

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
2. Juli 2015 (02.07.2015)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2015/096832 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:

C12M 1/107 (2006.01) C12M 1/26 (2006.01)  
C12M 1/00 (2006.01) C12M 1/34 (2006.01)  
C12M 1/06 (2006.01) C12M 1/02 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2014/100462

(22) Internationales Anmeldedatum:  
22. Dezember 2014 (22.12.2014)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2013 114 786.0  
23. Dezember 2013 (23.12.2013) DE

(71) Anmelder: AEV ENERGY GMBH [DE/DE];  
Hohendölzschener Str. 1a, 01187 Dresden (DE).

(72) Erfinder: HIMMELSTOSS, Alfons; Hohendölzschener  
Str. 1a, 01187 Dresden (DE). REITER, Roland;  
Gutweinstr. 5, 93059 Regensburg (DE).

(74) Anwalt: GOTTFRIED, Hans-Peter; Hamburger Str. 10,  
01067 Dresden (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,

BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,  
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,  
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,  
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,  
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,  
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,  
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,  
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,  
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,  
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,  
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG,  
KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,  
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,  
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,  
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,  
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

— hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu  
beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz  
3)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR OBTAINING BIOGAS

(54) Bezeichnung : VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR BIOGASGEWINNUNG

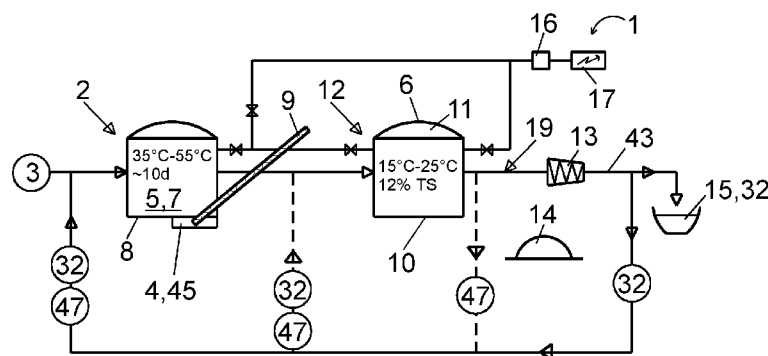


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method for producing biogas and a biogas plant (1) for wet fermentation by use of nitrogen-rich, interfering-substance-laden input substrate (3) having an ammonium nitrogen concentration of more than 5 kg NH<sub>4</sub>-N/m<sup>3</sup>, wherein a first process stage (2) is provided for interfering-substance separation and a second process stage (12) is provided for the continuous formation of acetic acid and methane at a substantially stable temperature in the psychrophilic range. The invention further relates to a fermentation tank (5, 10, 18) of a biogas plant (1), wherein the fermentation tank (5, 10, 18) has a vertically arranged screw (25) provided with a rotary drive, which screw runs in a pipe (26) that is open at both ends and substantially fills up the pipe (26), wherein the pipe (26) extends from below the substrate level to above the bottom (22) of the fermentation tank (5, 10, 18) and is firmly connected to the fermentation tank (5, 10, 18).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2015/096832 A1



- 
- *vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)*

---

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Biogaserzeugung und eine Biogasanlage (1) zur Nassvergärung unter Einsatz von Stickstoff reichem, störfstoffbeladenem Eingangssubstrat (3) mit einer Ammonium-Stickstoffkonzentration von mehr als 5 kg NH<sub>4</sub>-N/m<sup>3</sup>, wobei eine erste Prozessstufe (2) zur Störfstoffabscheidung und eine zweite Prozessstufe (12) der kontinuierlichen Essigsäure- und Methanbildung bei einer im Wesentlichen stabilen Temperatur im psychrophilen Bereich vorgesehen sind. Die Erfindung betrifft weiterhin einen Gärbehälter (5, 10, 18) einer Biogasanlage (1), wobei der Gärbehälter (5, 10, 18) eine vertikal angeordnete, mit einem rotatorischen Antrieb versehene Schnecke (25) aufweist, die in einem beidseitig offenen Rohr (26) läuft und das Rohr (26) im Wesentlichen ausfüllt, wobei das Rohr (26) von unterhalb des Substratniveaus bis oberhalb des Boden (22) des Gärbehälters (5, 10, 18) reicht und mit dem Gärbehälter (5, 10, 18) fest verbunden ist.

## Verfahren und Vorrichtung zur Biogasgewinnung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Biogasgewinnung durch die Vergärung von protein- und stickstoffreichem, störfstoffhaltigem Eingangssubstrat. Es hat  
5 sich gezeigt, dass derartige Substrate in mehrfacher Hinsicht problematisch für die Vergärung in einer Biogasanlage sind. Der hohe Stickstoffgehalt, als Ammoniumstickstoff vorliegend, führt zu einer Hemmung der Methanbildung. Dieses Problem verschärft sich insbesondere dann, wenn wegen des hohen Trockensubstanzgehalts zusätzliche Flüssigkeit zur Vergärung zugegeben werden muss, um den Prozess ordnungsgemäß  
10 führen und das Substrat rühren zu können. Eine Zugabe von Frischwasser verbietet sich sowohl wegen der hierfür anfallenden Kosten, als auch wegen der starken Zunahme des Volumens des Gärprodukts und der damit verbundenen Aufwendungen für dessen Lagerung und Transport. Deshalb wird in der Praxis eine Separation des Gärprodukts in eine trockensubstanzreiche und eine trockensubstanzarme Fraktion vorgenommen. Die  
15 trockensubstanzarme Fraktion wird dann als Prozessflüssigkeiten dem Prozess wieder zugeführt und am Beginn des Gärprozesses, beispielsweise in einer Vorgrube, dem Eingangssubstrat zugemischt. Das hat jedoch zur Folge, dass die Prozessflüssigkeit immer stärker mit Ammonium angereichert wird, was dann zu der oben erwähnten Hemmung führt.

20

Eine Lösung hierfür bietet die Druckschrift DE 10 2007 059 084 A1, nach der der Gehalt an Ammoniumstickstoff im Gärsubstrat dadurch kontrolliert werden soll, dass zusätzlich stickstoffarme Substrate zugegeben werden und weiterhin die Prozessflüssigkeit mittels eines Umkehrosroseverfahrens von dem Ammoniumstickstoff teilweise befreit wird.  
25 Hierzu ist aber stets ein weiteres Substrat, beispielsweise Bioabfall, erforderlich. Zudem stellt die Umkehrosrose ein teures und wartungsintensives Verfahren dar.

Ein anderes Verfahren, das nach dem Stand der Technik vielfach zur Absenkung des Stickstoffgehalts in der Prozessflüssigkeit Einsatz findet, ist die  $\text{NH}_3$ -Stripung.  
30 Exemplarisch sei hier die Druckschrift DD 271 896 A5 genannt. Doch dieses Verfahren ist ebenfalls aufwändig und teuer.

Weiterhin werden die im Substrat gebundenen Mineralstoffe während der Vergärung frei und sinken zum Boden des Gärbehälters. Dort bilden sie ein Sediment, dessen Schicht  
35 immer weiter anwächst, bis es die Funktion der Anlage stört und insbesondere Rühraggregate und Öffnungen für den Flüssigkeitsaustausch zwischen den Anlagenkomponenten behindert. Dann ist es erforderlich, die Sedimentschicht, die

teilweise sehr hart wird, in anderen Fällen einen Schlamm bildet, zu beseitigen. Diese Aufgabe ist zudem gefährlich, da der Sedimentschlamm auch bei vollständigem Entleeren der Anlage weiterhin Biogas abgibt, das lebensgefährlich ist, wenn es giftige Bestandteile aufweist.

5

Ein weiteres Problem bei der Verarbeitung von Eingangssubstrat mit hohem Trockensubstanzgehalt oder zähflüssigen Schlachthofabfällen zeigt sich insbesondere am Beginn des Prozesses, wenn der Trockensubstanzgehalt noch nicht durch die Zugabe von Prozessflüssigkeit eingestellt wurde. In dem Moment ist es besonders schwierig, das Substrat zu rühren, da sehr viel Rührenergie eingebracht werden muss, ohne dass dabei sichergestellt werden kann, dass in einigem Abstand vom Rührwerk immer noch ein Rühreffekt auftritt. Das führt insbesondere dazu, dass sich Totzonen im entsprechenden Behälter bilden, in denen das Substrat altert und sich festsetzt. Demgemäß vermindert sich der praktisch nutzbare Behälterinhalt oder es kommt sogar zu Funktionsstörungen.

15

Eine Lösung hierfür bietet die Druckschrift DE 20 2007 017 166 U1, wonach Substrat mit hohem Trockensubstanzgehalt zunächst mittels einer Schnecke eingebracht und in dem Gärbehälter durch eine frei im Gärbehälter angeordnete seelenlose Schnecke gerührt wird. Allerdings ist auch durch diese Schnecke ein sicheres Umwälzen des Gärsubstrats nicht gesichert, da diese allein in dem von der Schnecke überstrichenen Bereich wirkt. Zudem handelt es sich bei der aufgezeigten Lösung um eine sehr kleine Biogasanlage. Eine Skalierung in den großtechnischen Bereich scheint nicht möglich.

20

Die nach dem Stand der Technik bekannten Lösungen sind nicht geeignet, die Vergärung von Substraten mit hohem Stickstoff- und Feststoffgehalt zum Zweck der Biogaserzeugung zu ermöglichen.

25

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zu Grunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Biogaserzeugung anzubieten, mit der stickstoff- und feststoffreiche Substrate kostengünstig vergoren werden können, wobei der Prozess stabil und sicher ablaufen und ein hochwertiges Biogas erzeugt werden soll.

30

Die Aufgabe der Erfindung wird gelöst durch ein Verfahren zur Biogaserzeugung in Nassvergärung unter Einsatz von stickstoffreichem, störstoffbeladenem Substrat einer Ammonium-Stickstoffkonzentration von mehr als  $5 \text{ kg NH}_4\text{-N/m}^3$ , eine erste Prozessstufe zur Störstoffabscheidung in einem Gärbehälter und eine zweite Prozessstufe der

35

kontinuierlichen Essigsäure- und Methanbildung aus einem Gärsubstrat bei einer im Wesentlichen stabilen Temperatur im psychrophilen Bereich in einem Gärbehälter vorgesehen sind.

- 5 Die erfindungsgemäße Verfahrensführung führt dazu, dass ein verminderter Gehalt an Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) im Gärsubstrat vorliegt. Ammoniak führt zu einer Hemmung der Aktivität der an der Methanbildung beteiligten Mikroorganismen. Insbesondere kommt es neben der Prozesshemmung zu einem geringeren CSB-Abbau, geringerer Biogasproduktion, Geruchsbildung und geringerer Biogasqualität. Besonders bei der Vergärung von
- 10 eiweißhaltigen Substraten, z.B. Schlachthofabfällen, wird durch die Aktivität proteolytischer Bakterien Ammoniumstickstoff freigesetzt, was zu den vorgenannten Wirkungen führen kann. Inwieweit jedoch tatsächlich hemmendes Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) im Prozess zur Wirkung gelangt, hängt stark von der Prozesstemperatur und dem pH-Wert, seinerseits temperaturabhängig, ab. Dabei nimmt die Hemmwirkung bei höheren
- 15 Temperaturen und höheren pH-Werten zu, da sich das Ammonium-Ammoniak-Gleichgewicht zugunsten des Ammoniaks verschiebt. Zudem steigt auch der pH-Wert mit steigender Temperatur an. Mit der zweiten Prozessstufe, der Essigsäure- und Methanbildung, bei einer im Wesentlichen stabilen Temperatur im psychrophilen Bereich wird eine Verschiebung des Ammonium-Ammoniak-Gleichgewichts in der Weise erreicht,
- 20 dass wenig Ammoniak im Gärsubstrat vorliegt. Hierzu trägt auch der durch die niedrige Temperatur hervorgerufenen niedrige pH-Wert bei.

- Es kann sich bei dem Gärbehälter, der erfindungsgemäß zur Durchführung der ersten und der zweiten Prozessstufe vorgesehen ist, um ein und denselben Gärbehälter handeln
- 25 oder aber um unterschiedliche Gärbehälter in denen eine oder mehrere der vorgesehenen Prozessstufen ablaufen. Alternativ zu einer getrennten Prozessführung in unterschiedlichen Gärbehältern ist es somit auch vorgesehen, die erste und die zweite Prozessstufe gemeinsam in einem Gärbehälter ablaufen zu lassen. Dieser wird bei einer im Wesentlichen stabilen Temperatur im psychrophilen Bereich betrieben und umfasst in
- 30 der bevorzugten Ausgestaltung alle Merkmale beider Gärbehälter der Variante mit getrennt ablaufenden Prozessstufen.

- Ein störstoffbeladenes Substrat ist dadurch charakterisiert, dass zur Sedimentierung neigende Feststoffpartikel ausfallen. Dies erfolgt vielfach aber erst während des Abbaus
- 35 der Substrate, weil die Störstoffe in das Substrat fest eingebunden sind. Erst beim beginnenden Abbau, vor allem der Hydrolyse, bei der langkettige Verbindungen

aufgebrochen werden, fallen sie Störstoffe aus und setzen sich im Gärbehälter ab. Sehr häufig tritt das Problem bei Hühnerkot auf, der durch die Fütterung der Tiere Mineralstoffe aufweist. Beispielsweise diese mineralischen Stoffe sind dann als Störstoffe anzusehen. Sie fallen bei einer Prozessführung nach dem Stand der Technik erst im Laufe der Vergärung aus und stören den Prozess durch den Aufbau von Schlammschichten oder auch teilweise sehr harter, nur schwer entfernbarer und stetig wachsender Sedimentschichten. In Schlachthofabfällen hingegen können beispielsweise Knochen enthalten sein, die ebenfalls den Prozess in der Biogasanlage zu stören vermögen, wenn auch auf andere Weise. Sie können sich in Schiebern und Pumpen festsetzen und deren Funktion behindern.

Der Einsatz von Substraten mit hohem Trockensubstanzgehalt von mehr als 10 % ist ebenfalls möglich.

Besonders günstig ist es, wenn die erste Prozessstufe bei einer im Wesentlichen stabilen Temperatur im mesophilen oder thermophilen Bereich in einem ersten Gärbehälter und die zweite Prozessstufe von der ersten Prozessstufe räumlich getrennt in einem zweiten Gärbehälter abläuft. Durch die hohe Temperatur, bei der die erste Prozessstufe abläuft, wird die Störstoffabscheidung beschleunigt, so dass besonders viele Störstoffe innerhalb kurzer Zeit abgeschieden werden können. So entsteht ein pumpfähiges Material, das Pumpen, Schieber und andere Aggregate nicht beeinträchtigt. Zudem wird der Ausfall von sedimentierenden Störstoffen in den nachfolgenden Prozessstufen stark vermindert. Abgesehen von der Störstoffabscheidung in der ersten Prozessstufe kann diese zugleich auch dazu genutzt werden, die erste Phase der Biogasbildung, als Hydrolyse bezeichnet, ablaufen zu lassen. Dieser Prozess befördert außerdem die Abscheidung von Störstoffen, da mit fortschreitender Hydrolyse die Viskosität des Gärsubstrats sinkt und damit Störstoffe bereits in dieser Phase leichter ausfallen und nach unten absinken.

