



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2014 001 907.1**
 (22) Anmeldetag: **15.02.2014**
 (43) Offenlegungstag: **20.08.2015**

(51) Int Cl.: **C12P 5/02 (2006.01)**
C02F 11/02 (2006.01)
C02F 11/04 (2006.01)
C12M 1/107 (2006.01)
C05F 5/00 (2006.01)
C05F 7/00 (2006.01)

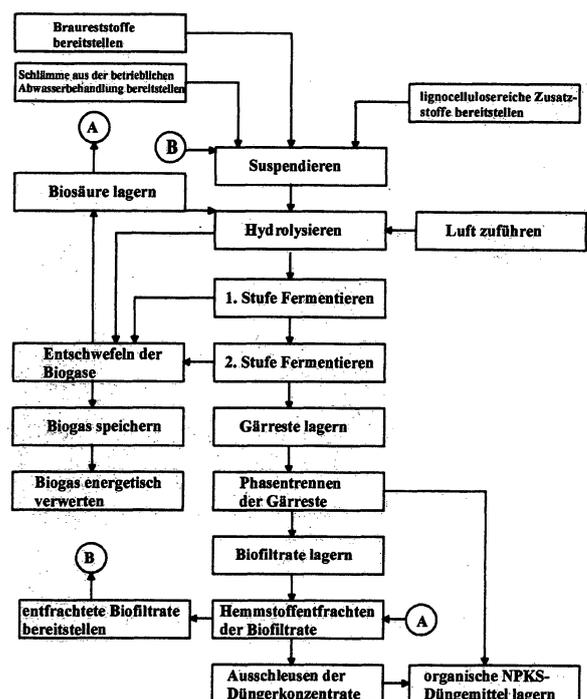
(71) Anmelder:
Apelt, Christine, 99092 Erfurt, DE

(72) Erfinder:
Antrag auf Nichtnennung

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur stofflichen und energetischen Verwendung biogener Reststoffe von Braustätten und Anordnung zur Durchführung des Verfahrens**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur stofflichen und energetischen Verwertung biogener Reststoffe von Braustätten durch Einsatz der Reststoffe in eine Nassfermentation, durch Konzentration des gesamten Nährstoffpotentials in Form von Stickstoff, Phosphor, Kalium und Schwefel in einer aus den Fermentationsrückständen gewonnenen Düngemittelfraktion, und durch Bereitstellung des entschwefelten Biogases für die energetische Verwertung, dadurch gekennzeichnet, dass die anfallenden biogenen Reststoffe aus dem Brauprozess, wie Birtreber, Trebersaft, verbrauchte Brauhefe und/oder beladene Filterhilfsmittel, einem Suspendierprozess unterzogen werden, dass unter Einsatz von Zusatzstoffen mit Trockenmassegehalten von wenigstens 60% und/oder Prozesswässern in der Biosuspension ein Trockenmassegehalt zwischen 12 und 18% eingestellt wird, dass die erzeugte Biosuspension einem aeroben Hydrolyseprozess unterzogen wird, dass das aus der Biosuspension erzeugte Hydrolysat einem anaeroben Fermentersystem aus wenigstens einem hydraulisch und teilweise durchmischtem Fermenter mit anfangs eingesetzter und sich stetig reproduzierender Spezialkultur zugeführt wird, dass das in den verwerteten Einsatzstoffen enthaltene Potential an Pflanzennährstoffen als Gemisch aus der festen Phase der Fermentationsrückstände und den aus der Hemmstoffentfrachtung der Biofiltrate resultierenden flüssigen Waschmedien mit hohen Gehalten an Ammonium und Schwefelverbindungen gewonnen wird und dass das entschwefelte, getrocknete und verdichtete Biogas zur gekoppelten Gewinnung von elektrischer und thermischer Prozessenergie genutzt wird.



Beschreibung

Anwendungsgebiet

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur stofflichen und energetischen Verwertung biogener Reststoffe von Braustätten und eine Anordnung zur Durchführung des Verfahrens. Eine derartige technische Lösung wird zur Erhöhung der Entsorgungssicherheit, zur Kostensenkung, zur Schadstoff-Emissionsminderung und zur Erhöhung der Unabhängigkeit von der fossilen Energieversorgung in der Brauwirtschaft benötigt.

Stand der Technik

[0002] Moderne Braustätten werden weltweit mit ähnlicher Verfahrenstechnik betrieben. Das größte Potential an organischer und damit energiereicher Biomasse stellt im gesamten Reststoffspektrum einer Braustätte der anfallende Biertreber dar. Im getrockneten Zustand ist der Biertreber ein gut verträgliches Eiweißfuttermittel, das jedoch angesichts steigender Energiepreise kaum noch mit alternativen Eiweißfuttermitteln, wie Sojaschrot oder Rapspresskuchen, konkurrieren kann. Im feuchten Anfallzustand wird Biertreber in den meisten Fällen als saures Zusatzfuttermittel eingesetzt. Dabei wird in Kauf genommen, dass wegen der Infektionsgefahr dieses hervorragenden Nährbodens für Mikroorganismen eine starke Abhängigkeit von den abnehmenden Tierzüchtern und von einer verlässlich funktionierenden Transportlogistik besteht. Die im Interesse der Effizienzsteigerung angestrebte Konzentration der Bierproduktion wird oft durch die begrenzten Kapazitäten der beanspruchten öffentlichen Abwasserbehandlungsanlagen behindert. Die nicht für Futterzwecke geeigneten organischen Reststoffe müssen im Allgemeinen als Abfall entsorgt werden, obwohl sie ebenfalls über beachtliche energetische Potentiale und Pflanzennährstoffgehalte verfügen. Zunehmend stört die Betreiber von Braustätten die für die Getränkevermarktung schädliche Kollisionsmöglichkeit von Lebensmitteltransporten und Transporten geruchsintensiver organischer Reststoffe.

[0003] Parallel hierzu wird die Bierherstellung in beachtlichem Umfang durch steigende Energiepreise belastet, an deren Kompensation wegen des Wettbewerbsdruckes ein ausgeprägtes Interesse besteht.

