der Nahrungs- und Fortpflanzungsstrategie sich selbst entwickelnder Bakterien auf. Wird ihnen Trägermaterial als Aufwuchsfläche angeboten, siedeln sie sich als sogenannter Biofilm darauf an. Da sie fest auf den Aufwuchsflächen fixiert sind, wird von sessilen Mikroorganismen auf Festbetten gesprochen.

[0003] Verfahrenstechnisch können diese Festbetten als eigenständige technische Gebilde in einem biologischen Reaktor betrieben werden. Sie übernehmen die gesamte Reinigung der Abwässer.

[0004] Dagegen versteht man unter kombinierten Verfahren den Einbau von fest verankerten Festbetten in das Belebtschlamm- oder ein gleich geartetes Verfahren. Hier übernehmen die Festbetten nur einen Teil der Reinigungsleistungen. Für Festbetten haben sich z. B. strukturierte Packungen aus gewellten, miteinander verbundenen Kunststoffen als geeignet erwiesen. Die Festbetten können aufwärts, abwärts oder seitwärts durchströmt werden. Die Fließrichtungen werden insbesondere bei aeroben Verfahren durch die Art der Belüftungseinrichtungen bestimmt.

[0005] Solche Verfahren und Anlagen sind z. B. aus der DE 19859 542 A1 oder der DE 3916250 A1 bekannt.

[0006] Der gegenwärtige Wissensstand wird auch prinzipiell von H.-J. Pöpel in „Festbett- und Fließbettreaktoren zur Nitrifikation und Denitrifikation als Alternative zum Belebtschlammverfahren“ (Schriftenreihe WAR 91 – TH Darmstadt, S. 101 bis 128, Hrsg.: Verein zur Förderung des Institutes WAR – Darmstadt 1996) gut beschrieben.

[0007] Darauf bezogen sind eine der Leistungsfähigkeit für aerobe und anoxische Verfahren und Vorrichtungen veröffentlicht.

[0008] So ist nach der DE 19807458 A1 eine mit Festbetten ausgerüstete biologische Kläranlage bekannt, bei der in eine mit einem Festbett ausgerüstete Klärkammer mindestens zwei Elektroden zur Erzeugung eines Stromflusses installiert werden. Dadurch kann bei abwassertypischen Temperaturen eine elektrochemische Fällung mit gleichzeitiger Erhöhung des Sauerstoffangebotes initiiert werden.

[0009] Aus der DE 3916250 A1 ist ein Mischkammerelement, eine aus mehreren Mischkammerelementen bestehende Mischkammereinheit sowie deren Verwendung zur biologischen Abwasserreinigung bekannt.

[0010] Dabei sind die Mischkammerelemente in ihren geometrischen Formen so konzipiert, dass eine vollständige Durchmischung des durchströmenden Mediums erreicht werden soll. Durch diese beabsichtigte vollständige Durchmischung des Inhalts der Mischkammerelemente bzw. der Mischkammereinheiten kann bei der Beheizung einzelner Mischkammerelemente immer die „Mischkammereinheit 28“ einschließlich ihres gesamten Medieninhaltes bis auf eine Temperatur von 37°C erwärmt werden.

[0011] Die erforderlichen hohen Energieverbräuche bei Erwärmung des jeweiligen gesamten Abwasservolumens sind bei den aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren als unwirtschaftlich anzusehen. Die Größe des zusätzlichen Energiebedarfes wird nach Kenntnis volumen- und einwohnerbezogener Richtwerte deutlich. Für traditionelle Verfahren der kommunalen Abwasserbehandlung bei Abwassertemperaturen von 8°C bis 14°C gilt in etwa:

• Abwasserteiche (ATV-A 201)	10m ³ /EW ... 3m ³ /EW
• Belebungsanlagen (Nitri/Denitri) (ATV-A 131)	0,2m ³ /EW ... 0,1 m ³ /EW
• Belebungsanlagen (aerobe Stabilisierung) (ATV-A 131)	0,6m ³ /EW ... 0,3m ³ /EW
• Festbettanlagen (KA 2002 [49], Nr. 12)	≤ 0,03m ³ /EW

[0012] Temperatursteigerungen in Reaktoren/Fermentern mit diesen Volumina waren und sind energetisch unakzeptabel. Außerdem müssten die erwärmten gereinigten Abwässer ab 30°C aus Umweltschutzgründen wieder abgekühlt werden.