Besonders wichtig zur Verwirklichung der erfindungsgemäßen Vorteile sind hingegen die Methanbildung und der hierzu erforderliche Abbau der organischen Masse bei im Vergleich zu Biogasanlagen nach dem Stand der Technik sehr niedrigen Temperaturen. Bei diesen geringen Temperaturen bleibt der pH-Wert niedrig und damit auch die Ammoniumbildung gering. Zudem bleibt mehr Kohlendioxid im Substrat gelöst. In dessen Folge steigt der Methangehalt im gebildeten Biogas an.

Durch die niedrigen Temperaturen beim Methanbildungsprozess kann damit Gärsubstrat verarbeitet werden, für das ein vergleichsweise hoher Gehalt an Stickstoff charakteristisch ist und der sonst zu Prozessstörungen führen würde. Es muss also, um den Gärprozess stabil und ohne Hemmung ablaufen zu lassen, weniger Prozessflüssigkeit zur Verdünnung zugeführt werden und auch sonstige Maßnahmen zur Verminderung des Ammoniumgehalts können unterbleiben. Dadurch wird ein hochwertiges, energiereiches Biogas erzeugt und zugleich verringern sich die Kosten der Verfahrensführung. Biogas mit hohem Methangehalt lässt sich besonders günstig zur Einspeisung als Biomethan in eine Erdgasleitung verwenden, da der Aufwand zur Aufbereitung auf Erdgasqualität entsprechend geringer ist und weniger Kohlendioxid abgeschieden werden muss.

Die vorgenannten Vorteile verwirklicht auch die Verfahrensvariante, bei der beide Prozessstufen in einem einzigen Gärbehälter parallel ablaufen und der bei niedriger Temperatur (psychrophil) betrieben wird.

Vorteilhafter Weise läuft die erste Prozessstufe bei einer im Wesentlichen stabilen Temperatur zwischen 35 und 55 °C ab und die zweite Phase bei einer im Wesentlichen stabilen Temperatur zwischen 15 und 25 °C. Besonders günstig erscheint dabei für die erste Prozessstufe eine Temperatur in dem Bereich zwischen 45 und 50 °C.

Es hat sich zudem als günstig erwiesen, wenn während der ersten Prozessstufe der Austrag sedimentierender oder sedimentierter Störstoffe vorgesehen ist. Damit werden diese aus dem Prozess entfernt, ehe das Gärsubstrat durch Pumpen, Schieber, Rohrleitungen und andere Anlagenteile geführt wird. Der Austrag kann durch übliche Elemente, wie sie nach dem Stand der Technik bekannt sind, erfolgen. Dies sind beispielsweise ein Störstoffablass an einer Vertiefung im Boden des Gärbehälters oder eine Fördereinrichtung, beispielsweise eine Förderschnecke, um die abgesetzten Störstoffe nach außen zu befördern.

Vorteilhaft ist es, wenn die Störstoffe aus wenigstens einer streifenförmigen Vertiefung mit radialer Ausrichtung im Boden des Gärbehälters ausgetragen werden, in der sich die Störstoffe sammeln, wenn diese aus dem Gärsubstrat ausfallen, darin absinken und das Gärsubstrat durch ein oder mehrere Rührwerke in eine Rotation um die Vertikalachse des Gärbehälters versetzt wird. Die streifenförmigen Vertiefungen bilden einen Ruhezone, in die die beim Rühren, beispielsweise durch Tauchmotorrührwerke, entstehende Strömung nicht hineingelangt, so dass sich dort die Störstoff in Ruhe absetzen könne, ohne immer

wieder aufgewirbelt zu werden. Die vorgeschlagene Lösung bietet vor allem auch Vorteile gegenüber der nach dem Stand der Technik bekannten Lösung mit einem im Gärbehälter installierten Bodenräumer, der unzugänglich für eine Wartung und Kontrolle ist und in der Praxis regelmäßig nach verhältnismäßig kurzer Betriebszeit ausfällt.

5

Besonders günstig ist es dabei, wenn der Austrag mittels einer Austragsschnecke erfolgt, die von der Vertiefung aus durch eine Wand des Gärbehälters nach außen ragt. Eine Austragsschnecke erfasst die Störstoffe sicher und arbeitet energiesparend und wartungsarm. Die Führung der Schnecke durch die Wand führt weiterhin dazu, dass der Aufbau der Behälterdecke unabhängig von einer Durchführung durch die Schnecke gewählt werden kann. Insbesondere kann auch ein integriertes Gaslager mit Foliendach vorgesehen werden, bei dem eine Durchführung und Abdichtung schwierig oder unmöglich ist.

10

15 Weiter Vorteile ergeben sich, wenn die erste Prozessstufe zur Störstoffabscheidung in einem Störstoffabscheider ausgeführt wird. Dieser ist durch seinen Aufbau bedingt besonders geeignet, Störstoffe abzuscheiden. Aus dem Stand der Technik sind Störstoffabscheider beispielsweise aus der Bioabfallaufbereitung zur Vorbehandlung des Bioabfalls bekannt. Dort sind Störstoffe abzuscheiden, damit der Bioabfall in einer  
20 Biogasanlage verarbeitet werden kann. Hierzu wird der Bioabfall in der Regel mit Flüssigkeit aufgeschlämmt.

25

Ein Störstoffabscheider, wie er nach der vorliegenden Erfindung vorgesehen ist, kann aber besonders vorteilhaft mit einer Schnecke ausgestattet sein, wie sie zum Rühren eines Gärbehälters nach der Erfindung vorgeschlagen wird. Dabei entfällt das Aufschlämmen, da auch Substrate mit hohem Trockensubstanzgehalt verarbeitet werden können.

30

Vorteile resultieren weiterhin aus einer Separation des ausgegorenen Gärsubstrats in eine trockensubstanzreiche und eine trockensubstanzarme Fraktion. So kann die trockensubstanzreiche Fraktion bei vermindertem Transportaufwand als Dünger abgegeben oder auch einer Kompostierung zugeführt werden. Demgegenüber wird die trockensubstanzarme Fraktion direkt als Prozessflüssigkeit zur Biogasanlage zurückgeführt, um besonders vorteilhafter Weise mit dem trockensubstanzreichen  
35 Substrat vermischt zu werden, was beispielsweise in einer Vorgrobe erfolgen kann. In

diesem Fall ist eine Rückführung der trockensubstanzarmen Fraktion als Prozessflüssigkeit zur Verwendung bei der ersten Prozessstufe vorgesehen.

Besonders günstig ist es, wenn bei der Rückführung der trockensubstanzarmen Fraktion  
5 mittels eines Stickstoffreaktors eine Verringerung des Gehalts an Ammoniumstickstoff in  
der Prozessflüssigkeit erfolgt. Dabei kann der Stickstoffreaktor an jeder Stelle zwischen  
dem Separator und der Vorgrube bzw. der ersten Prozessstufe angeordnet sein. Der  
Vorteil liegt vor allem in der Gewinnung einer stickstoffarmen Prozessflüssigkeit, so dass  
das eingangs erwähnte Problem einer immer stärkeren Anreicherung von Stickstoff in der  
10 Prozessflüssigkeit vermieden wird und eine hierdurch verursachte Hemmung der  
Biogasbildung ausgeschlossen werden kann.

Damit ist der Einsatz von rückgeführter Prozessflüssigkeit im Prozess nicht dadurch  
limitiert, dass eine zu hohe Fracht an Ammoniumstickstoff eingetragen wird, wobei der  
15 Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) zu einer Hemmung der Aktivität der an der Methanbildung beteiligten  
Mikroorganismen führen würde. Insbesondere kommt es neben der Prozesshemmung zu  
einem geringeren CSB-Abbau, geringerer Biogasproduktion, Geruchsbildung und  
geringerer Biogasqualität. Besonders bei der Vergärung von eiweißhaltigen Substraten,  
z.B. Schlachthofabfällen, wird durch die Aktivität proteolytischer Bakterien  
20 Ammoniumstickstoff freigesetzt, was zu den vorgenannten Wirkungen führen kann.  
Inwieweit jedoch tatsächlich hemmendes Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) im Prozess zur Wirkung  
gelangt, hängt stark von der Prozesstemperatur und dem pH-Wert, seinerseits  
temperaturabhängig, ab. Dabei nimmt die Hemmwirkung bei höheren Temperaturen und  
höheren pH-Werten zu, da sich das Ammonim-Ammoniak-Gleichgewicht zugunsten des  
25 Ammoniaks verschiebt. Zudem steigt auch der pH-Wert mit steigender Temperatur an.

Es hat sich als vorteilhaft erwiesen wenn der Stickstoffreaktor diskontinuierlich mit den  
nachfolgend angegebenen Prozessschritten betrieben wird:

- 30 • Beschickung mit der trockensubstanzarmen Fraktion aus der Separation und  
deren Belüftung, wobei dieses Material durch Belüftung mit Sauerstoff  
angereichert wird;
- Belüftung und Nitrifikation mit Beheizung oder Kühlung, je nach  
Substrattemperatur und Umgebungsbedingungen, also von Beheizung für den  
35 Prozess der Stickstoffentfernung zu kaltem Substrat oder Kühlung von für den  
Prozess der Stickstoffentfernung zu warmem Substrat

- Rühren ohne Belüftung zur Denitrifikation,
- Absetzen von sinkfähigen Feststoffen, um eine Separation im Sinne einer Fest-Flüssig-Trennung zu erreichen, und
- Entnahme der behandelten Prozessflüssigkeit, insbesondere zur Rückführung zu einer Vorgrube oder den ersten Gärbehälter, wo die Prozessflüssigkeit dazu dient, den Trockensubstanzgehalt des Gärsubstrats einzustellen.

Es hat sich hierbei vor allen Dingen gezeigt, dass der Einsatz einer einfachen Kläranlage mit vorstehend beschriebenem Ablauf der Prozessschritte sehr kostengünstig arbeiten kann, da die nach dem Stand der Technik vorgesehenen Verfahren zur Entfernung des Stickstoffs aus dem Substrat allein beim Betrieb etwa doppelt so hohe Kosten verursachen. Es hat sich weiterhin als günstig erwiesen, wenn zwei Stickstoffreaktoren parallel betrieben werden, indem jeweils in einem der beiden Stickstoffreaktoren die Prozessschritte ablaufen, der andere währenddessen entleert und hierauf neu befüllt wird. Dann kann die Stickstoffentfernung quasikontinuierlich arbeiten.

Alternativ ist vorgesehen, dass der Stickstoffreaktor kontinuierlich betrieben wird und in diesem die Prozessschritte gleichzeitig und örtlich getrennt an unterschiedlichen Orten im Stickstoffreaktor ablaufen. Somit sieht die Erfindung auch einen vollständig kontinuierlichen Betrieb vor. Dazu ist ein langgestreckter Behälter als erfindungsgemäßer Stickstoffreaktor vorgesehen, der von der trockensubstanzarmen Fraktion durchströmt wird. An den vorgesehenen Stationen in dem Stickstoffreaktor werden, ebenso wie bei der diskontinuierlichen Variante, die entsprechenden Prozessschritte realisiert.

Besonders günstig ist es, wenn während der Prozessphase des Rührens ohne Belüftung eine Kohlenstoffquelle zugesetzt wird. Diese ist vorteilhaft, da bei der im Fall der nachgeschalteten Denitrifikation bereits erfolgten Nitrifikation im Vorfeld schon der größte Teil des in der feststoffarmen Fraktion befindlichen Kohlenstoffs abgebaut wird. Damit die Denitrifikation dennoch erfolgen kann, wird die externe Zugabe einer Kohlenstoffquelle nötig, die den Bakterien als Nahrungsquelle dient. Dieser Nährstoff muss gezielt dosiert werden, wobei zumeist der im Wasser befindliche Nitratgehalt eine geeignete Regelgröße ist.

Vorteile ergeben sich weiterhin bei der Entnahme der behandelten Prozessflüssigkeit, wenn dabei stickstoffarmes Permeat getrennt von einem Belebtschlamm entnommen wird, wobei das Permeat einer Vorgrube zum Anmischen des Eingangssubstrats oder

5 einem Störstoffabscheider zugeführt wird und der Belebtschlamm wenigstens einem der Gärbehälter oder dem Störstoffabscheider zugeführt wird. So wird neben der Gewinnung von hochwertiger Prozessflüssigkeit zusätzliches Gärsubstrats für die Biogaserzeugung geschaffen und die Biogasproduktion gesteigert. Der Belebtschlamm führt außerdem zu einer schnelleren Aktivierung der frisch eingebrachten Substrate, so dass eine noch schneller Freisetzung von Störstoffen erfolgt.

10 Besonders bevorzugt ist ein Verfahrensschritt, bei dem das Gärsubstrat der ersten Prozessstufe der Störstoffabtrennung durch eine vertikal angeordnete, mit einem rotatorischen Antrieb versehene Schnecke umgewälzt wird, wobei die Schnecke in einem beidseitig offenen Rohr läuft und das Rohr im Wesentlichen ausfüllt. Das Rohr reicht von unterhalb des Gärsubstratniveaus bis oberhalb des Bodens des Gärbehälters und ist mit dem Gärbehälter fest verbunden. Durch das Schneckenrührwerk können auch hochviskose Gärsubstrate mit hohem Gehalt an Trockensubstanz sicher und unter  
15 verhältnismäßig geringem Energieeinsatz gerührt bzw. umgewälzt werden, ohne dass Totzonen im Gärbehälter entstehen, in denen ein Gärsubstrat permanent verbleibt, ohne umgewälzt zu werden. Das Schneckenrührwerk presst nämlich zwangsweise das Gärsubstrat durch das Rohr. Wird das Gärsubstrat unten aus dem Rohr herausgedrückt, steigt der Druck im unteren Teil des Gärbehälters an, so dass es wiederum in dem  
20 Zwischenraum zwischen Rohr und Außenwand des Gärbehälters nach oben geschoben wird, um wieder zu der Schnecke zu gelangen.

Für die Schnecke ist Links- und Rechtslauf vorgesehen. Das führt beispielsweise dazu, dass sich diese bei einer Blockierung durch einen zu großen Störstoff selbsttätig wieder  
25 freiarbeiten kann.

Die Erfindung wird weiterhin gelöst durch eine Biogasanlage zur Nassvergärung von stickstoffreichem, störstoffbeladenem Eingangssubstrat bei dem zur Sedimentierung neigende Feststoffpartikel ausfallen, mit einer Ammonium-Stickstoffkonzentration von  
30 mehr als  $5 \text{ kg NH}_4\text{-N/m}^3$ , wobei wenigstens ein Gärbehälter zur Durchführung einer ersten Prozessstufe der Störstoffabtrennung aus dem Gärsubstrat und zur Durchführung einer zweiten Prozessstufe der Essigsäurebildung und der Methanbildung zum Betrieb bei einer im Wesentlichen stabilen Temperatur im psychophilen Bereich und eine Austragvorrichtung zum Austrag sedimentierender oder sedimentierter Störstoffe  
35 vorgesehen sind. Es ist, entsprechend der Darstellung zum erfindungsgemäßen Verfahren, ein oder mehrere Gärbehälter vorgesehen, so dass die erste und die zweite

Prozessstufe einem Gärbehälter oder verteilt auf mehrere Gärbehälter ablaufen. Der erste Gärbehälter ist insbesondere geeignet, in diesem die Hydrolysephase, die Vorversäuerung des Gärsubstrats unter Abbau langkettiger Kohlenwasserstoffe, und/oder den Störstoffausfall und Austrag ablaufen zu lassen. Gärsubstrat mit hohem  
5 Trockensubstanzgehalt von mehr als 10 % kann gut verarbeitet werden.