[0004] Trotz dieser Situation ist bisher in der industriellen Praxis kein Beispiel dafür bekannt gemacht worden, gemäß dem die überwiegend feucht anfallenden biogenen Reststoffe aus der Bierherstellung einer stofflichen und energetischen Verwertung zugeführt worden wären. Bekannte technische Lösungen beschränken sich auf die Verwertung von Bioschlämmen aus der Abwasserbehandlung mittels Methanfermentation, womit nur vergleichsweise geringe An-

teile des tatsächlich verfügbaren Potentials genutzt werden. Sowohl die praktisch ununterbrochen anfallenden Reststoffe als auch der nahezu konstante Energiebedarf hinsichtlich Elektroenergie, Wärmeenergie und Kälteenergie, sowie Motorkraftstoffen bilden nahezu ideale Voraussetzungen für die Nutzung von Verfahren der Methanfermentation zur Energiegewinnung aus regenerativen Quellen und zur gleichlaufenden Verwertung der anfallenden Fermentationsreste für die Düngemittelgewinnung. Deshalb hat es auch nicht an Versuchen gefehlt, den Stand der Technik dahin weiterzuentwickeln, dass unter Nutzung der biogenen Reststoffe insbesondere Beiträge zur Senkung des fossilen Energiebedarfs einer Braustätte geleistet werden können.

[0005] Die DE 3627253 C2 (1986) beschreibt beispielsweise ein Verfahren zur biologischen Behandlung von organische Stoffe enthaltenden Substraten, wobei die zentrale Behandlungsstufe für die feststoffabgereicherte Phase eines Biosubstrates und der in nachfolgenden Behandlungsschritten verflüssigten feststoffreichen Phasen des Biosubstrates ein Hydrolysereaktor für den aeroben Abbau der im Biosubstrat enthaltenen organischen Stoffe ist. Zu der Behandlung der dabei anfallenden Hydrolysegase, die bekanntermaßen auch Fettsäuredämpfe aus der aeroben Spaltung von ausgewählten Phasen der eingebrachten Biostoffe enthalten, gibt die beschriebene Lösung jedoch keine Hinweise. Die aus dem Hydrolysereaktor ausgetragenen Substrate gelangen zu einem Teil ohne weitere Vorbehandlung in die Hydrolysestufe zurück. Die übrigen feststoffreichen Phasen werden nach mehreren Zwischenbehandlungen von verbleibenden ungelösten Bestandteilen abgetrennt und der weiteren fermentativen Behandlung entzogen. Die behauptete Eignung für die Verwertung von bekanntermaßen feststoffreichen Brauereireststoffen ist mangels dafür verfügbarer adaptierter Methanbakterienkulturen und mangels kulturerhaltender Fermentationstechnik für die offenbarte technische Lösung nicht gegeben.

[0006] Weiterhin wird mit der DE 4000834 C2 (1990) eine technische Lösung zur Biomethanisierung von organischen Reststoffen bekannt gemacht.

[0007] Sie sieht vor, den anfallenden Brauereiabwässern die üblichen Reststoffe aus dem unmittelbaren Brauprozess zuzusetzen und das nun extrem hoch organisch belastete Abwasser einem mehrstufigen Fermentationsprozess zu unterziehen. Es bedient sich dabei kaskadenförmig angeordneter Schlaufenreaktoren, die zumindest teilweise mit Füllkörpern gefüllt sind und durch komprimierte Prozessgase vollständig gemischt werden. Der erkannten Notwendigkeit einer hydrolytischen Vorbehandlung in einer ersten Fermentationsstufe wird erklärtermaßen durch chemische, enzymatische und fakultativ durch aerobe bis anaerobe Maßnahmen ent-

sprochen. Offensichtlich im Interesse der energetischen Erschließung der überwiegend lignocellulose- und proteinhaltigen Treberinhaltsstoffe sollen diese vorzugsweise nach einer Zerkleinerung auf < 1,0 mm eingesetzt werden. Das beschriebene Verfahren unterstellt die Möglichkeit, den anfallenden Gärresten der letzten anaeroben Behandlungsstufe mittels Ultrafiltration ein Reinwasser entziehen zu können, das jedoch zugleich Quelle eines zusätzlichen Entgasungsprozesses sein soll. Eine Nachfaulstufe soll zur weiteren Feststoffreduktion und eine aerobe Nachbehandlungsstufe zur Geruchseliminierung und Stickstoffreduktion genutzt werden. Der theoretische Ansatz dieses Vorschlages widerspricht in mehrfacher Hinsicht vielfach bestätigten praktischen Erfahrungen und konnte folgerichtig keinen Eingang in die moderne Brauereitechnik finden. So ist es bekanntermaßen grundsätzlich nicht möglich, in vollständig durchmischten Fermentern eine für die Verwertung der lignocellulose- und proteinreiche Trebersubstanz geeignete spezielle Bakterienkultur ausreichend stabil verfügbar zu erhalten. Das anerkannte Erfordernis der Vorhydrolyse von Biosuspensionen mit Braureststoffen ist hingegen durch Enzymzugabe oder durch anaerobe Behandlung nur zu erfüllen, wenn Zusatzstoffkosten keine Rolle spielen, oder großvolumige zusätzliche Anaerobsysteme verfügbar sind. In der vorgeschlagenen technischen Lösung dient die aerobe Stickstoffreduktion der Gärreste nach dem mehrstufigen Fermentationsprozess ausschließlich der Gewinnung von gering belastetem Abwasser bei Inkaufnahme der Rückführung der reduzierten Stickstofffracht in die Atmosphäre. Hingegen sollen Eluate aus einzelnen Fermentationsstufen zur Steuerung optimaler C-N-P-Verhältnisse in den jeweiligen Gärsubstraten in andere Fermentationsstufen zurückgeführt werden. Damit wird eine entscheidende Voraussetzung für die Aufrechterhaltung eines nachhaltigen Fermentationsprozesses unbeachtet gelassen, gemäß der eine Entfrachtung des geschlossenen Fermentationssystem von Stickstoff- und Schwefelverbindungen zur Vermeidung des Entstehens toxischer Konzentrationen dieser Verbindungen im Gärsubstrat unverzichtbar ist.