Ziel der Erfindung

[0013] Um diese gravierenden Nachteile zu vermeiden, liegt der erfindungsgemäße Grundgedanke des beanspruchten Verfahrens dann, nur die Oberflächen der Festbetten und nicht die Räume der Reaktoren/Fermenter mit dem gesamten beinhaltenen Abwasservolumen zu beheizen. Kommen vorzugsweise kombinierte Verfahren zur Anwendung, so ist das Verhältnis zwischen den großen Reaktorvolumina (10 m³/EW ... 0,1 m³/EW) und den dann installierten beheizten Festbetten mit maximal 0,03 m³/EW so bedeutend, dass bei den angestrebten Temperaturdifferenzen von 2°C ... 4°C zwischen dem kalten Abwasser und den warmen Festbetten, keine Erwärmung des Abwassers spürbar wird. Mit anderen Worten: bei weiterhin niedrigen Abwasser-Schlammtemperaturen in den Reaktoren/Fermentern soll die Aktivität und Menge der die beheizten Festbetten besiedelnden Bakterien verbessert werden.

[0014] Damit sollen bei minimalen erforderlichen Energieeinsatz die Umsatzraten der sessilen heterotrophen und autotrophen Bakterien zur Behandlung von Abwässern mit niedrigen Temperaturen erhalten und gesteigert werden, z. B.

- in belüfteten Oxidationsteichen mit eingebauten Festbetten bei Abwassertemperaturen < 3°C zur Aufrechterhaltung relevanter Reinigungsleistungen;
- in Belebungsanlagen mit eingebauten Festbetten bei Abwassertemperaturen < 10°C zur Gewährleistung der Nitrifikation und Denitrifikation;

[0015] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Verfahrens nach Patentanspruch 1 sowie die Merkmale der Einrichtung nach Patentanspruch 2 gelöst.

Darlegung des Wesens der Erfindung

[0016] Die erfindungsgemäße Lösung ist anwendbar bei der biologischen Aufbereitung von organisch verschmutzten und stickstoffhaltigen Abwässern mittels aerob und anoxisch lebender Mikroorganismen. Bei niedrigen Abwasser- und Reaktortemperaturen, z. B. < 3°C für den organischen Kohlenstoffabbau und < 10°C für die Nitrifikation und Denitrifikation, sollen die Mindestumsatzraten der Mikroorganismen durch die ausschließliche Beheizung der Festbetten energetisch optimiert aufrechterhalten bleiben.

[0017] Das Wesen der Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass die biologischen Prozesse der Abwasserbehandlung temperaturabhängig verlaufen. Insbesondere sind es die dabei zutreffenden Milieubedingungen pH-Wert, Nährstoffverhältnis, Salz und O₂-Gehalt sowie explizit die Temperatur, die die Substratabbaugeschwindigkeiten gelöster Abwasserinhaltsstoffe mithilfe von aeroben, anoxischen und anaeroben Mikroorganismen bestimmen. Steigende Geschwindigkeiten können u. a. auch zu Verkürzungen der erforderlichen Reaktionsräume führen.

[0018] Im Rahmen der MONOD-Kinetik können die Wachstumsraten μ [h⁻¹] der Mikroorganismen in Abhängigkeit von unterschiedlichen Einflussgrößen theoretisch definiert werden. Die folgende darauf bezogene Gleichung beschreibt jedoch nur ein spezielles Bakterium. Mischpopulationen, wie sie insbesondere in der kommunalen Abwasserreinigung zur Anwendung kommen, können demzufolge nur dem Grunde nach charakterisiert werden.