Vorteilhaft ist es, wenn wenigstens eine streifenförmige Vertiefung mit radialer Ausrichtung im Boden des Gärbehälters vorgesehen ist, in die die Austragvorrichtung in der Weise hineinragt, dass angesammelte Störstoffe aufnehmbar sind. Wie oben bei der  
10 Beschreibung des erfindungsgemäßen Verfahrens dargestellt, lassen sich hierdurch besonders günstig Störstoffe austragen, indem auf teure und störanfällige technische Einrichtungen verzichtet werden kann.

Wenn für die Biogasanlage ein gesonderter Störstoffabscheider vorgesehen ist, können  
15 Störstoffe besonders effizient aus dem Gärsubstrat entfernt werden. Dieser ist bevorzugt mit einer erfindungsgemäßen Schnecke ausgestattet, mit der das Gärsubstrat sicher und energiesparend umgewälzt wird, auch wenn es eine hohe Viskosität aufweist.

Vorteilhaft ist es weiterhin, wenn ein erster Gärbehälter zum Betrieb bei einer im  
20 Wesentlichen stabilen Temperatur im mesophilen oder thermophilen Bereich zur Durchführung der ersten Prozessstufe und ein zweiter Gärbehälter zur Durchführung der zweiten Prozessstufe vorgesehen sind. Durch die Trennung der Prozessstufen ist die erste Prozessstufe besonders effizient durchführbar, da durch die mesophile oder thermophile Temperatur ein schnellerer Abbau des Gärsubstrats in der Weise erfolgt,  
25 dass Störstoffe schnell freigesetzt und abgeschieden werden können.

Zudem hat es sich als günstig erwiesen, wenn ein Separator zur Separation des ausgegorenen Gärsubstrats in eine trockensubstanzreiche Fraktion und eine trockensubstanzarme Fraktion und eine Einrichtung zur Rückführung der  
30 trockensubstanzarmen Fraktion als Prozessflüssigkeit zur Verwendung in dem ersten Gärbehälter vorgesehen sind. Wenn es auch möglich ist, einen Gärrest unmittelbar als Prozessflüssigkeit einzusetzen, vor allem wenn dieser dünnflüssig und arm an Trockensubstanz ist, so resultieren aus einer Separation Vorteile. Die Kapazität der Anlage wird besser genutzt, da Trockensubstanz nur in geringem Umfang doppelt durch  
35 die Anlage geführt wird. Zudem kann separierte Trockensubstanz als Dünger ausgebracht oder weiterverarbeitet, z.B. getrocknet werden.

Besonders günstig ist es jedoch, wenn die Einrichtung zur Rückführung der trockensubstanzarmen Fraktion einen Stickstoffreaktor aufweist, der den Stickstoffgehalt in der Prozessflüssigkeit senkt. Damit ist deren Einsatz im Prozess nicht dadurch limitiert, dass eine zu hohe Fracht an Ammoniumstickstoff eingetragen wird, wobei der Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) zu einer Hemmung der Aktivität der an der Methanbildung beteiligten Mikroorganismen führen würde, wie eingangs bei der Beschreibung des erfindungsgemäßen Verfahrens beschrieben. Es ergeben sich also diesbezüglich Vorteile in zweifacher Hinsicht, neben der günstigen Verfahrensführung, die die nachteilige Wirkung des Ammoniaks vermeidet, wird zusätzlich der Eintrag weiteren Ammoniumstickstoffs vermieden, indem dieser aus der Prozessflüssigkeit entfernt bzw. sein Gehalt gesenkt wird.

Die Erfindung wird weiterhin gelöst durch einen Gärbehälter zur Durchführung einer Prozessstufe der Störstoffabtrennung aus dem Gärsubstrat, wobei der Gärbehälter eine vertikal angeordnete, mit einem rotatorischen Antrieb versehene Schnecke aufweist, die in einem beidseitig offenen Rohr läuft und das Rohr im Wesentlichen ausfüllt. Das Rohr reicht von unterhalb des Substratniveaus bis oberhalb des Bodens des Gärbehälters und ist mit dem Gärbehälter fest verbunden. Schnecke und Rohr bilden zusammen ein Schneckenrührwerk, das die erfindungsgemäßen Vorteile verwirklicht, wie vorstehend zum erfindungsgemäßen Verfahren beschrieben.

Besonders günstig ist es, wenn die Schnecke, zusammen mit dem Rohr, zentral im Gärbehälter angeordnet ist. Dann kann das nach oben zurückströmende Gärsubstrat allseitig in gleicher Menge wieder zum Eingang der Schnecke geführt werden. Diese Anordnung ist besonders vorteilhaft, wenn das Rohr doppelwandig ausgeführt ist, zwischen den beiden Wänden ein Wärmeträgermedium zirkuliert und das Rohr damit der Beheizung des Gärsubstrats dient. Das Wärmeträgermedium kann dabei zwischen den beiden Wänden des Rohres frei zirkulieren, in Rohrschlangen geführt werden oder auf andere geeignete Weise eingebracht werden. Mit einer solchen Art der Beheizung sind zahlreiche Vorteile verbunden. Zunächst bietet diese Lösung eine sehr große Heizfläche, so dass der Wärmeübergang in das Gärsubstrat allein hierdurch sehr gut ist. Weiterhin bildet sich durch die Zwangsführung des Gärsubstrats mittels Schneckenrührwerk keine Grenzschicht an der Rohrwand aus und das Substrat wird bei sehr gutem Wärmeübergang optimal aufgewärmt. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass durch das ständige Vorbeiführen des Gärsubstrats am Rohr, vor allem in dessen Innerem, im

Wirkungsbereich der Schnecke, aber auch an der äußeren Wand des Rohrs, die Oberfläche stetig von anhaftendem Gärsubstrat befreit wird. Dadurch kann mit höherer Vorlauftemperatur geheizt werden, ohne dass ein Anbacken von Gärsubstrat, wie dies bei herkömmlichen Heizungen bei Biogasanlagen häufig der Fall ist, zu befürchten wäre.

5

Als vorteilhaft hat es sich erwiesen, wenn der Boden des Gärbehälters trichterförmig ausgebildet ist und im Zentrum des Trichters eine Einrichtung zum Austrag von sedimentierenden oder sedimentierten Stoffen vorgesehen ist. In dem Fall sammeln sich die Störstoffe im Zentrum und können von dort mit einer geeigneten Einrichtung aus dem

10 Gärbehälter entfernt werden.

Dabei ist es besonders günstig, wenn die Einrichtung zum Austrag von sedimentierenden oder sedimentierten Stoffen als Störstoffablass ausführt ist. Ein solcher Störstoffablass ist kostengünstiger und weniger verschleißanfällig als andere Einrichtungen, beispielsweise

15 Austragsschnecken. Der Störstoffablass muss nur regelmäßig betätigt werden, damit sich die Sedimente nicht verhärten.

Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung sind den nachfolgend dargestellten Ausführungsbeispielen zu entnehmen. Es zeigen:

20

Fig. 1: schematisch eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Biogaserzeugung mit einer ersten Prozessstufe zur Störstoffabscheidung;

Fig. 2: schematisch eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Biogasanlage zu Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zu Biogasbildung;

25 Fig. 3: schematisch ein Detail der erfindungsgemäßen Biogasanlage im Schnitt;

Fig. 4: schematisch eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Biogasanlage zu Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zu Biogasbildung;

Fig. 5: schematisch eine Schnittdarstellung einer Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Gärbehälters mit Schneckenrührwerk;

30 Fig. 6: schematisch eine Draufsicht des Gärbehälters mit Schneckenrührwerk;

Fig. 7: schematisch eine Darstellung einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens bzw. der hierfür erforderlichen Vorrichtung zur Stickstoffentfernung aus dem bereits vergorenen Gärsubstrat;

35 Fig. 8: schematisch diskontinuierliche Prozessschritte einer Vorrichtung zur Stickstoffentfernung als Verfahrensschaubild;

Fig. 9: schematisch kontinuierliche Prozessschritte einer Vorrichtung zur Stickstoffentfernung als Verfahrensschaubild;

Fig. 10: den Temperatureinfluss auf die Gasbildung im Biogasprozess in einem Diagramm;

5 Fig. 11: den Einfluss des pH-Wertes im Bereich 5 bis 12 auf das Verhältnis der Konzentrationen von Ammonium ( $\text{NH}_4$ ) und Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) im Biogasprozess in einem Diagramm;

Fig. 12: den Einfluss des pH-Wertes im Bereich 6 bis 8 auf das Verhältnis der Konzentrationen von Ammonium-Stickstoff ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ) und undissoziiertem Ammoniak ( $\text{NH}_3$ )

10 im Biogasprozess in einem Diagramm und

Fig. 13: den Einfluss von Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) auf die Hemmung des Biogasprozesses in einem Diagramm.

Fig. 1 zeigt schematisch einen Verfahrensablauf einer erfindungsgemäßen  
15 Biogaserzeugung 1 mit einer ersten Prozessstufe 2 zur Störstoffabscheidung. In dieser ersten Prozessstufe 2 werden die vorgesehenen Eingangssubstrate 3, die viel Protein und/ oder viel Stickstoff enthalten, behandelt. Dabei handelt es sich insbesondere um Hühnertrockenkot, Fleisch, Schlachtabfälle, Innereien, Blut, Broiler- bzw. Hähnchenmist, Entenmist, Putenmist oder Geflügelmist. Dabei werden aus dem Eingangssubstrat 3  
20 Störstoffe 4 wie zum Beispiel Sand oder Knochen abgeschieden, wobei sich auch eine Hydrolyse oder Vorversäuerung in dieser ersten Prozessstufe 2 vollziehen kann.

Die erste Prozessstufe 2 läuft in einem ersten Gärbehälter 5 ab, der bevorzugt einen integrierten Gasspeicher 6 für Biogas 11 aufweist. Die vorgesehene mittlere Verweilzeit  
25 des Gärsubstrats 7 in diesem Gärbehälter 5 beträgt in der bevorzugten Ausgestaltung etwa zehn Tage. Andere Verweilzeiten, die kürzer oder länger dauern, sind vorgesehen.

Die Abscheidung der Störstoffe 4 erfolgt in der Weise, dass das Gärsubstrat auf eine mesophile oder thermophile Temperatur aufgeheizt wird und bei dieser hohen Temperatur  
30 das Gärsubstrat 7 dünnflüssiger wird und die schwereren Störstoffe 4 leichter zum Boden 8, insbesondere in eine Vertiefung 45 sinken können. Zudem werden bei der Hydrolyse oder Vorversäuerung bereits langkettige Kohlenwasserstoffe aufgebrochen, wodurch sich die Fließfähigkeit des Gärsubstrats 7 erhöht und die Viskosität sinkt. Auch dieser Vorgang trägt dazu bei, dass Störstoffe 4 schneller zum Boden 8 des Gärbehälters 5 sinken.

Die Störstoffabscheidung wird in dieser ersten Prozessstufe 2 beschleunigt, indem erhöhte Temperaturen, zwischen 30 und 65 °C, bevorzugt zwischen 35 und 55 °C, besonders bevorzugt zwischen 45 und 50 °C, für den Prozessablauf stabil eingestellt werden. Die Pumpfähigkeit des Gärsubstrats 7 wird erhöht. Die zum Boden 8 bzw. in die  
5 Vertiefung 45 gesunkenen Störstoffe 4 werden durch eine Austragvorrichtung 9 entfernt.

Das störstoffarme Gärsubstrat 7 wird dann in einen zweiten Gärbehälter 10 gepumpt, in dem die Essigsäurephase und die Methanisierung erfolgen. Dies sind die letzten Stufen der Biogaserzeugung, da hierbei insbesondere das energiereiche Gas Methan als  
10 wichtiger Bestandteil des Biogases 11 entsteht.

Für ein qualitativ hochwertiges Biogas 11 ist es interessant, dass der Methangehalt hoch ist im Vergleich zu dem zweiten wichtigen Bestandteil, dem Kohlendioxid. Der Anteil an Kohlendioxid in Biogas 11 korreliert mit der Prozesstemperatur, so dass bei niedriger  
15 Prozesstemperatur der Kohlendioxidgehalt niedrig und der Methangehalt entsprechend hoch ist (vgl. Fig. 7). Ein solcher Prozess zur Biogasbildung wird als psychrophiler Prozess bezeichnet und läuft bei etwa 15 bis 25 °C ab.

Es hat sich weiterhin überraschend gezeigt, dass durch die niedrige Temperatur auch der  
20 Ammoniumgehalt im Gärsubstrat 7 sinkt. Weiterhin ist bei niedriger Temperatur die Löslichkeit für Kohlendioxid im Gärsubstrat 7 verbessert, was zusätzlich den Gehalt an Kohlendioxid im gebildeten Biogas 11 vermindert und außerdem den pH-Wert absenkt. Das hat zur Folge, dass bedingt durch die niedrigen Temperaturen mit höheren Stickstoffkonzentration im Gärsubstrat 7 gearbeitet werden kann und weniger  
25 Prozessflüssigkeit zugeführt werden muss, die ansonsten zur Verdünnung und damit Absenkung des Stickstoffgehaltes im Gärsubstrat 7 erforderlich wäre.

Nach der zweiten Prozessstufe 12 wird das vergorene Gärsubstrat 19 einer Separation 13 zugeführt und in eine trockensubstanzreiche Fraktion 14 und eine trockensubstanzarme  
30 Fraktion 15 getrennt. Die trockensubstanzarme Fraktion 15 wird als Prozessflüssigkeit 32 mit Hilfe einer Einrichtung 43 zur Rückführung der Prozessflüssigkeit 32 zum Beginn des Biogasprozesses geführt. Zu Einzelheiten hierzu vergleiche Fig. 5 und die zugehörige Beschreibung.

35 Das bei der Methanisierung entstehende Biogas 11 wird, gegebenenfalls nach entsprechender Gasreinigung 16, in einem Blockheizkraftwerk 17 in Kraft-Wärme-

Kopplung genutzt. Andere Nutzungen, beispielsweise zur Einspeisung in das Gasnetz als Biomethan oder zur Nutzung in Kraftfahrzeugen, sind vorgesehen. Auch das wasserstoffreiche Gas aus der ersten Prozessstufe 2 kann bei entsprechender Eignung und/ oder Aufbereitung genutzt werden.

5

Prozessflüssigkeit 32 und/oder trockensubstanzarmer Gärrest 47, beispielsweise aus der Vergärung von Gülle oder flüssigem Bioabfall, wird dem ersten Gärbehälter 5 zugeführt, um dort den Trockensubstanzgehalt des Gärsubstrat 7 zu senken und/oder den Biogasprozess durch Zugabe aktiven Materials schneller zu starten und mit höherer Effektivität ablaufen zu lassen. Entsprechendes gilt für eine Zuführung von Prozessflüssigkeit 32 und/oder trockensubstanzarmem Gärrest 47 zum Gärbehälter 10, wo ebenfalls ein für den Biogasprozess optimaler Trockensubstanzgehalt eingestellt werden kann und der Biogasprozess eine höhere Effektivität erfährt.

15 Fig. 2 zeigt schematisch eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Biogasanlage 1 zu Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zu Biogasbildung. Dabei wird der gesamte Prozess von der Störstoffabscheidung bis zur Biogasbildung in einem einzelnen Gärbehälter 18 vorgenommen, in dem alle Prozessstufen gleichzeitig ablaufen.