[0008] Das ist vor allem deshalb beachtlich, da in Form der Biertreber und Bierhefen protein- und damit Stickstoff- und schwefelreiche Substrate in den Fermentationsprozess eingeführt werden.

[0009] Die DE 4226087 A1 (1992) beschreibt u. a. ein Verfahren zur biologischen Aufbereitung organischer Substanzen, insbesondere zur anaeroben biologischen Hydrolyse zur anschließenden Biomethanisierung. Sie versucht die Aufgabe zu lösen, die aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren einfacher und effizienter auszugestalten und insbesondere ein Steuerungskonzept bereitzustellen, durch das der pH-Wert, die Feststoffkonzentration und die Feststoffverweilzeit unabhängig voneinander einstellbar

sind. Die wesentlichen Mittel dieser technischen Lösung bestehen darin, dass in einer ersten anaeroben Hydrolysestufe die überwiegend gelösten organischen Bestandteile einer Biosuspension und in einer zweiten Anaerob-Stufe eine feststoffreiche Fraktion der zu behandelnden Biosuspension hydrolytisch versauert werden, damit in einer dritten Behandlungsstufe beide Hydrolysate der Methanisierung unterzogen werden können. Auch mit diesen Vorschlägen ist es aus mehreren Gründen nicht möglich, den Prozess der stofflichen und energetischen Verwertung von Brauereireststoffen mit der erforderlichen energetischen Effizienz und Stabilität zu führen. Weder kann mit den vorgeschlagenen Prozeduren der tatsächliche und zeitlich gegebenenfalls auch wechselnde Reststoffstrom einer Brauerei wegen der erforderlichen pH-Wert-Steuerung nachhaltig behandelt werden, noch steht die noch vor der Methanisierungsstufe aus dem Anaerobprozess auszuschleusende Feststofffraktion für die weitere energetische Nutzung zur Verfügung. Außerdem fehlen jegliche Voraussetzungen für die Begrenzung der Gehalte an Stickstoff- und Schwefelverbindungen im Gärsubstrat auf Konzentrationen unterhalb der Toxizitätsschwelle, wenn dem System proteinreiche Braureststoffe zugeführt werden sollen.

[0010] Die DE 19613397 C2 (1992) beschreibt ein Verfahren zur biologischen Reinigung von Abwasser, das sich insofern vom damals verfügbaren bekannten Stand der Technik unterscheidet, dass die aufzubereitende Biosuspension in Form eines Abwassers zunächst einer Phasentrennung unterzogen wird, wobei lediglich die feststoffreiche Phase dem Fermenter direkt zugeführt wird. Die feststoffarme Phase aus dieser Prozessstufe soll einer Ammoniak-Strippung zugeführt werden, obwohl im Falle der Brauereiabwasser das Stickstoffinventar bekanntermaßen zunächst überwiegend in Proteinform vorliegt und daraus Ammonium erst durch den anaeroben Fermentationsprozess gebildet wird.

[0011] Gemäß der vorgeschlagenen technischen Lösung dient der beschriebene Versuch der Stickstoffausschleusung mit Sicherheit nicht der Vermeidung der Stickstoffanreicherung bis zu toxischen Konzentrationen im Fermentationsprozess. Die aerobe Hydrolyse des Ablaufs aus der Ammoniak-Strippung hat damit nahezu keinen Einfluss auf die erforderliche Auflösung des Lignocelluloseverbundes und auf die Erschließung des Energiepotentials der mit den Brauereireststoffen eingetragenen lignocellulosereichen Biertreber.

[0012] Mit der DE 19615551 C2 (1996) wird u. a. eine technische Lösung beschrieben, die der mehrstufigen Behandlung von Biomassen zur Erzeugung von Biogas dient. Das entwickelte Verfahren soll der Lösung der Aufgabe dienen, mit einem minimalen Aufwand an Investition- und Betriebskosten einen ma-

ximalen Abbau der Zellinhalte der biologischen Abfallstoffe zu erreichen. Bei kurzen Verweilzeiten der Biomasse im anaeroben Milieu muss ein wirtschaftlich nutzbares Gasgemisch aus Methan und Kohlendioxid gewinnbar sein, wobei die Biogasmenge zu maximieren und die nachzuverrottende Gärkompostmenge zu minimieren ist. Dazu soll das Einsatzgut zunächst von nicht biologisch abbaubaren Begleitstoffen durch Siebung und Metallabscheidung befreit sowie durch Nachzerkleinerung aufbereitet werden. Danach soll die einsetzende Versäuerung durch Zwischenpufferung des zu behandelnden Gärsubstrates in einem Vorhydrolysebehälter intensiviert werden. Zum Zwecke der Vergrößerung der Angriffsflächen für die Mikroorganismen ist vorgesehen, die Auflösung der Zellstrukturen durch Ultraschallbehandlung zu bewirken. Danach erfolgt die Herstellung einer Biosuspension durch Vermischen des Gärgutes mit aktiver Biomasse enthaltendem Prozesswasser in einem statischen Mischer. Nun wird die erzeugte Biosuspension bei Temperaturen für den mesophilen Abbauprozess unter Zugabe von Luft einer Hydrolysebehandlung unterworfen. Dabei soll es trotz des Einbringen von Luft zu einer Schwimm-Sink-Trennung und zur Austreibung von Schwefelwasserstoff kommen. Nun wird die anfallende Flüssigphase mit den enthaltenden organischen Säuren auf Temperaturen für thermophile Kulturen erwärmt und unter Zugabe von weiterem Prozesswasser dem Methanreaktor zugeführt. Die – offenbar im Hydrolysebehälter anfallende – Feststoffphase wird entwässert, einer Nachrotteeinheit zugeführt bzw. erneut hydrolysiert. Bemerkenswert ist der Vorschlag, den Methanisierungsteil so auszulegen, dass die einzelnen Gärbehälter jeweils nur für die Aufnahme einer Tagesmenge des anfallenden Einsatzgutes ausgelegt sind, so dass die postulierte Verweilzeit gewährleistet werden kann, weil Kurzschlussströme sicher vermieden werden.