[0019] Nach Monod ist:

$$\mu = - \frac{dS}{dt} = \mu_{\max} \cdot \frac{S}{k_s + S} \quad [\text{h}^{-1}],$$

wobei unter

- μ_{\max} = maximale Wachstumsrate [h⁻¹]
- S = Substratkonzentration [mg/l]
- k_s = Halbsättigungskonstante, abhängig u. a. von der Temperatur [mg/l]
- t = Zeit [h]

verstanden wird.

[0020] Geht man davon aus, dass das Mikroorganismenwachstum direkt proportional der Substratabbaugeschwindigkeit ist, wird die qualitativ definierbare Bedeutung der Temperatur für den Abbau der Abwasserinhaltsstoffe ersichtlich.

[0021] Im Mittelpunkt der interessierenden Betrachtungen stehen aerobe und anoxische Prozesse zur Reduzierung der organischen Kohlenstoff- und Stickstoffverbindungen mit Hilfe von heterotrophen und autotrophen Bakterien. Dabei geht es in erster Linie um die Aufrechterhaltung der Mindestsubstratabbaugeschwindigkeiten bei niedrigen Abwassertemperaturen als Voraussetzung für die Einhaltung der gesetzlichen Überwachungswerte.

[0022] Festbetten werden vom Abwasser in unterschiedlich gerichteten Strömungen umspült. Sie zeichnen sich durch große Aufwuchsflächen für die Biomasse und hohe Feststoffgehalte aus. Die Temperaturbedingungen für die angesiedelten Biomassen auf den Festbetten entsprechen den zugeführten Abwassertemperaturen.

[0023] Durch die erfindungsgemäße Beheizung der Festbetten können auf diesen den angesiedelten Mikroorganismen, unabhängig von den vorliegenden Abwassertemperaturen, idealisierte Temperaturbedingungen zur Verfügung gestellt werden. Bei der gezielten ausschließlichen Beheizung der Festbetten wird der erforderliche Energieeinsatz zur Erhaltung und Steigerung der Umsatzraten der Bakterien reduziert.

[0024] Für die Beheizung der Festbetten sind nahezu alle Wärmequellen anwendbar. Insbesondere sind die im Rahmen der anaeroben Schlammbehandlung innerhalb der Kläranlagen anfallenden alternativen Energiequellen geeignet.

[0025] Die das Festbett bildenden, das Heizmedium führenden Einbauten, z.B. Rohre aus gut wärmeleitenden Materialien, können mit wärmedämmenden Stoffen umhüllt werden. Letztere Stoffe sollten sich in Abhängigkeit von ihrer gewünschten Außentemperatur in Fließrichtung des Heizmediums verjüngen. Somit kann den auf den wärmedämmenden Stoffen siedelnden Bakterien eine nahezu konstante Temperatur garantiert werden.

[0026] Als besonderes Problem bei beheizten Festbetten tritt das schnelle Schlammwachstum mit steigenden Temperaturen und eine plötzlich fast schlagartige Entschlammung auf. Die Entfernung dieses Überschusschlammes aus dem biologischen Reaktor bedarf gesonderter konstruktiver Lösungen.

[0027] Um die Leistungsfähigkeit der entschlammten Festbetten aufrechtzuerhalten, können dessen Oberflächen mit unterschiedlichen Materialien (z. B. Textilien) beschichtet werden. Dadurch wird, wie z. B. von „schwachbelasteten Tropfkörpern“ bekannt, eine kurzzeitige totale Leistungsminderung vermieden.

Ausführungsbeispiele

[0028] Die Erfindung wird an zwei Ausführungsbeispielen mit dazugehörigen Bildern näher erläutert. Dabei zeigen:

[0029] **Fig. 1:** Schema einer Abwasserreinigungsanlage gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel

[0030] **Fig. 2:** Beheizbares Trägermaterial als Einzelelement gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel

[0031] **Fig. 3:** Schema einer Abwasserreinigungsanlage gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel

[0032] Das erste Ausführungsbeispiel zeigt entsprechend **Fig. 1** schematisch die Einrichtung mit einem aufwärts durchströmten Festbett (2). Dieses besteht aus beheizbarem Trägermaterial. Das Festbett (2) wird im biologischen Reaktor (1) auf starren Stützen (15) fest verankert. Verfahrensbezogen kann dieses Festbett (2) im Rahmen eines eigenständigen oder kombinierten Verfahren verwirklicht werden.