20

Dieser Gärbehälter 18 wird psychrophil, bei niedriger Temperatur, beispielsweise im Wesentlichen konstant zwischen 15 und 25 °C, betrieben, so dass ebenso ein niedriger Ammoniakgehalt vorliegt (siehe dazu Fig. 11, 12 und 13 sowie die zugehörige Beschreibung). Wie auch bei der Essigsäurebildung und Methanisierung bleibt mehr Kohlendioxid als Kohlensäure im Gärsubstrat 7 gebunden und der Prozess führt bei (zusätzlich säurebedingt) niedrigem pH-Wert zur Bildung eines hochwertigen Biogases 11 mit hohem Methananteil. Dieses Gas wird ebenfalls einer Nutzung, wie vorstehend beschrieben, zugeführt. Das vergorene Gärsubstrat 19 wird wiederum einer Nachbehandlung zugeführt, wie näher in Fig. 7 bzw. auch Fig. 8 und 9 beschrieben.

30

Fig. 3 zeigt den Schnitt A-A durch den Gärbehälter 18 mit Blick auf den Boden 8. Dort ist die Vertiefung 45 eingebracht, in der, wie vorstehend beschrieben, sich Störstoffe absetzen. In die Vertiefung 45 ragt die Austragvorrichtung 9 hinein und transportiert die Störstoffe durch die Behälterwand hindurch nach draußen. Der Durchbruch in der Behälterwand ist unproblematisch, da die Austragvorrichtung 9 dennoch über den Flüssigkeitsspiegel hinausragt und somit keine Leckage auftreten kann. Zudem wird ein

35

Durchbruch im Dachbereich vermieden, der zu einer Festlegung auf eine feste Abdeckung führen würde, so dass in einem solchen Fall kein Foliendach als integrierter Gasspeicher einsetzbar wäre.

5 Fig. 4 zeigt schematisch eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Biogasanlage zu Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zu Biogasbildung, bei der ein speziell ausgebildeter Störstoffabscheider 46 zum Einsatz kommt. Dieser ist bevorzugt mit einer erfindungsgemäßen Schnecke ausgestattet, um das störstoffarme dicke, in der Regel höherviskose Eingangssubstrat 3 im Wesentlichen vollständig und  
10 unter verhältnismäßig geringem Energieeinsatz rühren zu können. Der Störstoffabscheider 46 gibt den Störstoff 4 ab und leitet entsprechend vorbehandelte des Gärsubstrats 7 an den Gärbehälter 18.

Im Gärbehälter 18 wird das Gärsubstrat 7 bei niedriger Temperatur, in einem psychrofilen  
15 Prozess vergoren und dabei Biogas 11 produziert, das in einem Blockheizkraftwerk 17 (Kraft-Wärme-Kopplung mit Erzeugung von elektrischem Strom) verwertet wird. Andere Verwertungen nach dem Stand der Technik sind vorgesehen.

Weiterhin ist ein Endlager 48 vorgesehen, in das das vergorene Gärsubstrat 19  
20 eingebracht wird. Dort kann sich das Gärsubstrats abkühlen, beruhigen und eine Menge Restgas abgeben, bevor es in den Separator 13 in eine feste und eine flüssige Phase, also die trockensubstanzreiche Fraktion 14 und die trockensubstanzarme Fraktion 15 getrennt wird.

25 Letztere wird in den Stickstoffreaktor 30 geleitet, wo wie nachstehend dargestellt (vgl. Fig. 7, 8 und 9 sowie zugehörige Beschreibung) ein Stickstoffabbau erfolgt und eine stickstoffarme Prozessflüssigkeit 32 sowie ein Belebtschlamm 33 abgegeben werden.

Der Belebtschlamm 33 wird dem Störstoffabscheidung 46 und/oder direkt dem  
30 Gärbehälter 18 zugeführt. In beiden Fällen sorgt er für eine schnelle Aktivierung von Vorrecht zugeführtem eingangs Substrat, so dass die Biogasproduktion und der anaerobe Abbau der Biomasse schnell einsetzen. Das führt bei dem Störstoffabscheider 46 dazu, dass in kürzerer Zeit mehr Störstoffe durch den schnell einsetzenden Abbau abgeschieden werden können und bei dem Gärbehälter 18 wird ein höherer Umsatz der  
35 Biomasse und eine insgesamt höhere Effektivität des biologischen Teils der Biogasanlage erreicht. Unverzüglich

Weiterhin ist in dem dargestellten Ausführungsbeispiel eine Vorgrube 44 vorgesehen, in der Eingangssubstrat 3', das keiner Störstoffabscheidung bedarf, eingesetzt und mit Prozessflüssigkeit 32 angemischt werden kann. Danach kann dieses vorbehandelte  
5 Eingangssubstrat 3' unmittelbar in den Gärbehälter 18 eingeführt werden. Das störstoffarme Eingangssubstrat 3' kann zusätzlich dem Störstoffabscheider 46 zugeführt werden, um eine optimale Mischung zu erhalten.

Fig. 5 zeigt schematisch eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Gärbehälters 5,  
10 10, 18 mit Schneckenrührwerk 20. Dieser ist besonders vorteilhaft bei der ersten Prozessstufe einsetzbar, da höherviskose Eingangssubstrate 3 oder Gärsubstrate 7 mit hohem Trockensubstanzgehalt zwangsweise und damit sicher gerührt werden können. Zudem ist eine sehr einfache und funktionssichere Möglichkeit der Abtrennung von Störstoffen vorgesehen. Diese besteht in einem Störstoffablass 21, der sich in der Spitze  
15 eines trichterförmig nach unten zulaufenden Bodens 22 befindet. Dort können regelmäßig die Störstoffe, noch ehe es zu einer Sedimentierung und Verhärtung gekommen ist, auf einfache Weise abgelassen werden.

Das Rühren selbst erfolgt mittels einer zentral im Gärbehälter 5, 10, 18 mit  
20 Schneckenrührwerk 20 angeordneten Antriebswelle 23, die bevorzugt von oben durch einen Getriebemotor 24 angetrieben wird, so wie bei Zentralrührwerken nach dem Stand der Technik bekannt. Die vom Getriebemotor 24 in Drehung versetzte Antriebswelle 23 bewegt eine Schnecke 25 die in einem Rohr 26 läuft, dass durch Befestigungen 27 mit der Wand des Gärbehälters 5, 10, 18 fest verbunden ist.

25

In diesem Rohr 26 wird das Eingangssubstrat 3 oder das Gärsubstrat 7 durch die Schnecke 25 nach unten gedrückt, wo die Störstoffe ausfallen können. Wenn im unteren Bereich des Gärbehälters 5, 10, 18 der Druck entsprechend ansteigt, wird das Eingangssubstrat 3 oder das Gärsubstrat 7 in den Bereich zwischen der inneren Wand  
30 des Gärbehälters 5, 10, 18 und der äußeren Wand des Rohres 26 gedrückt und gelangt dort wieder nach oben im Gärbehälter 5, 10, 18, wo es erneut von der Schnecke 25 erfasst wird. Dadurch ist gewährleistet, dass in dem Gärbehälter 5, 10, 18 keinerlei unberührte Totzone entsteht, ausgenommen im Bereich des Störstoffablasses 21, wo dieses aber zum Zweck des Absetzens von Störstoffen erwünscht ist.

35

In der dargestellten, besonders bevorzugten Ausführungsform ist das Rohr 26 doppelwandig ausgeführt, so dass es auch als Heizung dienen kann, wenn im Inneren 28, zwischen beiden Wänden, ein Wärmeträgerfluid zirkuliert. Da das Eingangssubstrat 3 oder das Gärsubstrat 7 ständig innen und außen am Rohr 26 vorbeigeführt wird, ist ein  
5 sehr guter Wärmeübergang gesichert.

Zudem führt das zwangsweise entlanggeführte Eingangssubstrat 3 oder das Gärsubstrat 7 an dem Rohr 26 dazu, dass kein festgebackenes, trockenes Eingangssubstrat 3 oder Gärsubstrat 7 an den Oberflächen des Rohres 26, den Heizflächen, den Wärmeübergang  
10 vermindern kann. Stattdessen wird das Rohr 26 zumindest innen durch die Schnecke 25, aber auch außen durch das vorbeigedrückte Eingangssubstrat 3 oder Gärsubstrat 7 immer wieder von etwaigen Ablagerungen befreit. Hierdurch lassen sich auch höhere Vorlauftemperaturen in der Heizung realisieren, die anderenfalls zum vorgenannten Festbacken führen würden. Damit ist ein schnelles und effektives Aufheizen auch sehr  
15 kalter Eingangssubstrate 3 oder Gärsubstrate 7 leicht möglich.

Fig. 6 zeigt nochmals den Gärbehälter 5, 10, 18 mit Schneckenrührwerk 20, jedoch in der Draufsicht. Dabei ist zu erkennen, wie das Rohr 26 mit der Schnecke 25 im Zentrum nur an drei Punkten durch Befestigungen 27 mit dem Außenmantel des Gärbehälters 5, 10,  
20 18 verbunden ist. Dadurch wird der zum Rückströmen des Eingangssubstrats 3 oder des Gärsubstrats 7 zwischen Rohr und innerer Wand des Gärbehälters 5, 10, 18 nutzbare Querschnitt nicht behindert.

Das Rohr 26 ist wiederum doppelwandig ausgeführt, damit zwischen beide Wände des  
25 Rohrs 26 das Wärmeträgermedium, beispielsweise in einer Heizschlange oder frei zirkulierend, eingebracht werden kann.

Das in Fig. 7 gezeigte Schema dient der Beschreibung einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens bzw. die hierfür erforderliche Vorrichtung zur  
30 Stickstoffentfernung 29 aus dem bereits vergorenen Gärsubstrat 19, wie es die Biogasanlage 1 zum Ende der vorgesehenen Verweilzeit verlässt.

Hierzu wird das vergorene Gärsubstrat 19 zunächst einer Separation 13 unterzogen, um eine trockensubstanzreiche Fraktion 14 und eine trockensubstanzarme Fraktion 15 zu  
35 erhalten. Das kann in einem Pressschneckenseparator, einem Trommelseparator, einem Dekanter, einer Ultrafiltration, nach dem Membranverfahren, in einer Zentrifuge, durch

Flotation oder einem weiteren nach dem Stand der Technik bekannten Verfahren zur Separation oder einer Kombination von zwei oder mehreren derartigen Verfahren erfolgen. Die trockensubstanzarme Fraktion 15 kann ein Fugat, ein Permeat oder Presswasser sein. Dieses gelangt in den Stickstoffreaktor 30, wo die nachfolgend  
5 beschriebenen Prozessschritte ablaufen (vgl. Fig. 8).

Nach der vorgesehenen Reaktionszeit verlässt ein stickstoffarmes Permeat 31 den im Stickstoffreaktor 30 ablaufenden Prozess, das in der bevorzugten Ausführungsform und Verwendung einer Vorgrube 44 zum Anmischen von Eingangssubstrat 3 bzw. zu Beginn  
10 des Biogasprozesses 1 als Prozessflüssigkeit 32 zugeführt wird. Als zweites Produkt neben dem Permeat 31 verlässt Belebtschlamm 33 den Stickstoffreaktor 30, der direkt dem Gärbehälter 10, in dem der Prozess der Biogasbildung abläuft, als zusätzliche Biomasse zuführbar ist. Die Rückführung der Permeats 31 erfolgt mittels einer Einrichtung 43 zur Rückführung der Prozessflüssigkeit 32.

15

Fig. 8 zeigt die Prozessschritte, wie sie in einer Vorrichtung zur Stickstoffentfernung 29 gemäß Beschreibung und Darstellung in Fig. 7 ablaufen. Im ersten Prozessschritt 34 wird der Stickstoffreaktor 29 mit der zu behandelnden trockensubstanzarme Fraktion 15, auch als Fugat bezeichnet, beschickt und dabei belüftet. Dabei kann eine Belüftung nach dem  
20 Stand der Technik erfolgen und beispielsweise ein Jetbelüfter, ein Membranbelüfter, aber auch ein Tauchtropfkörper oder ein Pumpe-Venturi-Injektor zum Einsatz kommen.

Im zweiten Prozessschritt 35 wird die Belüftung fortgesetzt, so dass die Nitrifikation einsetzt. Dabei wird  $\text{NH}_4^+$ -Ammonium zu Stickstoffoxid ( $\text{NO}_3^-$ ) umgesetzt. Dieser  
25 Prozessschritt kann entweder unter Beheizung oder unter Kühlung ablaufen.

Bei dem darauffolgenden, dem dritten Prozessschritt 36 wird gerührt, jedoch ohne weiter zu belüften. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform erfolgt der Zusatz einer Kohlenstoffquelle. Hierzu kann beispielsweise Gülle, ausgegorenes Gärsubstrats oder  
30 Alkohol eingesetzt werden. In diesem Prozessschritt erfolgt die Umsetzung von Stickstoffoxid ( $\text{NO}_3^-$ ) zu molekularem Stickstoff  $\text{N}_2$ .

Es folgen in der bevorzugten Ausgestaltung im vierten Prozessschritt 37 das Absetzen der den Belebtschlamm 33 bildenden Stoffe sowie nachher die separate Entnahme von  
35 Prozessflüssigkeit 32 und Belebtschlamm 33 wie oben in der Beschreibung zu Fig. 7 angeführt.

Inhalt von Fig. 9 ist die Darstellung der Prozessschritte gemäß Fig. 8 gilt nach der Erfindung gleichermaßen für die Variante der kontinuierlichen Prozessführung, bei der alle Prozessschritte gleichzeitig, jedoch an unterschiedlichen Orten in einem langgestreckten Stickstoffreaktor als wesentlichem Bestandteil der Vorrichtung zur Stickstoffentfernung 5 ablaufen. So laufen die Prozessschritte 34, 35, 36, 37 an unterschiedlichen Orten, jedoch ohne voneinander getrennt zu sein, in der Vorrichtung zur Stickstoffentfernung 29 ab. Am Ablauf wird die Prozessflüssigkeiten 32 getrennt von dem Belebtschlamm 33, der sich in diesem Bereich absetzt, abgeführt.

10

Einige Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens werden mit dem Diagramm in Fig. 10, das den Temperatureinfluss auf den Biogasprozess zeigt, verdeutlicht. In dem Diagramm, das die erzeugte Gasmenge 38 (Gasmenge insgesamt 39 und Methan 40 gesondert) über der Verweilzeit 41 zeigt, ist zu erkennen, dass der Methangehalt im Biogas steigt und dementsprechend der Kohlendioxidgehalt im Biogas sinkt, wenn die Vergärung bei 15 niedriger Temperatur abläuft.

Fig. 11 zeigt in einem Diagramm, wie sich die Temperatur und der pH-Wert auf das Konzentrationsgleichgewicht zwischen Ammonium und Ammoniak auswirken, wobei ein 20 sehr großer pH-Wert-Bereich von 5 bis 12 dargestellt wird. Es zeigt sich hierbei das ab einem pH-Wert zwischen 7 und 8 der Ammoniakgehalt stark zunimmt. Dies erfolgt zudem umso eher, je höher die Temperatur ist. Den im Biogasprozess interessierenden pH-Wert-Bereich zeigt die nachfolgende Figur im Detail.

Fig. 12 zeigt in einem Diagramm, wie sich der pH-Wert des Substrats in einem 25 Biogasprozess auf das Verhältnis zwischen Ammonium und Ammoniak auswirkt. So liegt der Ammoniakanteil bei einem pH-Wert von 7 deutlich unter einem Prozent, während er bei einem pH-Wert von 8 schon an die 10 % heranreicht.