[0013] Die schonende vollständige Umwälzung des Gärsubstrates in den Gärbehältern wird unter Vermeidung von so genannten Totzonen durch rezirkuliertes eingepresstes Biogas gewährleistet. Ebenso, wie beim Hydrolysebehälter, werden auch aus dem Methanreaktor die nicht vollständig abgebauten Feststoffe mittels Austragsschnecke abgezogen, entwässert und aerob nachverrottet. Die wässrigen Anteile der Gärreste werden dekantiert, in einem Prozesswassertank gesammelt und von dort als Wärmeträger und Anmischwasser für den Hydrolyseprozess oder zur Befeuchtung der Nachrotteeinheit und des Biofilters eingesetzt. Das vorgeschlagene Verfahren ist ganz offensichtlich für die Beseitigung biogener Abfallstoffe konzipiert und aus mehreren Gründen nicht für die effiziente stoffliche und energetische Verwertung von Brauereireststoffen geeignet. Zwar ist eine mehrstufige aerobe Vorhydrolyse der suspendierten Biomassen vorgesehen, jedoch sind weder Maßnahmen zur Vermeidung toxischer Konzentrationen von

Stickstoff- und Schwefelverbindungen im Gärmedium vorgesehen, wie sie für den Einsatz von besonders proteinreichen Braureststoffen unerlässlich sind. Weiterhin werden die zunächst nicht gelösten Anteile der eingesetzten Biomassen, wie sie insbesondere für Biertreber in Form der lignocellulosischen Anteile der Biertreber typisch sind, als Sink- und/oder Schwimmschlämme aus den einzelnen Prozessstufen ausgeschleust und nach einer Entwässerung einer aeroben Verrottung zugeführt. Die aerobe Verrottung benötigt in erster Linie Prozessenergie und führt zum Verlust spürbarer Anteile des enthaltenen Inventars an düngewirksamen Stickstoff- und Schwefelverbindungen. Eine spezielle für die Fermentation von lignocellulosischen Biomassen adaptierte Bakterienkultur steht weder zur Verfügung, noch ist deren Einsatz vorgesehen und könnte auch in den jeweils vollständig durchmischten Gärbehältern nicht erhalten und reproduziert werden.

[0014] Die DE 10 2004 030 482 B4 (2004) beschreibt ein Verfahren zur Aufbereitung von Abwässern aus der Bearbeitung und Aufbereitung von organischen Abfällen. Diese technische Lösung enthält u. a. den Vorschlag, zumindest einen Teil der zu verwertenden organischen Einsatzstoffe nicht der Fermentationsstufe, sondern erst der ersten vorzugsweise mechanischen Phasentrennung der anfallenden Gärreste als Flockungsmittel dem so genannten Trübablauf dieser Verfahrensstufe zuzusetzen, um damit einen für die vorgesehenen nachgeschalteten Membranfiltrationsstufen geeigneten Klarablauf zu erreichen. Der Vorschlag enthält weiterhin den Hinweis, der vorgesehenen Umkehrosmose eine flüssige Phase zuzuführen, die durch Säurezufuhr sowohl die Bildung von sauren Ammoniumverbindungen ermöglicht als auch die Freisetzung von Ammoniak behindert.

[0015] Schließlich soll der eigentliche Fermentationsprozess vor dem Aufbau toxischer Ammoniumkonzentrationen im Gärsubstrat dadurch geschützt werden, dass durch Zusatz von Umkehrosmose-Permeat als Ansetzwasser bei der Erzeugung einer fermentierbaren Biosuspension eine Konzentrationsverdünnung von Hemmstoffen für den Fermentationsprozess erzielt wird. Auch diese technische Lösung trägt den Anforderungen an die stoffliche und energetische Verwertung von Reststoffen des Brauprozesses nicht Rechnung, zumal die energiereichen Feststoffphasen der zu verwertenden organischen Abfälle frühzeitig und teilweise ohne jegliche fermentative Behandlung aus dem biotechnologischen Energiegewinnungsprozess ausgeschleust werden.

[0016] Das in der Zeitschrift Brauerei-Forum, Ausgabe 9/2006, unter dem Titel „Treber vergären zu Biogas“ beschriebene Verfahren sieht den Zusatz von bis zu etwa 15% Biertreber zu anderen Reststoffen der Pflanzenproduktion und der Lebensmittelindustrie vor. In der beschriebenen Verfahrensket-

te sind Verfahrensschritte für die Vermeidung von Aufkonzentrationen von so genannten Hemmstoffen im Fermentationsprozess nicht vorgesehen. Das Einsatzstoffgemisch wird zunächst eine Stunde lang bei 70°C hygienisiert und danach unter Einsatz von Versäuerungs-bakterien hydrolysiert. Das erzeugte Hydrolysat wird anschließend in Methanfermentern behandelt. Trotz der vermeintlich kompletten Ausgärung werden aus den Biertrebern maximal 130 m³ Biogas mit 60 V-% Methan je t Einsatzgut gewonnen. Bezogen auf die im Biertreber bekanntlich enthaltene organische Trockensubstanz in Höhe von wenigstens 220 kg/t entspricht diese Angabe einem Energieertrag in Höhe von 3,5 kWh/kg oTS. Dieser Wert entspricht lediglich etwa 65% des spezifischen Energieertrages, der von den Treberinhaltsstoffen aus einer wirksamen Fermentation erwartet werden kann. Zudem kommt es nach der Beschreibung der angewendeten Technik zu keinerlei Medien-Rezirkulation, wobei die anfallenden Gärreste entweder unbehandelt düngetechnisch genutzt werden oder in einer eigenen Abwasserbehandlungsanlage zu vorflutfähigem Abwasser und zu einem feststoffreichen Rottestoff aufbereitet werden.

[0017] Die DE 10 2007 004 135 A1 (2007) benennt ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Vergärung von Biomassen und soll ausdrücklich auch für die Verwertung von organischen Reststoffen aus dem Brauprozess geeignet sein. Der entwickelte Vorschlag sieht dazu die Nutzung eines dem Anaerob-Fermentersystem nachgeschalteten Stapelbehälters für die anfallenden Gärreste vor. In diesem Stapelbehälter soll dem Gärrest membrantechnisch ein Teil der wässrigen Phase entzogen werden.