[0033] Dem biologischen Reaktor (1) wird über die Zulaufleitung (7) mechanisch vorgereinigtes Abwasser zugeführt. Dessen Strömungsrichtung bestimmt sich durch die Tauchwand (8). Diese garantiert die Anströmung des Festbettes (2) von unten. Der Ablauf des Abwassers aus dem biologischen Reaktor (1) erfolgt über die Überlaufschwelle (10) in den Ablauf (9) zur Nachklärung.

[0034] Auf dem beheizten Trägermaterial entsprechend Einzelelement (17) nach **Fig. 2** siedeln sich Mikroorganismen an. Infolge der durch die Beheizung geschaffenen optimalen Lebensbedingungen wachsen die Mikroorganismen schnell an und rutschen nach kurzer Zeit schlagartig aus dem Festbett (2) als Überschussschlamm in den Schlammstapelraum (14) ab. Im Schlammstapelraum wird der Überschussschlamm zwischengelagert und bei Bedarf über eine Schlammeleitung (11) zur Endbehandlung weitergeleitet.

[0035] Durch einen Kompressor (13) wird mittels einer Druckleitung (12) das Festbett (2) begast. Die Beheizung des Trägermaterials entsprechend Einzelelement (17) nach **Fig. 2** kann über die Medien Warmwasser, Öl o. ä. erfolgen. Die erforderliche definierbare Temperatur garantiert ein Wärmeaustauscher (3), der von einem externen höher temperierten Heizmedium (16) als Wärmequelle versorgt wird. Die Regelung der erforderlichen Temperaturkonstanz erfolgt über ein Steuer- und Regelorgan (6). Über die Rohre (4 und 5) wird der Heizkreislauf geschlossen.

[0036] Das in **Fig. 2** spezifizierte Einzelelement (17) besteht aus einem zusammengeschweißten Rohrsystem, vorzugsweise aus Kunststoffmaterial. Die Einzelelemente (17) können zu Rohrpaketen gebündelt werden. Diese werden von oben über die Rohrleitung (4) mit dem ausgewählten Medium, z. B. Warmwasser, beschickt und erwärmen sich. Das abgekühlte Medium wird unterhalb des Rohrpaketes gefasst und über die Rohrleitung (5) zum Wärmeaustauscher (3) zurückgeführt. Auf der Oberfläche der Einzelelemente (17) siedeln sich die Mikroorganismen als Biofilm bzw. Biomasse (18) an. Diese Biomasse (18) löst sich nach kurzer Zeit schlagartig von der Oberfläche der Einzelelemente (17) und rutscht in den Schlammstapelraum (14).

[0037] Das zweite Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 3** zeigt schematisch ein seitwärts an- und durchströmtes Festbett (22). Es besteht aus elektrisch beheizbaren Kontaktplatten, auf denen sich Mikroorganismen als Biomasse (18) ansiedeln. Die Kontaktplatten werden zu einem Heizpaket gebündelt. Das Festbett (22) wird mittels eines Metallgestelles (23) aufgeständert. Die Versorgung mit Elektroenergie erfolgt über Sonnenkollektoren (Photovoltaikanlage 19). Über ein Steuergebäude (20) kann die elektrische Anlage gesteuert werden. Dabei wird die Elektroenergie mittels aufgeständerter E-Kabel (24) auf die Kontaktplatten des Festbettes (22) übertragen. Die Energiezufuhr ergibt sich aus den definierbaren Lebensbedingungen der Mikroorganismen.

[0038] Die seitwärts gerichtete Anströmung des Festbettes (22) garantiert ein im Wasser eingetauchter Wendelbelüfter (21), von dem ein Wasser-Luft-Gemisch produziert wird. Die geometrische Entfernung des Wendelbelüfters (21) zu dem Festbett (22) beschreibt das Wesen eines kombinierten Verfahrens.