Fig. 13 zeigt in einem Diagramm, wie sich der Gehalt an Ammoniumstickstoff auf den 30 Biogasprozess auswirkt und diesen hemmt. Darüber hinaus wird an zwei unterschiedlichen Temperaturen gezeigt, wie stark der Temperatureinfluss darüber hinaus ist. So beträgt die Hemmung bei einem Gehalt von 100 mg Ammonium pro Liter Substrat 75 % bei einer Temperatur von 30 °C. Liegt die Temperatur nur wenig darüber, nämlich 35 38 °C, dann ist die zuvor angegebene Hemmung bereits erreicht, wenn die Ammoniumkonzentration nur 60 mg/l beträgt. Und ein Gehalt von 100 mg Ammonium pro

Liter Substrat führt bei dieser Temperatur schon zu einer fast vollständigen Hemmung des Biogasprozesses. Somit zeigt sich, dass nicht nur ein verminderter Ammoniumgehalt dazu beiträgt, dass der Biogasprozess ungehemmt ablaufen kann, sondern in starkem Maße auch eine möglichst niedrige Temperatur.

**Bezugszeichenliste**

- 1 Biogaserzeugung, Biogasanlage
- 2 erste Prozessstufe
- 3 Eingangssubstrat
- 3' Eingangssubstrat, Störstoffarm
- 4 Störstoff
- 5 erster Gärbehälter
- 6 Gasspeicher
- 7 Gärsubstrat
- 8 Boden
- 9 Austragvorrichtung, Austrag von Störstoffen
- 10 zweiter Gärbehälter
- 11 Biogas
- 12 zweite Prozessstufe
- 13 Separation, Separator
- 14 trockensubstanzreiche Fraktion
- 15 trockensubstanzarme Fraktion
- 16 Gasreinigung
- 17 Blockheizkraftwerk
- 18 einzelner Gärbehälter
- 19 vergorenes Gärsubstrat
- 20 Schneckenrührwerk
- 21 Störstoffablass
- 22 Boden
- 23 Antriebswelle
- 24 Getriebemotor
- 25 Schnecke
- 26 Rohr
- 27 Befestigung
- 28 Inneres des doppelwandigen Rohrs
- 29 Vorrichtung zur Stickstoffentfernung
- 30 Stickstoffreaktor
- 31 Permeat
- 32 Prozessflüssigkeit
- 33 Belebtschlamm

- 34 erster Prozessschritt Stickstoffentfernung
- 35 zweiter Prozessschritt Stickstoffentfernung
- 36 dritter Prozessschritt Stickstoffentfernung
- 37 vierter Prozessschritt Stickstoffentfernung
- 38 Gasmenge
- 39 Gasmenge insgesamt
- 40 Methan
- 41 Verweilzeit
- 42 Kohlenstoffquelle
- 43 Einrichtung zur Rückführung der Prozessflüssigkeit
- 44 Vorrube
- 45 Vertiefung
- 46 Störstoffabscheider
- 47 trockensubstanzarmer Gärrest
- 48 Endlager
- 49 Konzentration an  $\text{NH}_3$  in mol-% / Konzentration an  $\text{NH}_4^+$  in mol-%
- 50 pH-Wert
- 51 undissoziiertes  $\text{NH}_3$  in % /  $\text{NH}_4\text{-N}$  in %
- 52 Hemmung in %
- 53 mg/l  $\text{NH}_3\text{-N}$
- 54 Temperatur

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Biogaserzeugung in Nassvergärung unter Einsatz von stickstoffreichem, störstoffbeladenem Eingangssubstrat (3), bei dem zur Sedimentierung neigende Feststoffpartikel ausfallen, mit einer Ammonium-Stickstoffkonzentration von mehr als  $5 \text{ kg NH}_4\text{-N/m}^3$ , **dadurch gekennzeichnet**, dass eine erste Prozessstufe (2) zur Störstoffabscheidung, wobei zur Sedimentierung neigende Feststoffpartikel ausfallen, in einem Gärbehälter (5, 18) und eine zweite Prozessstufe (12) der kontinuierlichen Essigsäure- und Methanbildung aus einem Gärsubstrat (7) bei einer im Wesentlichen stabilen Temperatur im psychrophilen Bereich in einem Gärbehälter (10, 18) vorgesehen sind.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Prozessstufe (2) bei einer im Wesentlichen stabilen Temperatur im mesophilen oder thermophilen Bereich in einem ersten Gärbehälter (5) und die zweite Prozessstufe (12) von der ersten Prozessstufe (2) räumlich getrennt in einem zweiten Gärbehälter (10) abläuft.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Prozessstufe (2) bei einer im Wesentlichen stabilen Temperatur zwischen  $35$  und  $55$  °C abläuft und die zweite Prozessstufe (12) bei einer im Wesentlichen stabilen Temperatur zwischen  $15$  und  $25$  °C.

4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass während der ersten Prozessstufe (2) der Austrag (9) sedimentierender oder sedimentierter Störstoffe aus dem Gärbehälter (5, 10, 18) vorgesehen ist.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Störstoffe aus wenigstens einer streifenförmigen Vertiefung (45) mit radialer Ausrichtung im Boden des Gärbehälters (5, 10, 18) ausgetragen werden, in der sich die Störstoffe sammeln, wenn diese aus dem Gärsubstrat (7) ausfallen, darin absinken und das Gärsubstrat (7) durch ein oder mehrere Rührwerke in eine Rotation um die Vertikalachse des Gärbehälters (5, 10, 18) versetzt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Austrag (9) mittels einer Austragsschnecke erfolgt, die von der Vertiefung (45) aus durch eine Wand des Gärbehälters (5, 10, 18) nach außen ragt.

7. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Prozessstufe (2) zur Störstoffabscheidung in einem Störstoffabscheider (46) ausgeführt wird.

8. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Separation (13) des ausgegorenen 5 Gärsubstrats (19) in eine trockensubstanzreiche Fraktion (14) und eine trockensubstanzarme Fraktion (15) vorgesehen ist.

9. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Rückführung der trockensubstanzarmen Fraktion (15) als Prozessflüssigkeit (32) 10 oder von trockensubstanzarmem vergorenem Gärsubstrat (19) zur Verwendung bei der ersten Prozessstufe (2) und/ oder der zweiten Prozessstufe (12) vorgesehen ist.

10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei der Rückführung eine Verringerung des Stickstoffgehalts in der trockensubstanzarmen Fraktion (15) mittels eines Stickstoffreaktors (30) erfolgt.

11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Stickstoffreaktor (30) diskontinuierlich betrieben wird und in diesem die Prozessschritte

- erster Prozessschritt (34) Befüllung mit der trockensubstanzarmen Fraktion (15) und Belüftung,
- zweiter Prozessschritt (35) Belüftung und Nitrifikation mit Beheizung von für den Prozess der Stickstoffentfernung zu kaltem Substrat oder Kühlung von für den Prozess der Stickstoffentfernung zu warmem Substrat,
- dritter Prozessschritt (36) Rühren ohne Belüftung zur Denitrifikation,
- vierter Prozessschritt (37) Absetzen von sinkfähigen Feststoffen und
- Entnahme der konditionierten Prozessflüssigkeit (32)

nacheinander ablaufen.

12. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Stickstoffreaktor (30) kontinuierlich betrieben wird und in diesem die Prozessschritte

- erster Prozessschritt (34) Befüllung mit der trockensubstanzarmen Fraktion (15) und Belüftung,

- zweiter Prozessschritt (35) Belüftung und Nitrifikation mit Beheizung von für den Prozess der Stickstoffentfernung zu kaltem Substrat oder Kühlung von für den Prozess der Stickstoffentfernung zu warmem Substrat,
- dritter Prozessschritt (36) Rühren ohne Belüftung zur Denitrifikation,
- vierter Prozessschritt (37) Absetzen von sinkfähigen Feststoffen und Entnahme der konditionierten Prozessflüssigkeit (32)

zugleich und örtlich getrennt ablaufen.

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass während des dritten Prozessschrittes (36) des Rührens ohne Belüftung eine Kohlenstoffquelle (42) zugesetzt wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei der Entnahme der behandelten Prozessflüssigkeit (32) stickstoffarmes Permeat (31) getrennt von einem Belebtschlamm (33) entnommen wird, wobei das Permeat (31) einer Vorgrube (44) zum Anmischen des Eingangssubstrats (3) oder einem Störstoffabscheider (46) zugeführt wird und der Belebtschlamm (33) wenigstens einem der Gärbehälter (5, 10, 18) oder dem Störstoffabscheider (46) zugeführt wird.

15. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gärsubstrat (7) der ersten Prozessstufe (2) der Störstoffabscheidung durch eine vertikal angeordnete, mit einem rotatorischen Antrieb versehene Schnecke (25) umgewälzt wird, wobei die Schnecke (25) in einem beidseitig offenen Rohr (26) läuft und das Rohr (26) im Wesentlichen ausfüllt, wobei das Rohr (26) von unterhalb des Gärsubstratniveaus bis oberhalb des Bodens des Gärbehälters (5, 10, 18) oder des Störstoffabscheiders (46) reicht und mit dem Gärbehälter (5, 10, 18) oder dem Störstoffabscheider (46) fest verbunden ist.

16. Biogasanlage (1) zur Nassvergärung von stickstoffreichem, störstoffbeladenem Eingangssubstrat (3), bei dem zur Sedimentierung neigende Feststoffpartikel ausfallen, mit einer Ammonium-Stickstoffkonzentration von mehr als 5 kg NH<sub>4</sub>-N/m<sup>3</sup>, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens ein Gärbehälter (5, 10, 18) zur Durchführung einer ersten Prozessstufe (2) einschließlich der Störstoffabscheidung aus dem Gärsubstrat (7), wobei zur Sedimentierung neigende Feststoffpartikel ausfallen, und zur Durchführung einer zweiten Prozessstufe (12) der Essigsäurebildung und der Methanbildung zum Betrieb bei einer im Wesentlichen stabilen Temperatur im

psychrophilen Bereich und eine Austragvorrichtung (9) zum Austrag sedimentierender oder sedimentierter Störstoffe vorgesehen sind.

17. Biogasanlage nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens eine streifenförmige Vertiefung (45) mit radialer Ausrichtung im Boden des Gärbehälters (5, 10, 18) vorgesehen ist, in die die Austragvorrichtung (9) in der Weise hineinragt, dass angesammelte Störstoffe aufnehmbar sind.

18. Biogasanlage nach Anspruch 16 oder 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Störstoffabscheider (46) vorgesehen ist.

19. Biogasanlage nach einem der Ansprüche 16 bis 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein erster Gärbehälter (5) zum Betrieb bei einer im Wesentlichen stabilen Temperatur im mesophilen oder thermophilen Bereich zur Durchführung der ersten Prozessstufe (2) und ein zweiter Gärbehälter (10) zur Durchführung der zweiten Prozessstufe (12) vorgesehen sind.

20. Biogasanlage nach einem der Ansprüche 16 bis 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass weiterhin ein Separator (13) zur Separation des ausgegorenen Gärsubstrats in eine trockensubstanzreiche Fraktion (14) und eine trockensubstanzarme Fraktion (15) und eine Einrichtung (43) zur Rückführung der trockensubstanzarmen Fraktion (15) als Prozessflüssigkeit (32) zur Verwendung in dem ersten Gärbehälter (5) vorgesehen sind.

21. Biogasanlage nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einrichtung (43) zur Rückführung der trockensubstanzarmen Fraktion (15) einen Stickstoffreaktor (30) aufweist.

22. Gärbehälter (5, 10, 18) für eine Biogasanlage (1), aufweisend wenigstens eine vertikal angeordnete, mit einem rotatorischen Antrieb versehene Schnecke (25), die in einem beidseitig offenen Rohr (26) drehbar gelagert ist und das Rohr (26) im Wesentlichen ausfüllt, wobei das Rohr (26) im Wesentlichen von unterhalb des Substratniveaus bis oberhalb des Bodens (22) des Gärbehälters (5, 10, 18) reicht und mit dem Gärbehälter (5, 10, 18) fest verbunden ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Raum des Gärbehälters (5, 10, 18) um das Rohr (26) herum so gewählt ist, dass Eingangssubstrate (3) oder Gärsubstrate (7) mit hohem Trockensubstanzgehalt oder hoher Viskosität zwangsweise umgewälzt werden, wenn bei einer nach unten fördernden Schnecke im unteren Bereich des Gärbehälters (5, 10, 18) der Druck

entsprechend ansteigt, das Eingangssubstrat (3) oder das Gärsubstrat (7) in den Bereich zwischen der inneren Wand (30) des Gärbehälters (5, 10, 18) und der äußeren Wand des Rohres (26) gedrückt wird und wieder in den oberen Bereich des Gärbehälters (5, 10, 18) gelangt, wo es erneut von der Schnecke (25) erfasst wird oder bei einer nach oben fördernden Schnecke im unteren Bereich des Gärbehälters (5, 10, 18) der Druck entsprechend absinkt und das Eingangssubstrat (3) oder das Gärsubstrat (7) in den Bereich zwischen der inneren Wand (30) des Gärbehälters (5, 10, 18) und der äußeren Wand des Rohres (26) gesaugt wird.

23. Gärbehälter nach Anspruch 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass die mit dem rotatorischen Antrieb versehene Schnecke (25) in dem ersten Gärbehälter (5) zur Durchführung der ersten Prozessstufe (2) der Störstoffabtrennung aus dem Gärsubstrat (7) oder in dem Störstoffabscheider (46) angeordnet ist.

24. Gärbehälter nach Anspruch 22 oder 23, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schnecke (25) zentral in dem Gärbehälter (5, 10, 18) oder in dem Störstoffabscheider (46) angeordnet ist.

25. Gärbehälter nach Anspruch 22 oder 23, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine oder mehrere Schnecken (25) dezentral in dem Gärbehälter (5, 10, 18) oder in dem Störstoffabscheider (46) angeordnet ist.

26. Gärbehälter nach einem der Ansprüche 22 bis 25, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Rohr (26) als Gärsubstratheizung doppelwandig ausgeführt ist und zwischen den Wänden ein Wärmeträgermedium zirkuliert.

27. Gärbehälter nach einem der Ansprüche 22 bis 26, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Boden (22) des Gärbehälters (5, 10, 18) trichterförmig ausgebildet ist und im Zentrum des Trichters eine Austragvorrichtung (9) zum Austrag von sedimentierenden oder sedimentierten Stoffen aufweist.

28. Gärbehälter nach einem der Ansprüche 22 bis 27, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Austragvorrichtung (9) als Störstoffablass (21) ausführt ist.