[0018] Die verbleibende teilweise entwässerte Substanz wird in den Fermentationsprozess erneut zurückgeführt. Dieser Vorschlag enthält weder eine Lösung für den Einsatz und die nachhaltige Reproduktion einer adaptierten Kultur für die lignocellulosereichen Braureststoffe noch Maßnahmen zur Vermeidung von Überfrachtungen der Fermentationsstufe mit Stickstoff- und Schwefelverbindungen, deren Bildung bei Einsatz von in hohem Maße proteinhaltigen Braureststoffen unvermeidlich ist. Die an sich als hilfreiche Maßnahme vorgesehene mehrfache Behandlung zumindest eines Teils der eingesetzten Feststofffraktion führt mangels gezielter hydrolytischer Behandlungen nicht zu den erforderlichen Energieausbeuten.

[0019] Die DE 20 2008 014 330 U1 (2008) beschreibt eine Vorrichtung zur Energieversorgung einer Brauerei, mit der u. a. Mittel zur Hydrolyse und Vergärung von Brauereireststoffen bezeichnet werden. Die mit dem erfindungsgemäßen Vorschlag zu lösende Aufgabe besteht allerdings in einer Verbesserung der Energieversorgung einer Brauerei, die in erster Linie in der Kopplung von verschiedenen Tech-

niken zur Gewinnung von elektrischer und thermischer Energie aus regenerativen Quellen gesehen wird. Der Vorschlag sieht die bevorzugt getrennte Hydrolyse für jeden der verfügbaren Einsatzstoffe vor, ohne Angaben zur Art der Hydrolyse aufzuzeigen. Den nach den Hydrolysestufen anfallenden wässrigen Substraten werden anschließend die festen Phasen entzogen und vom weiteren biotechnologischen Prozess ferngehalten. Der Fermentationsstufe sollen nur die vergleichsweise energiearmen feststoffarmen Medien zugeführt werden, ohne einen Hinweis zu geben, wie die in den Gärsubstraten gelösten Stickstoff- und Schwefelverbindungen aus dem Einsatz der proteinreichen Braureststoffe vor einer Aufkonzentration im Fermentationsprozess behandelt werden sollen.

[0020] Die DE 10 2008 060 140 A1 (2008) beschreibt ein Biertreberhydrolyseverfahren. Es sieht vor, die verfügbaren protein- und lignocellulosereichen Biertreber zunächst mit Abwasser und Schlamm zu vermischen und einem ersten Hydrolyseprozess zuzuführen. Das erzeugte Hydrolysat soll dann in einer Phasentrennung in eine feststoffreiche und in eine feststoffarme Fraktion getrennt werden, wobei die feststoffreiche Fraktion unter Laugeeinsatz einem Feststoffaufschluss unterworfen wird.

[0021] Das aus dem Laugenaufschluss entstehende Medium wird danach erneut einer Phasentrennung zugeführt und die dabei gewonnene feststoffreiche Fraktion in einem zweiten Hydrolyseprozess erneut einem Laugenaufschluss unterworfen. Nach erneuter Phasentrennung soll die feststoffarme Fraktion einer dritten Hydrolysestufe zugeführt werden, während die feststoffreiche Fraktion gegebenenfalls mit anderen biogenen Braureststoffen, wie Etiketten u. dgl., getrocknet und für eine anschließende Verbrennung kompaktiert wird. Das aus der dritten Hydrolysestufe anfallende Substrat soll schließlich einem Vergärungsprozess zugeführt werden. Eine spezielle Starterkultur, die vorzugsweise aus parallelen Anlagen entnommen oder speziell in Kleinanlagen gezüchtet werden muss, soll bereits in der ersten Hydrolysestufe, die zudem bevorzugt bei 60°C zu betreiben ist, zum Einsatz kommen. Ganz offensichtlich wird von anaeroben Hydrolyseprozessen gesprochen, bei denen die aktiven Bakterienkulturen die erforderlichen Versäuerungsenzyme selbst bilden. Für die mit den Braureststoffen eingesetzten Fette, Proteine und Kohlenhydrate wird die hydrolytische Vorbehandlung an sich nicht benötigt, bestenfalls für die beschleunigte Prozessführung in der Fermentationsstufe. Das regelmäßige Neutralisieren der mehr oder weniger sauren Hydrolysate aus den einzelnen Hydrolysestufen durch Laugenzugabe führt nicht erkennbar zu dem Ergebnis, dass die insbesondere mit den Biertrebern eingesetzten lignocellulosischen Stoffanteile für den anschließenden Fermentationsprozess aufgeschlossen werden. Diese energiereichen Anteile aus den eingesetzten Brauereireststoffen finden sich mit ho-

her Sicherheit in der auszuschleusenden feststoffreichen Fraktion nach der zweiten Hydrolysestufe und tragen mit deutlich über 70% Feuchtegehalt nach einer energieaufwendigen Trocknung kaum zum Energiegewinn für den Brauprozess bei. Selbst bei Verfügbarkeit einer den Hydrolyseprozess unterstützenden Startkultur kann diese bei den genannten Temperaturen von 60°C den Methanisierungsprozess in der nachgeschalteten Fermentationsstufe kaum wirksam unterstützen, weil die dort erforderlichen Mikroorganismen entweder im Temperaturbereich zwischen 30 und 40°C als mesophile Kultur oder im Temperaturbereich zwischen 48 und 55°C als thermophile Kultur bekanntermaßen andere Zusammensetzungen aufweisen.