Bezugszeichenliste

1	biologischer Reaktor
2	aufwärts durchströmtes Festbett
3	Wärmeaustauscher
4	Rohrleitung
5	Rohrleitung
6	Steuer- und Regelorgan
7	Zulaufleitung
8	Tauchwand
9	Ablauf
10	Überlaufschwelle
11	Schlammleitung
12	Druckleitung
13	Kompressor
14	Schlammstapelraum
15	Stützen
16	Heizmedium, Wärmequelle
17	Einzelelement
18	Biomasse, Biofilm
19	Photovoltaikanlage
20	Steuergebäude
21	Wendelbelüfter
22	seitwärts durchströmtes Festbett
23	Metallgestell
24	E-Kabel

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erhaltung und Steigerung der Leistungsfähigkeit biologischer Kläranlagen, insbesondere bei der Behandlung von Abwässern mit niedrigen Temperaturen, bei dem zur Gewährleistung idealer Temperaturbedingungen von heterotrophen und autotrophen Bakterien ein aus sessilen Mikroorganismen bestehender Biofilm auf einem gezielt temperierbaren Untergrund angesiedelt wird, der von einem unbeheizten, kälteren Abwasser-Schlamm-Gemischen umströmt wird, wobei die dem Untergrund zugeführte Heizleistung, so geregelt wird, dass aufgrund der Größenverhältnisse zwischen dem Gesamtreaktorvolumen und den beheizten Festbett, dauerhaft nur der Untergrund, nicht aber die Abwasser-Schlamm-Gemische erwärmt werden.

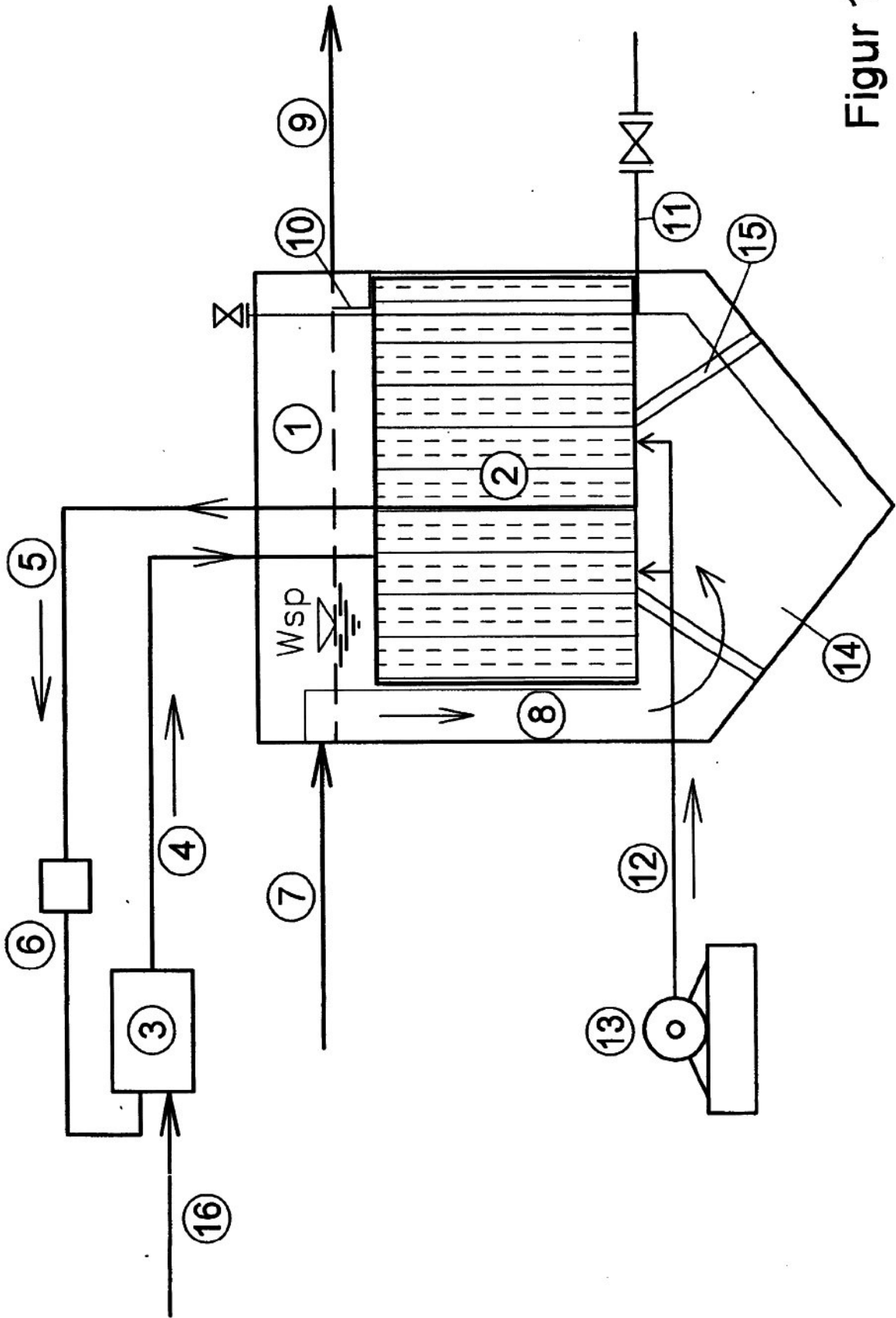
2. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, bei dem in einem biologischen Reaktor (1) ein Festbett (2; 22) angeordnet ist, dessen äußere Wandung als tragende Konstruktion und Aufwuchsfläche für einen aus sessilen Mikroorganismen bestehenden Biofilm (18) ausgebildet ist, und das Festbett (2; 22) über seinen Innenraum durch eine außerhalb des biologischen Reaktors (1) angeordnete Wärmequelle (3; 16; 19) beheizbar ist und wobei auf die äußeren Wandungen der Festbettmaterialien zusätzlich wärmedämmende Aufwuchskörper aufgebracht werden, die den Energieabtrag in die umströmten Abwasser-Schlamm-Gemische beschränken und im Sinne einer bakterienfreundlichen Außentemperatur regulieren.

3. Einrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass auf die äußeren Wandungen des Festbettmaterials zusätzliche und unterschiedliche Materialien, z. B. Textilien, zur Erhöhung und Schaffung variabler Haftungsbedingungen für die Mikroorganismen angebracht werden, um deren gleichzeitiges Abspülen von der Festbettoberfläche zu verhindern.

4. Einrichtung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass das beheizte Festbett (2, 22) im biologischen Reaktor (1) fest verankert ist.

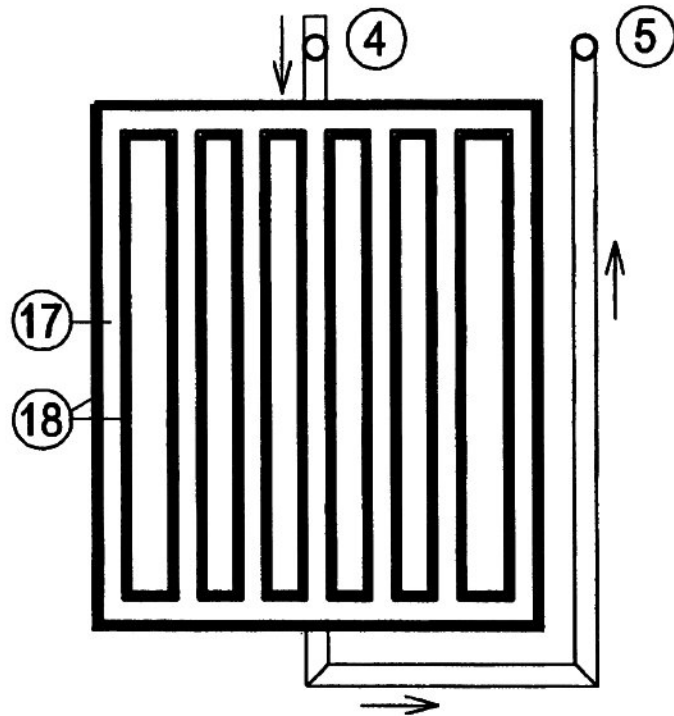
5. Einrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmezufuhr zum beheizten Festbett (2, 22) durch außerhalb vom biologischen Reaktor (1) angeordnete Steuer- und Regelanlagen (6, 20) gesteuert wird.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