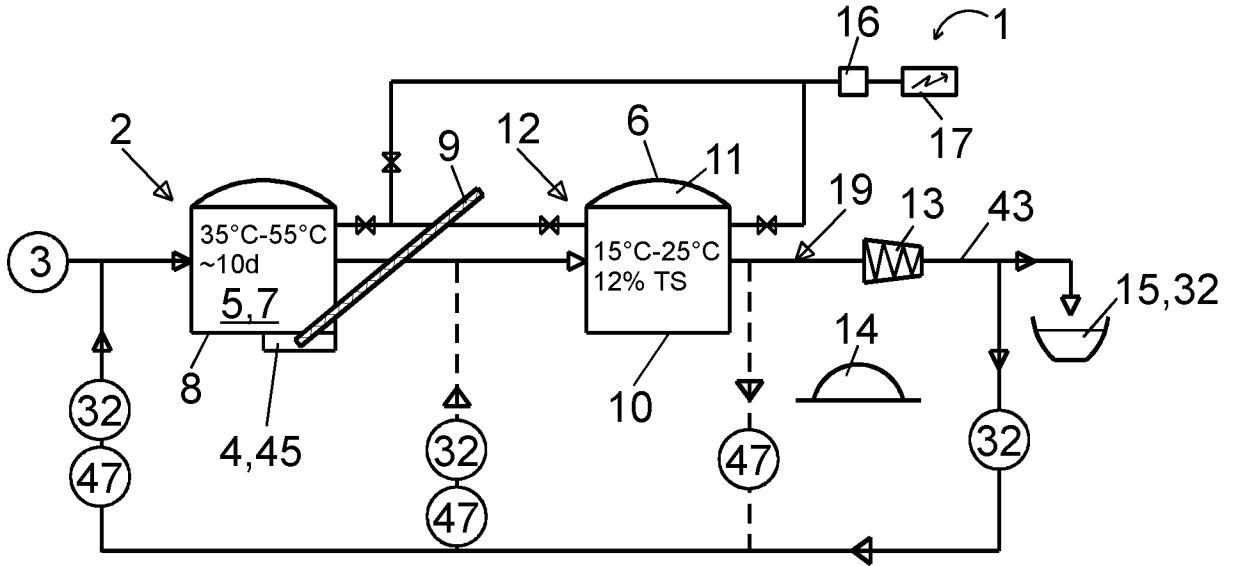


Fig. 1

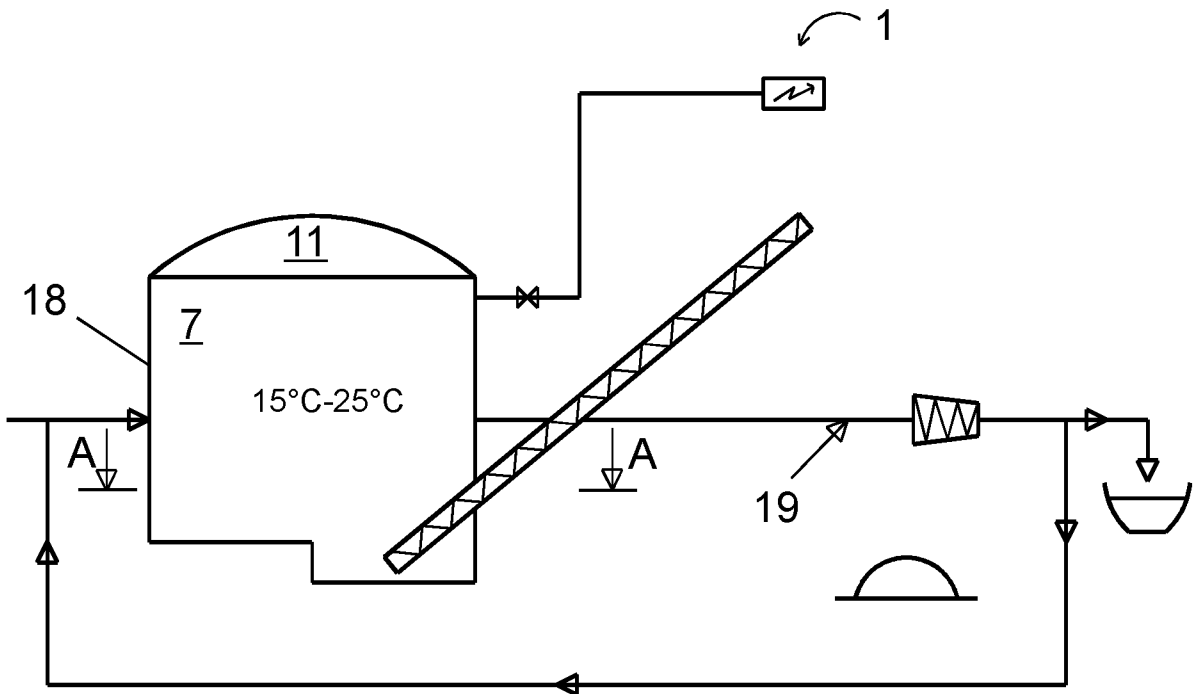


Fig. 2

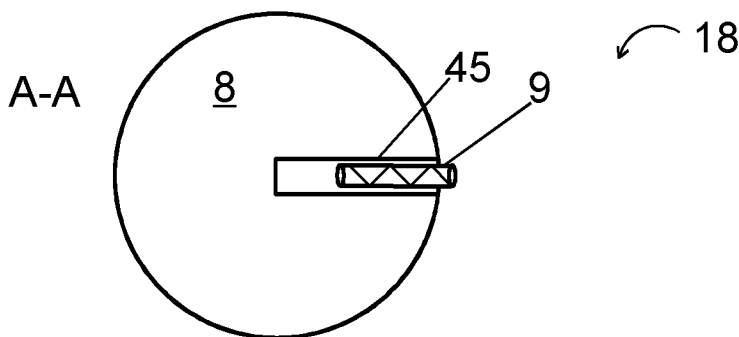


Fig. 3

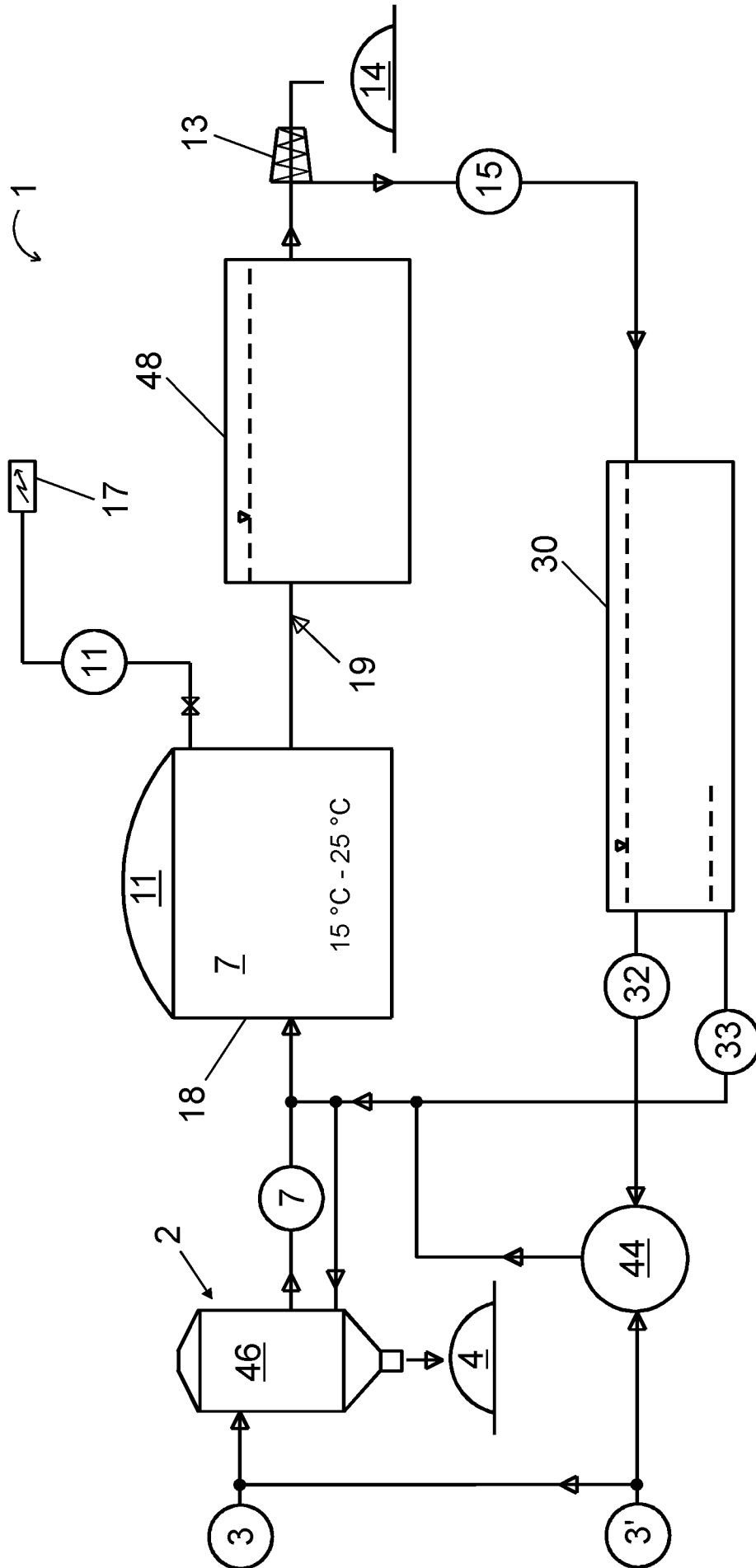


Fig. 4

3 / 6

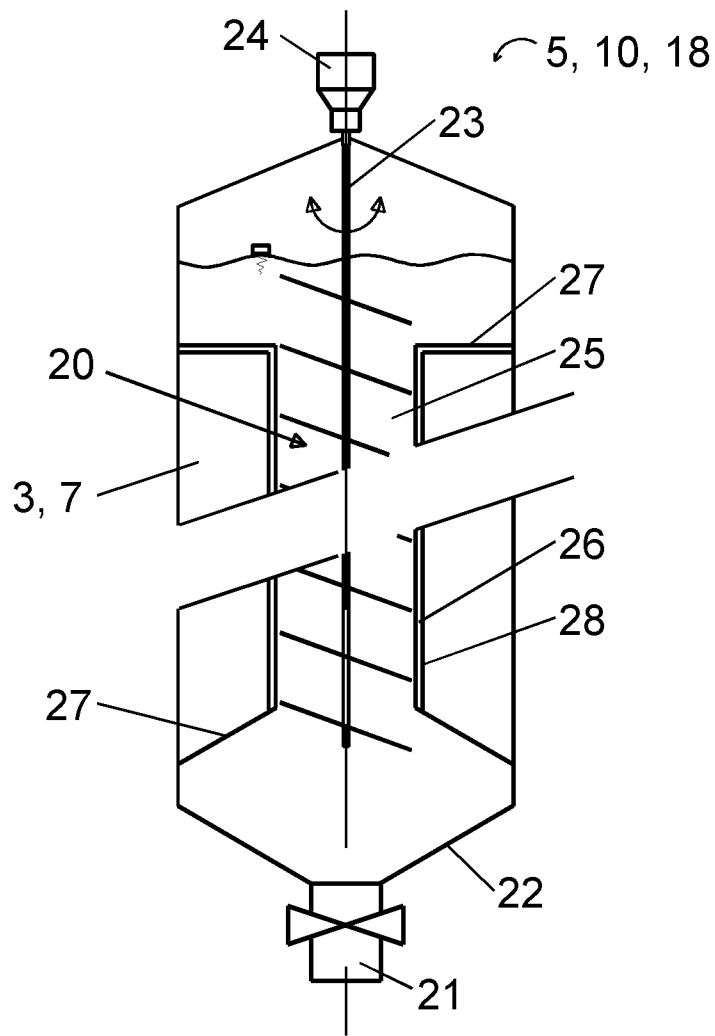


Fig. 5

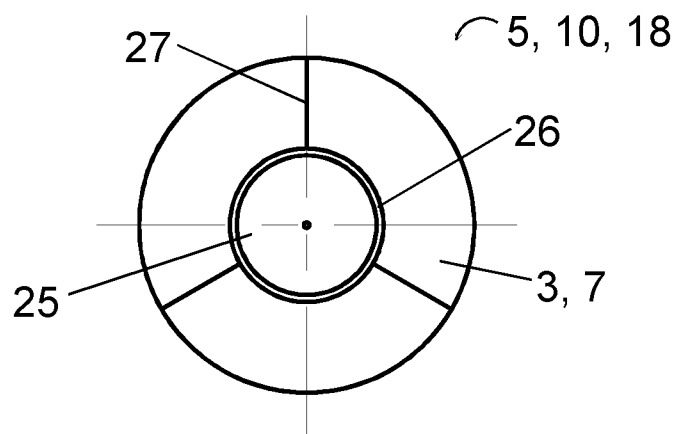


Fig. 6

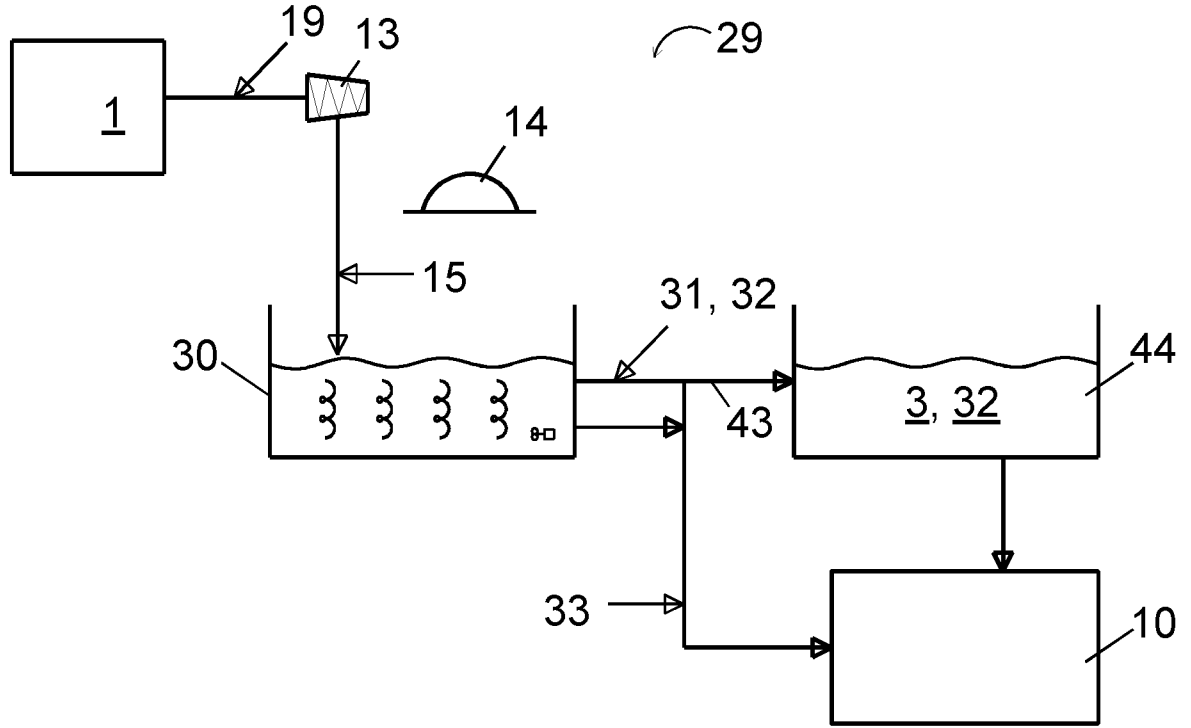


Fig. 7

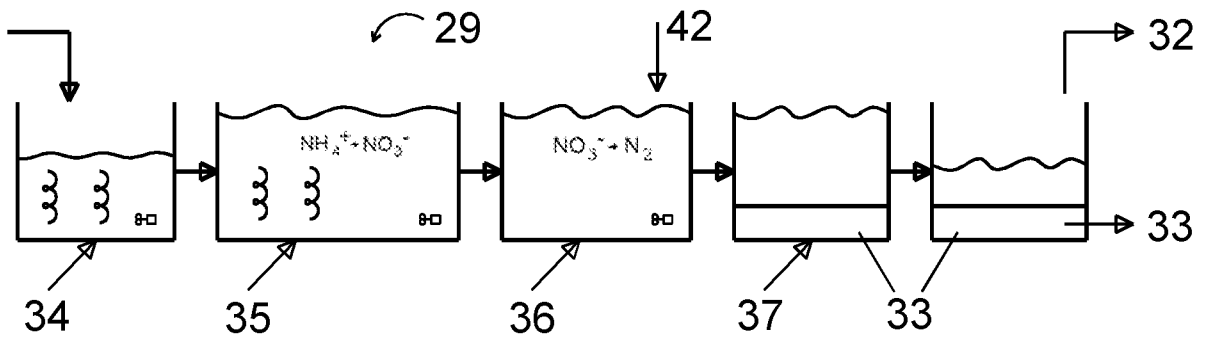


Fig. 8

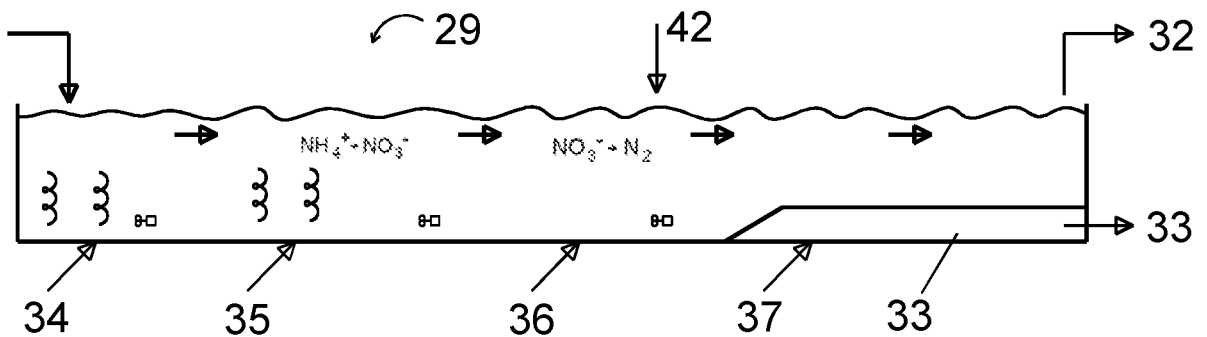


Fig. 9

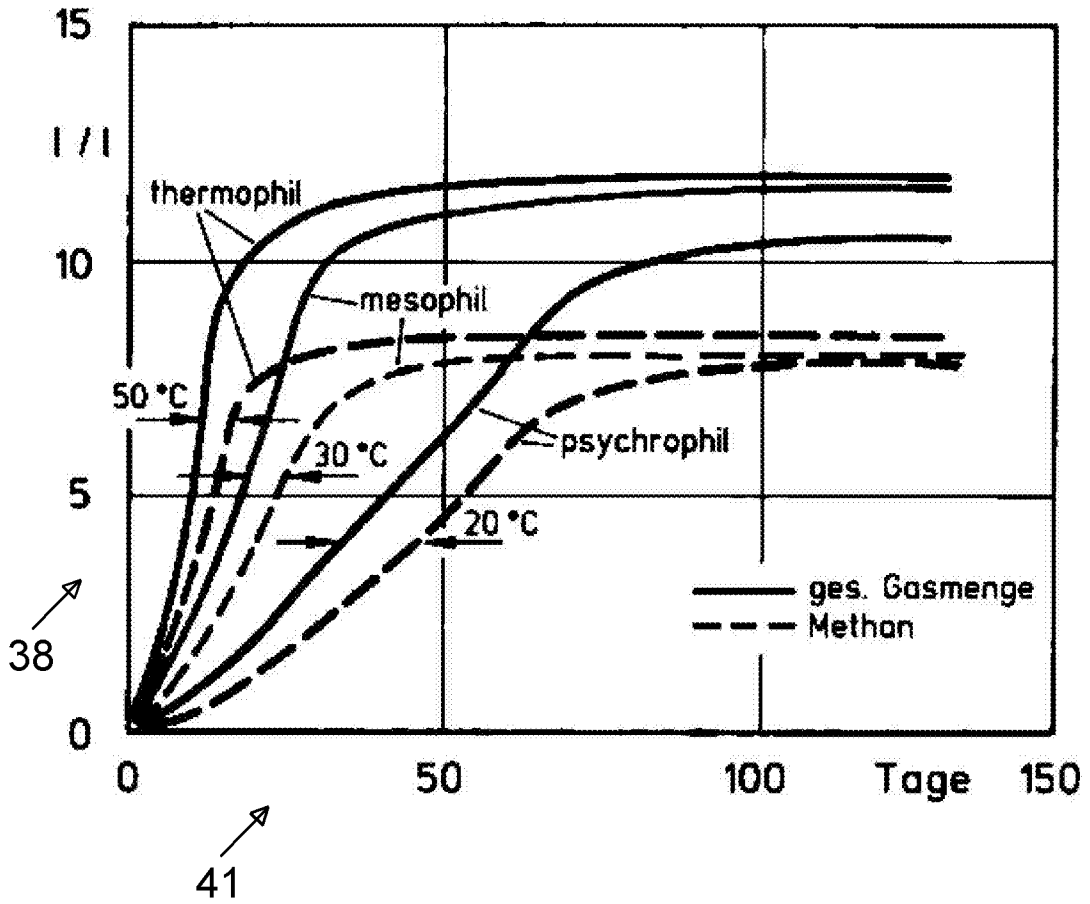


Fig. 10

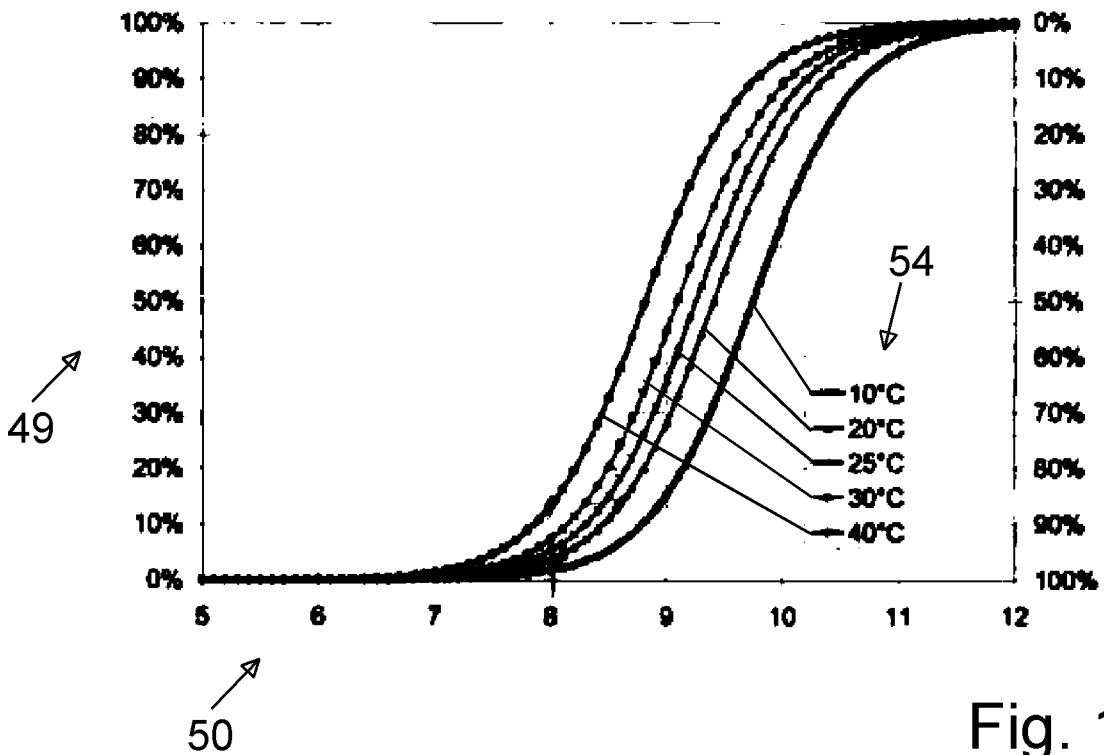


Fig. 11

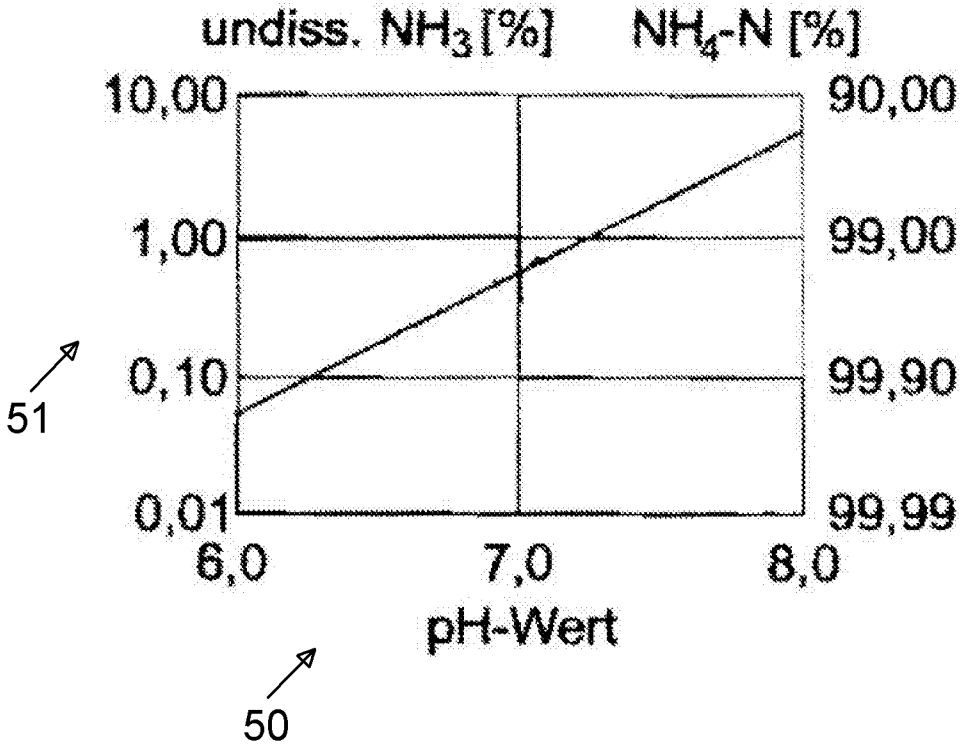


Fig. 12

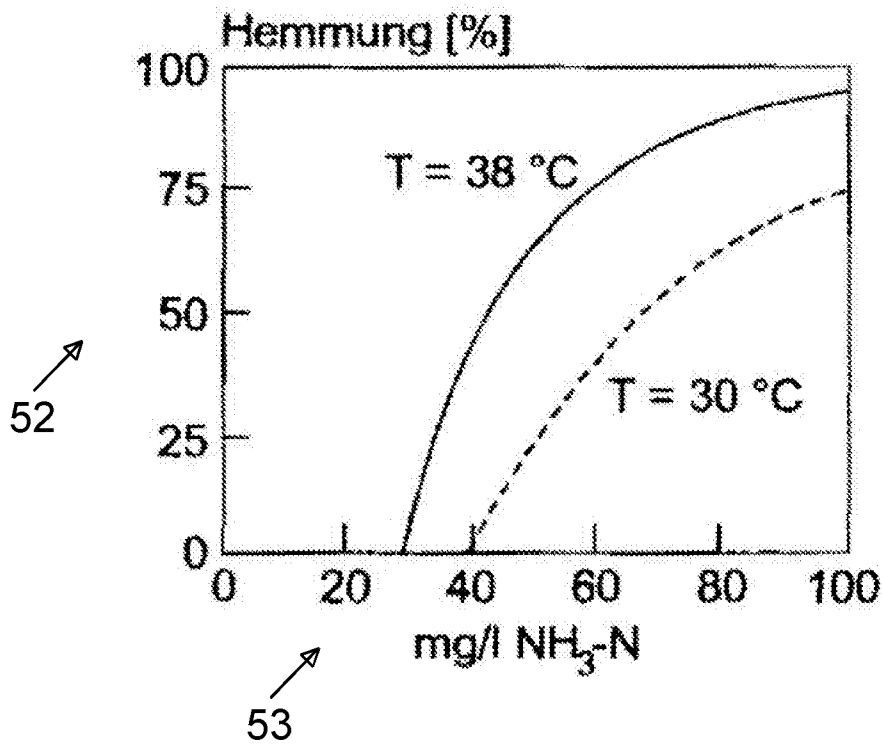


Fig. 13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/DE2014/100462

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
 INV. C12M1/107 C12M1/00 C12M1/06 C12M1/26 C12M1/34  
 C12M1/02  
 ADD.  
 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
 C12M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
 EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages  | Relevant to claim No.   |
|-----------|---|-------------------------|
| X<br>Y    | DE 196 21 914 C1 (UTS UMWELT TECHNIK SUED GMBH [DE]) 7 August 1997 (1997-08-07)<br>column 1, line 58 - column 2, line 2<br>column 4, lines 61-68<br>column 6, lines 14-19<br>column 7, lines 35-41<br>column 8, lines 52-56<br>figures 1,3,4<br>-----<br>-/-- | 16,18,<br>22-28<br>1-28 |

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

|   |   |
|---|---|
| <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> | <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p> |
|---|---|

|  |  |
|--|--|
| Date of the actual completion of the international search<br><br>27 April 2015 | Date of mailing of the international search report<br><br>07/05/2015 |
|--|--|

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| Name and mailing address of the ISA/<br>European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2<br>NL - 2280 HV Rijswijk<br>Tel. (+31-70) 340-2040,<br>Fax: (+31-70) 340-3016 | Authorized officer<br><br>Böhm, Ingo |
|--|--------------------------------------|