[0022] Mit der DE 10 2010 005 818 A1 (2010) wird ein energetisch optimiertes Verfahren zum Betreiben einer Bioethanolgewinnungsanlage bekannt gemacht. Ein solches Verfahren gehört insbesondere deshalb zum Suchbereich eines Fachmannes, weil sowohl die Schlemphen aus einer Bioethanolgewinnung als auch die Treber aus der Bierherstellung gleichermaßen wässrige Substrate mit überwiegender Protein- und Lignocellulosegehalten sind. Im Anfallzustand besitzen lediglich die Ethanol-schlemphen einen geringeren Trockensubstanzgehalt als die Biertreber. Der offengelegte Vorschlag macht aufgabenstellungsgemäß nur Aussagen dazu, dass die im Bioethanolgewinnungsprozess anfallenden Schlemphen einer Methanfermentation zugeführt werden, weil dort die in den Schlemphen enthaltenen gelösten organischen Verbindungen überwiegend zu Biogas umgesetzt werden und damit die wässrige Phase des Gärrestes wenigstens teilweise für die Substitution des erforderlichen Frischwassers für den Maischeprozess genutzt werden kann. Zur Vermeidung einer zusätzlichen Belastung des Maischeprozesses der Ethanolanlage soll dem rückgeführten Gärrest vor dem Wiedereinsatz die feststoffreiche Phase entzogen werden. Einer Aufkonzentration von gelöstem Schwefelwasserstoff und Ammonium im rückgeführten Gärrest soll durch entsprechende Abreicherungsschritte vorgebeugt werden. Weitere Hinweise können dem genannten Vorschlag nicht entnommen werden.

Zusammenfassende Kritik am bekannten Stand der Technik

[0023] Den bisher bekannt gemachten technischen Lösungen haftet der gemeinsame Mangel an, dass eine Monofermentation der biogenen Braureststoffe mit der erforderlichen biotechnologischen Stabilität und ohne beachtliche Zugabe von Verdünnungstoffen, wie Frisch- oder Abwässer, nicht gewährleistet werden kann. Außerdem sind geeignete Vorschläge für eine wirksame Vorbereitung der energiereichen lignocellulosischen Anteile an den verfügbaren Braureststoffen für die Biogasgewinnung bisher nicht of-

fenbart worden. Schließlich ist den bisher veröffentlichten Quellen auch kein nutzbarer Hinweis zu entnehmen, wie den hohen Proteingehalten der Braureststoffe und den daraus resultierenden Systembelastungen der als Hemmstoffe für den biotechnologischen Prozess wirkende Stickstoff- und Schwefelverbindungen begegnet werden kann.

Aufgabe der Erfindung

[0024] Die Aufgabe der Erfindung besteht deshalb in der Überwindung der Mängel der bekannten technischen Problemlösungen. Insbesondere sollen mit Hilfe der Erfindung bei der Bierherstellung technische, logistische, energetische und ökologische Verbesserungen ermöglicht werden, die zu einer nachhaltigen Kostensenkung und zu verbesserten Wettbewerbspositionen führen sollen. Die anzustrebende Unabhängigkeit vom fossilen Energiemarkt einerseits und vom konventionellen Futtermittelmarkt andererseits wird dabei als Voraussetzung für eine stabile und berechenbare Bierproduktion betrachtet. Insbesondere soll die ausschließliche stoffliche und energetische Verwertung der in einer Braustätte anfallenden biogenen Reststoffe mit hoher energetischer und ökologischer Effizienz möglich sein. Eine hohe Zuverlässigkeit soll durch das Vermeiden von störenden Einflüssen auf den biotechnologischen Prozess gewährleistet werden.

Beschreibung der Erfindung

[0025] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß nach den Lehren aus den Ansprüchen 1 und 10 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen beschrieben. Danach erfolgt die stoffliche und energetische Verwertung biogener Reststoffe von Braustätten durch Einsatz dieser Reststoffe in eine Nassfermentation zur Biogasgewinnung. Durch die weitgehende Umwandlung der in den Reststoffen enthaltenen Kohlenstoffverbindungen zu Biogas wird eine beachtliche Aufkonzentration des Nährstoffpotentials, insbesondere in Form von Stickstoff, Phosphor, Kalium und Schwefel, in einer aus den Fermentationsrückständen gewonnenen Düngemittelfraktion bewirkt. Das im Fermentationsprozess gebildete Biogas steht nach einer nahezu vollständigen Entfrachtung von mitgeführtem Schwefelwasserstoff und Wasserdampf für die energetische Verwertung zur Verfügung. Die im Brauprozess anfallenden biogenen Reststoffe, wie Biertreber, Trebersaft, verbrauchte Brauhefe und/oder beladene Filterhilfsmittel, werden im jeweiligen Anfallzustand ohne weitere Vorbehandlung und bei Erfordernis auch ohne Zwischenspeicherung einem Suspendierprozess unterzogen. Durch den Einsatz von qualitativ ähnlichen Zusatzstoffen mit Trockenmassegehalten von wenigstens 60%, beispielweise Malzstäube, Getreidereinigungsrückstände u. dgl., und/oder Prozesswässern wird in der erzeugten Biosuspension ein Tro-

ckenmassegehalt zwischen 12 und 18% eingestellt. Die erzeugte Biosuspension wird anschließend einem aeroben Hydrolyseprozess unterzogen.