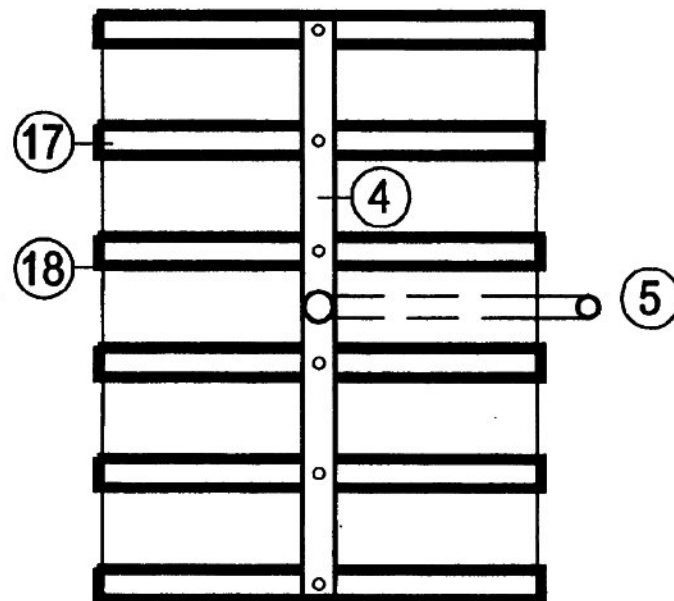


Figur 1

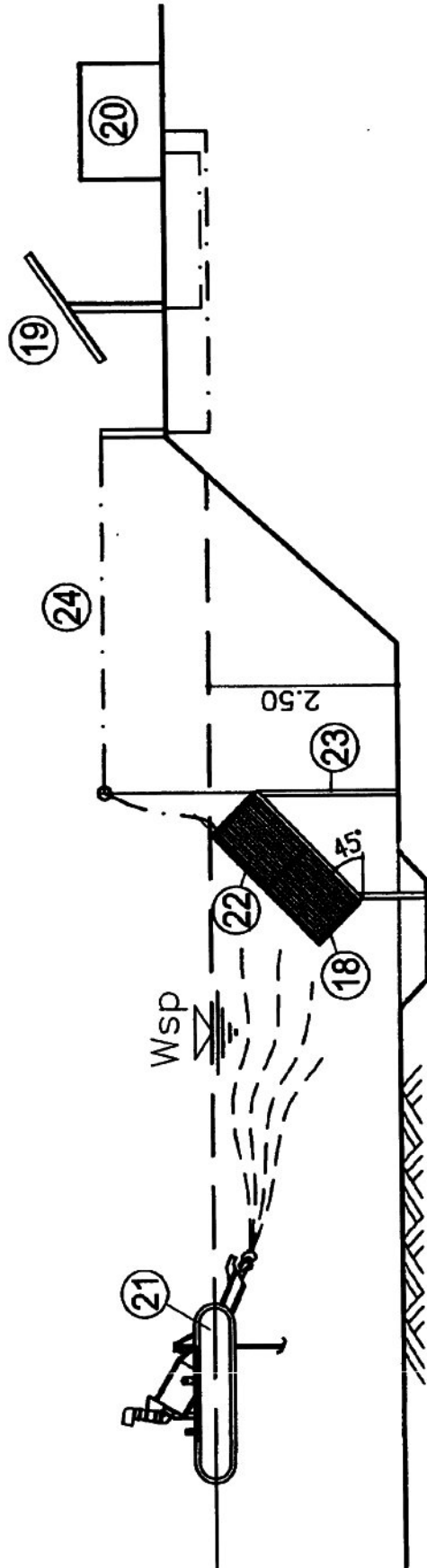
Vorderansicht



Draufsicht



Figur 2



Figur 3