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/DE2014/100462

| C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT |  |                                     |
|--|--|-------------------------------------|
| Category*  | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No.               |
| Y  | WO 2007/076953 A1 (FRAUNHOFER GES<br>FORSCHUNG [DE]; STERNAD WERNER [DE]; SPORK<br>CHRISTIAN [D] 12 July 2007 (2007-07-12)<br>page 4, paragraphs 3,5<br>page 5, paragraph 1<br>page 6, paragraph 1-4<br>page 7, paragraph 2<br>page 8, paragraphs 1,3<br>page 9, paragraphs 1,3<br>page 10, paragraph 3<br>page 11, paragraph 3<br>page 12, paragraph 1<br>page 16, paragraph 3<br>page 18, paragraphs 4,6<br>claims | 1-12,<br>14-28                      |
| Y  | -----<br>US 6 391 203 B1 (FASSBENDER ALEXANDER G<br>[US]) 21 May 2002 (2002-05-21)<br><br>column 1, lines 5-8,25-27<br>column 2, lines 5-42,60-67<br>column 3, lines 1,21-37,41-46,54-63<br>column 4, lines 21-24<br>column 5, lines 22-24,33-39<br>column 6, lines 6-8,22-27,40-42  | 1-3,9,<br>13,16,<br>18,19,<br>22-28 |
| Y  | -----<br>DE 20 2007 017166 U1 (FISCHER MAX [DE])<br>20 March 2008 (2008-03-20)<br>paragraphs [0008], [0020]; figures 1-4   | 16,18,<br>22-28                     |
| Y  | -----<br>DE 10 2011 015611 A1 (HOCHSCHULE MAGDEBURG<br>STENDAL FH [DE])<br>4 October 2012 (2012-10-04)<br>paragraphs [0005], [0066], [0013],<br>[0021], [0024]   | 1,8,9,<br>16,18,<br>22-28           |
| Y  | -----<br>EP 0 172 443 A1 (HARRENDORF HEINZ)<br>26 February 1986 (1986-02-26)<br>page 14, lines 24-31; figure 1   | 16,18,<br>22-28                     |
| Y  | -----<br>FR 2 459 283 A1 (DUCELLIER GILBERT)<br>9 January 1981 (1981-01-09)<br>page 2, lines 10-14<br>figure 1   | 22                                  |
| A  | -----<br>DE 20 2011 107055 U1 (KAINZ THOMAS [DE])<br>25 January 2013 (2013-01-25)<br>figures   | 1,16,22                             |
| A  | -----<br>DE 10 2007 059084 A1 (RUECKERT CLAUS [DE])<br>10 June 2009 (2009-06-10)<br>cited in the application<br>paragraphs [0001], [0007], [0009]  | 1,16,22                             |
|  | -----<br>-/--  |                                     |