[0026] Dabei werden nicht nur die wünschenswerten Versäuerungsprozesse, sondern auch die wenigstens teilweise Spaltung der lignocellulosischen Inhaltsstoffe der Biosuspension erreicht. Das gewonnene Hydrolysat gelangt in ein anaerobes Fermentersystem, das aus wenigstens einem hydraulisch und nur teilweise durchmischten Fermenter besteht. Dieses Fermentersystem ist mit einer anfangs eingesetzten und sich stetig reproduzierenden Spezialkultur ausgestattet. Das in den verwerteten Einsatzstoffen enthaltene Potential an Pflanzennährstoffen als Gemisch aus der festen Phase der Fermentationsrückstände und den in der Hemmstoffentfrachtungsstation gewonnenen Düngemittelkonzentraten mit hohen Gehalten an Ammonium und Schwefelverbindungen wird komplett zurückgewonnen und dem Wirtschaftskreislauf als organischer NPKS-Dünger erneut zugeführt. Das im Fermentationsprozess anfallende Biogas wird entschwefelt, getrocknet und bedarfsweise verdichtet, um es bevorzugt zur gekoppelten Gewinnung von elektrischer und thermischer Energie nutzen zu können. Damit resultiert die Funktion des vorgeschlagenen Verfahrens sowohl aus der direkten Kopplung an sich bekannter Verfahrensschritte, wie Herstellung einer Biosuspension aus den verfügbaren Reststoffen des Brauprozesses im jeweiligen Anfallzustand und in den jeweiligen Anfallmengen ohne vorangehende Zwischenstapelung, Zuführung von qualitativ ähnlichen Abfallstoffen aus der Landwirtschaft oder der Lebensmittelindustrie als willkommene Cofermentate, Vorbehandlung der erzeugten Biosuspension in einer auch lignocellulosespaltenden aeroben Hydrolyse, biologische Gasentschwefelung zur Gewinnung einer im Verwertungsprozess benötigten schwefligen Biosäure, als auch aus neuentwickelten Verfahrensschritten. Solche Verfahrensschritte bestehen im Einsatz einer speziellen auf die Verwertung von protein- und lignocellulosereichen Bioabfällen adaptierte Methanbakterienmischkultur, der Anwendung einer Fermentertechnik mit der Eignung zum uneingeschränkten Erhalt bzw. zur stetigen Reproduktion der eingesetzten Startkultur, der Rückführung eines Teiles der Fermentationsreste in die Suspensionsstufe, verbunden mit der wiederholten hydrolytischen und fermentativen Behandlung des in den rückgeführten Fermentationsresten enthaltenen biogenen Potentials, der Schaffung einer zusätzlichen Hemmstoffsenke zur Vermeidung einer Aufkonzentration von Ammonium und Schwefelwasserstoff in den Gärsubstraten auf Werte in der Nähe der toxischen Schwellwerte und in der Nutzung der die entfrachteten Hemmstoffe enthaltenden Waschflüssigkeit der Hemmstoffentfrachtungsstation als flüssiges Düngerkonzentrat.

[0027] In einer bevorzugten Ausführungsform wird zusätzliches biogenes Potential in Form der Schlammfraktion aus der aeroben und/oder anaeroben Behandlung der Produktionsabwässer der Braustätte gewonnen und dem Suspendierprozess zugeführt. Dies senkt nicht nur die Abwasserlast der Braustätte, sondern führt gleichzeitig zur Minderung der Geruchsemissionen und zur Erhöhung der Gewinnung von regenerativer Energie aus den eigenen biogenen Quellen.

[0028] Eine andere Lösungsvariante sieht vor, den gesamten Prozess dadurch zu stabilisieren, dass der Trockensubstanzgehalt der Biosuspension auf Werte von mehr als 14% erhöht wird. Dafür sollen bevorzugt Zusatzstoffe einer den Biertrebern ähnlichen Zusammensetzung, wie Malzstäube, Getreidespreu, Mühlenstäube und/oder Bürststäube aus der Getreideereinigung, in den Suspendierprozess eingesetzt werden. Neben der Prozessstabilisierung werden die in den Zusatzstoffen enthaltenen biogenen Potentiale gleichzeitig mit nahezu unverminderter Effizienz für die Gewinnung von Prozessenergie für den Brauprozess erschlossen.

[0029] Vorteilhafterweise werden als Anteile an den Fermentationsrückständen die bei der mechanischen Phasentrennung der Fermentationsrückstände gewonnenen Biofiltrate als Prozesswässer in den Suspendierprozess zurückgeführt. Wegen der vergleichsweise hohen Zuführungsraten an in den Braureststoffen enthaltenen Proteinen ist der biotechnologische Verwertungsprozess der Braureststoffe durch überhöhte Ammonium- und Schwefelwasserstoffgehalte in den Gärsubstraten gefährdet, sobald eine erforderliche Konzentrationsverminderung nicht gewährleistet werden kann. Erfindungsgemäß werden hierfür jene Biofiltrate aus den Fermentationsresten genutzt, denen zuvor in einem Hemmstoffentfrachtungsprozess Anteile der enthaltenen Stickstoff- und Schwefelverbindungen entzogen wurden. Einerseits werden hierdurch Gefährdungen der Prozessstabilität ausgeschlossen und andererseits die entzogenen Hemmstoffe als wertvolle Pflanzennährstoffe der düngungstechnischen Nutzung zugeführt. In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dem Biofiltrat Teile des gelösten Ammoniums und/oder des gelösten Schwefelwasserstoffs in einem Austreiber bei bis auf 65°C erhöhten Temperaturen und bei einem Druck in den überstehenden Wrasen von höchstens 980 mbar zu entziehen. Die im Austreiber entstehenden ammoniak- und/oder schwefelwasserstoffhaltigen Wrasen werden anschließend in einem zwischengeschalteten Wärmetauscher auf Temperaturen von maximal 45°C abgekühlt.

[0030] Die abgekühlten ammoniak- und/oder schwefelwasserstoffhaltigen Wrasen werden nun einem nachgeschalteten Wrasenwäscher in Form ei-

nes Rieselkörperapparates zugeführt, wobei als Waschmedium schweflige Biosäure aus der Biogasentschwefelung mit einer Temperatur von maximal 25°C und einem pH-Wert zwischen 1 und 3,5 eingesetzt wird. Im Wäschersumpf erfolgt durch das Einbinden von Ammonium und Schwefelwasserstoff in das Waschmedium eine stetige Erhöhung dessen pH-Wertes, wodurch gleichzeitig die Wäschereffizienz gemindert wird. Beim Erreichen des wählbaren oberen Grenzwertes für den zulässigen pH-Wertebereich wird dem Wäschersumpf ein Mengenanteil zwischen 10 und 60% entnommen und als Düngerkonzentrat mit hohen Stickstoff- und Schwefelkonzentrationen verwertet. Die entnommene Menge Waschflüssigkeit wird sodann durch frische schweflige Biosäure aus dem Gasentschwefelungsprozess ersetzt.