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/DE2014/100462

| C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT |   |                       |
|--|---|-----------------------|
| Category*  | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages  | Relevant to claim No. |
| A  | US 2011/127214 A1 (RICO MARTINEZ MAURICIO [MX]) 2 June 2011 (2011-06-02)<br>paragraphs [0026], [0027], [0034],<br>[0035], [0045], [0047]<br>-----         | 1,16,22               |
| A  | US 2010/240094 A1 (GANTEFORT WILHELM [DE]<br>ET AL) 23 September 2010 (2010-09-23)<br>paragraphs [0045], [0046], [0049],<br>[0052]<br>-----               | 1,16,22               |
| A  | US 2010/330633 A1 (WALTHER DAVID C [US] ET<br>AL) 30 December 2010 (2010-12-30)<br>paragraph [0018]<br>-----  | 1,16,22               |
| A  | WO 2010/035142 A2 (HYPERTHERMICS HOLDING<br>AS [NO]; REMMEREIT JAN [NO]; THOMM MICHAEL<br>[DE]) 1 April 2010 (2010-04-01)<br>page 6, lines 20-27<br>----- | 1,16,22               |
| A  | DD 271 896 A5 (VOGELBUSCH GMBH [AT])<br>20 September 1989 (1989-09-20)<br>cited in the application<br>page 1<br>-----                                     | 1,9,10                |

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/DE2014/100462

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s) | Publication date   |
|--|------------------|-------------------------|--|
| DE 19621914                            | C1               | 07-08-1997              | NONE   |
| WO 2007076953                          | A1               | 12-07-2007              | AT 512120 T 15-06-2011<br>DE 102005063228 A1 30-08-2007<br>DK 1968900 T3 12-09-2011<br>EP 1968900 A1 17-09-2008<br>ES 2364083 T3 24-08-2011<br>PT 1968900 E 17-08-2011<br>SI 1968900 T1 28-10-2011<br>WO 2007076953 A1 12-07-2007  |
| US 6391203                             | B1               | 21-05-2002              | CA 2468114 A1 30-05-2003<br>CN 1511114 A 07-07-2004<br>EP 1345858 A1 24-09-2003<br>US 6391203 B1 21-05-2002<br>US 2003094410 A1 22-05-2003<br>WO 0242227 A1 30-05-2002   |
| DE 202007017166                        | U1               | 20-03-2008              | NONE   |
| DE 102011015611                        | A1               | 04-10-2012              | NONE   |
| EP 0172443                             | A1               | 26-02-1986              | NONE   |
| FR 2459283                             | A1               | 09-01-1981              | NONE   |
| DE 202011107055                        | U1               | 25-01-2013              | NONE   |
| DE 102007059084                        | A1               | 10-06-2009              | AT 502113 T 15-04-2011<br>DE 102007059084 A1 10-06-2009<br>EP 2215241 A2 11-08-2010<br>WO 2009071428 A2 11-06-2009   |
| US 2011127214                          | A1               | 02-06-2011              | CN 102007075 A 06-04-2011<br>US 2011127214 A1 02-06-2011<br>WO 2009102186 A1 20-08-2009  |
| US 2010240094                          | A1               | 23-09-2010              | AU 2008253058 A1 27-11-2008<br>BR PI0812152 A2 16-08-2011<br>CA 2723334 A1 27-11-2008<br>CN 101755041 A 23-06-2010<br>DE 102007024378 A1 11-12-2008<br>EA 200901485 A1 30-06-2010<br>EP 2155854 A2 24-02-2010<br>JP 2010527762 A 19-08-2010<br>KR 20100021483 A 24-02-2010<br>NZ 581369 A 29-06-2012<br>US 2010240094 A1 23-09-2010<br>WO 2008142007 A2 27-11-2008 |
| US 2010330633                          | A1               | 30-12-2010              | AU 2010266035 A1 09-02-2012<br>CA 2804912 A1 29-12-2012<br>CN 102482690 A 30-05-2012<br>CO 6491051 A2 31-07-2012<br>EP 2446044 A1 02-05-2012<br>RU 2011153546 A 10-08-2013<br>US 2010330633 A1 30-12-2010<br>US 2013337527 A1 19-12-2013   |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/DE2014/100462

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|--|------------------|-------------------------|------------------|
|  |                  | WO 2010151706 A1        | 29-12-2010       |
| -----                                  |                  |                         |                  |
| WO 2010035142                          | A2               | 01-04-2010              |                  |
|  |                  | DK 2342346 T3           | 04-11-2013       |
|  |                  | EP 2342346 A2           | 13-07-2011       |
|  |                  | EP 2679688 A1           | 01-01-2014       |
|  |                  | WO 2010035142 A2        | 01-04-2010       |
| -----                                  |                  |                         |                  |
| DD 271896                              | A5               | 20-09-1989              |                  |
|  |                  | AT 388157 B             | 10-05-1989       |
|  |                  | DD 271896 A5            | 20-09-1989       |
|  |                  | DE 3823950 A1           | 26-01-1989       |
|  |                  | YU 137288 A             | 28-02-1990       |
| -----                                  |                  |                         |                  |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2014/100462

|   |  |  |
|---|--|--|
| <b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b><br>INV. C12M1/107 C12M1/00 C12M1/06 C12M1/26 C12M1/34<br>C12M1/02<br>ADD.<br>Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC   |  |  |
| <b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b><br>Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole )<br>C12M<br>Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen<br>Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)<br>EPO-Internal, WPI Data  |  |  |
| <b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>  |  |  |
| Kategorie*  | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile   | Betr. Anspruch Nr.                                 |
| X<br>Y  | DE 196 21 914 C1 (UTS UMWELT TECHNIK SUED GMBH [DE]) 7. August 1997 (1997-08-07)<br>Spalte 1, Zeile 58 - Spalte 2, Zeile 2<br>Spalte 4, Zeilen 61-68<br>Spalte 6, Zeilen 14-19<br>Spalte 7, Zeilen 35-41<br>Spalte 8, Zeilen 52-56<br>Abbildungen 1,3,4<br>-----<br>-/-- | 16,18,<br>22-28<br>1-28                            |
| <input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie  |  |  |
| * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :<br>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist<br>"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)<br>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht<br>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist<br>"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist<br>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden<br>"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist<br>"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist |  |  |
| Datum des Abschlusses der internationalen Recherche   |  | Absenddatum des internationalen Recherchenberichts |
| 27. April 2015  |  | 07/05/2015   |
| Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde<br>Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2<br>NL - 2280 HV Rijswijk<br>Tel. (+31-70) 340-2040,<br>Fax: (+31-70) 340-3016  |  | Bevollmächtigter Bediensteter<br><br>Böhm, Ingo    |

| C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN |  |                                     |
|---|--|-------------------------------------|
| Kategorie*  | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile   | Betr. Anspruch Nr.                  |
| Y   | WO 2007/076953 A1 (FRAUNHOFER GES<br>FORSCHUNG [DE]; STERNAD WERNER [DE]; SPORK<br>CHRISTIAN [D] 12. Juli 2007 (2007-07-12)<br>Seite 4, Absätze 3,5<br>Seite 5, Absatz 1<br>Seite 6, Absatz 1-4<br>Seite 7, Absatz 2<br>Seite 8, Absätze 1,3<br>Seite 9, Absätze 1,3<br>Seite 10, Absatz 3<br>Seite 11, Absatz 3<br>Seite 12, Absatz 1<br>Seite 16, Absatz 3<br>Seite 18, Absätze 4,6<br>Ansprüche | 1-12,<br>14-28                      |
| Y   | US 6 391 203 B1 (FASSBENDER ALEXANDER G<br>[US]) 21. Mai 2002 (2002-05-21)<br><br>Spalte 1, Zeilen 5-8,25-27<br>Spalte 2, Zeilen 5-42,60-67<br>Spalte 3, Zeilen 1,21-37,41-46,54-63<br>Spalte 4, Zeilen 21-24<br>Spalte 5, Zeilen 22-24,33-39<br>Spalte 6, Zeilen 6-8,22-27,40-42  | 1-3,9,<br>13,16,<br>18,19,<br>22-28 |
| Y   | DE 20 2007 017166 U1 (FISCHER MAX [DE])<br>20. März 2008 (2008-03-20)<br>Absätze [0008], [0020]; Abbildungen 1-4   | 16,18,<br>22-28                     |
| Y   | DE 10 2011 015611 A1 (HOCHSCHULE MAGDEBURG<br>STENDAL FH [DE])<br>4. Oktober 2012 (2012-10-04)<br>Absätze [0005], [0066], [0013], [0021],<br>[0024]  | 1,8,9,<br>16,18,<br>22-28           |
| Y   | EP 0 172 443 A1 (HARRENDORF HEINZ)<br>26. Februar 1986 (1986-02-26)<br>Seite 14, Zeilen 24-31; Abbildung 1   | 16,18,<br>22-28                     |
| Y   | FR 2 459 283 A1 (DUCELLIER GILBERT)<br>9. Januar 1981 (1981-01-09)<br>Seite 2, Zeilen 10-14<br>Abbildung 1   | 22                                  |
| A   | DE 20 2011 107055 U1 (KAINZ THOMAS [DE])<br>25. Januar 2013 (2013-01-25)<br>Abbildungen  | 1,16,22                             |
| A   | DE 10 2007 059084 A1 (RUECKERT CLAUS [DE])<br>10. Juni 2009 (2009-06-10)<br>in der Anmeldung erwähnt<br>Absätze [0001], [0007], [0009]   | 1,16,22                             |
|   | -/--   |                                     |

| C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN |  |                    |
|---|--|--------------------|
| Kategorie*  | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile   | Betr. Anspruch Nr. |
| A   | US 2011/127214 A1 (RICO MARTINEZ MAURICIO [MX]) 2. Juni 2011 (2011-06-02)<br>Absätze [0026], [0027], [0034], [0035], [0045], [0047]<br>-----           | 1,16,22            |
| A   | US 2010/240094 A1 (GANTEFORT WILHELM [DE] ET AL) 23. September 2010 (2010-09-23)<br>Absätze [0045], [0046], [0049], [0052]<br>-----                    | 1,16,22            |
| A   | US 2010/330633 A1 (WALTHER DAVID C [US] ET AL) 30. Dezember 2010 (2010-12-30)<br>Absatz [0018]<br>-----  | 1,16,22            |
| A   | WO 2010/035142 A2 (HYPERTHERMICS HOLDING AS [NO]; REMMEREIT JAN [NO]; THOMM MICHAEL [DE]) 1. April 2010 (2010-04-01)<br>Seite 6, Zeilen 20-27<br>----- | 1,16,22            |
| A   | DD 271 896 A5 (VOGELBUSCH GMBH [AT])<br>20. September 1989 (1989-09-20)<br>in der Anmeldung erwähnt<br>Seite 1<br>-----                                | 1,9,10             |

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2014/100462

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung  |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|--|
| DE 19621914  | C1                            | 07-08-1997                        | KEINE  |
| WO 2007076953                                      | A1                            | 12-07-2007                        | AT 512120 T 15-06-2011<br>DE 102005063228 A1 30-08-2007<br>DK 1968900 T3 12-09-2011<br>EP 1968900 A1 17-09-2008<br>ES 2364083 T3 24-08-2011<br>PT 1968900 E 17-08-2011<br>SI 1968900 T1 28-10-2011<br>WO 2007076953 A1 12-07-2007  |
| US 6391203   | B1                            | 21-05-2002                        | CA 2468114 A1 30-05-2003<br>CN 1511114 A 07-07-2004<br>EP 1345858 A1 24-09-2003<br>US 6391203 B1 21-05-2002<br>US 2003094410 A1 22-05-2003<br>WO 0242227 A1 30-05-2002   |
| DE 202007017166                                    | U1                            | 20-03-2008                        | KEINE  |
| DE 102011015611                                    | A1                            | 04-10-2012                        | KEINE  |
| EP 0172443   | A1                            | 26-02-1986                        | KEINE  |
| FR 2459283   | A1                            | 09-01-1981                        | KEINE  |
| DE 202011107055                                    | U1                            | 25-01-2013                        | KEINE  |
| DE 102007059084                                    | A1                            | 10-06-2009                        | AT 502113 T 15-04-2011<br>DE 102007059084 A1 10-06-2009<br>EP 2215241 A2 11-08-2010<br>WO 2009071428 A2 11-06-2009   |
| US 2011127214                                      | A1                            | 02-06-2011                        | CN 102007075 A 06-04-2011<br>US 2011127214 A1 02-06-2011<br>WO 2009102186 A1 20-08-2009  |
| US 2010240094                                      | A1                            | 23-09-2010                        | AU 2008253058 A1 27-11-2008<br>BR PI0812152 A2 16-08-2011<br>CA 2723334 A1 27-11-2008<br>CN 101755041 A 23-06-2010<br>DE 102007024378 A1 11-12-2008<br>EA 200901485 A1 30-06-2010<br>EP 2155854 A2 24-02-2010<br>JP 2010527762 A 19-08-2010<br>KR 20100021483 A 24-02-2010<br>NZ 581369 A 29-06-2012<br>US 2010240094 A1 23-09-2010<br>WO 2008142007 A2 27-11-2008 |
| US 2010330633                                      | A1                            | 30-12-2010                        | AU 2010266035 A1 09-02-2012<br>CA 2804912 A1 29-12-2012<br>CN 102482690 A 30-05-2012<br>CO 6491051 A2 31-07-2012<br>EP 2446044 A1 02-05-2012<br>RU 2011153546 A 10-08-2013<br>US 2010330633 A1 30-12-2010<br>US 2013337527 A1 19-12-2013   |

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2014/100462

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
|  |                               | WO 2010151706 A1                  | 29-12-2010                    |
| WO 2010035142 A2                                   | 01-04-2010                    | DK 2342346 T3                     | 04-11-2013                    |
|  |                               | EP 2342346 A2                     | 13-07-2011                    |
|  |                               | EP 2679688 A1                     | 01-01-2014                    |
|  |                               | WO 2010035142 A2                  | 01-04-2010                    |
| DD 271896 A5                                       | 20-09-1989                    | AT 388157 B                       | 10-05-1989                    |
|  |                               | DD 271896 A5                      | 20-09-1989                    |
|  |                               | DE 3823950 A1                     | 26-01-1989                    |
|  |                               | YU 137288 A                       | 28-02-1990                    |