[0031] Für die anzustrebende hohe energetische Wirksamkeit des erfindungsgemäßen Verfahrens ist der spezielle Hydrolyseprozess wesentlich. In einer bevorzugten Ausführungsform wird der Hydrolyseprozess unter intensiver Vermischung mit Umgebungsluft in einem Rührbehälter bei Temperaturen zwischen 50 und 60°C durchgeführt. Dabei wird dem Hydrolyseprozess Umgebungsluft in einer Größenordnung zwischen 8 und 10 Vol.-% des im gesamten Fermentationsprozess gewonnenen Biogases zugesetzt. Die Dimension des oder der Hydrolysebehälter wird so gewählt, dass eine mittlere Verweilzeit der Biosuspension im Hydrolysebehälter von etwa 2 Tagen eingehalten werden kann. Die hydrolytische Behandlung wird wirksam unterstützt, wenn dem Hydrolyseprozess zwischen 20 und 100% der bei der biologischen Entschwefelung des Biogases anfallenden schwefligen Biosäure zugesetzt wird. Indem auch die bei der Hydrolyse freigesetzten gasförmigen Umsetzungsprodukte im Gassystem verbleiben, dient die dem Hydrolyseprozess zugeführte Umgebungsluft auch der Versorgung der aeroben Schwefelbakterien im Gasentschwefelungsprozess. Geruchsemissionen, insbesondere in Form von bei der Hydrolyse entstehenden Fettsäuredämpfen, werden sicher ausgeschlossen. Es ist möglich, das anfallende Hydrolysegas auf wenigstens 30 mbar zu verdichten und vor der Gasentschwefelungsstation in die zentrale Rohgasleitung einzuleiten oder das anfallende Hydrolysegas auf wenigstens 30 mbar zu verdichten und der korrosionsfest ausgeführten Nachfermenterstation zuzuführen. Die Überwindung des Druckverlustes der Gasentschwefelungsstation erfordert in diesem Fall keine zusätzliche Gasfördertechnik.

[0032] Die im Hydrolysegas enthaltenen Wasserstoff-, Kohlenmonoxidanteile sowie die zu erwartenden Fettsäuredämpfe werden entweder im anaeroben Gärrestlager und/oder in der Nachfermenterstation in die Biogasbildung eingebunden.

[0033] Die anfangs als Startkultur für den Fermentationsprozess einzusetzende Methanbakterien-Misch-

population wird unter Zugabe von überwiegend lignocellulosehaltigen Einsatzstoffen in einer Zuchtstation für mesophile oder thermophile Mischkulturen gewonnen. Für den Fall des nur bei extremen Verletzungen des vorgegebenen Betreiberelementes vorstellbaren so genannten „Umkippen“ des Fermentationsprozesses kann unter Inanspruchnahme der Zuchtstation der Fermentationsprozess neu gestartet und ohne spürbare Ertragsminderungen fortgesetzt werden.

[0034] Die vorgeschlagene Anordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht aus wenigstens einer Suspendierstation, einer Fermentationsstation für die Methanfermentation, einer Phasentrennstation für die Gärrückstände, einem Biofiltratsvorratstank und einer Gasentschwefelungsstation. Erfindungsgemäß steht die Suspendierstation mit einem Lager- und Dosiersystem für trockensubstanzreiche Zusatzstoffe in Verbindung. Weiterhin ist zwischen dem Biofiltratsvorratstank und der Suspendierstation eine Hemmstoffentfrachtungsstation angeordnet. Für die Gasentschwefelung ist ein Gaswäscher bevorzugt in Form eines Rieselkörperapparates angeordnet. Für die Bevorratung der in der Gasentschwefelungsstation gewonnenen schwefligen Biosäure ist zwischen der Gasentschwefelungsstation und der Hemmstoffentfrachtungsstation und/oder der Hydrolysestation ein Biosäurevorratstank angeordnet. Schließlich ist zwischen der Suspendierstation und der Fermenterstation eine Hydrolysestation angeordnet. Es ist erfindungswesentlich, dass die Fermenterstation aus wenigstens einem Hauptfermenter und wenigstens einem nachgeschalteten Nachfermenter besteht. Mit dieser Anordnung der Anlagenkomponenten wird erreicht, dass ohne besondere Zerkleinerungs-, Bevorratungs-, Dosier- und zwingende ständige Zuführprozesse für externe Medien, beispielsweise chemische und/oder biotechnologische Additive und/oder Verdünnungsmedien zum Suspendierprozess, ein stabiler stofflicher und energetischer Verwertungsprozess für die anfallenden Braureststoffe aufrecht erhalten werden kann. Mit der Unterteilung des Fermentationsprozesses auf eine Haupt- und auf eine Nachfermenterstation, kann auf einfache Weise einem wichtigen Anliegen Rechnung getragen werden.

[0035] Dieses besteht darin, dass die unausweichlich in wechselnder Zusammensetzung anfallenden Braureststoffe zunächst nach vorangegangener Hydrolyse in der Hauptfermenterstation mit einer vergleichsweise robusten mesophilen Kultur behandelt werden, während die weitere Fermentation der die Hauptfermenterstation verlassenden Gärsubstrate mit deutlich geringeren Qualitätsunterschieden in den Hauptparametern durch die effizienteren jedoch weniger robusten thermophilen Kulturen erfolgen kann.

[0036] Für den dauerhaften Erhalt der eingesetzten Startkultur mit besonderer Eignung für die protein- und lignocellulosereichen Braureststoffe ist es erfindungswesentlich, dass wenigstens der oder die Hauptfermenter hydraulisch gemischte und nicht vollständig durchmischte Apparate sind.

Vorteile der Erfindung

[0037] Die Vorteile der Erfindung bestehen nach den wirtschaftlichen Auswirkungen in erster Linie in der Senkung der Prozessenergiekosten für den Brauereibetrieb. Bei weitgehender Deckung des thermischen Prozessenergiebedarfs aus dem Betrieb von Blockheizkraftwerkstechnik für die energetische Verwertung des gewinnbaren Biogases lassen sich mit dem Verkauf überschüssiger Elektroenergiemengen zusätzliche Umsätze erzielen. In jedem Fall wird eine teilweise oder vollständige Unabhängigkeit des Brauereibetriebes von Preisentwicklungen auf dem Markt für Prozessenergie aus fossilen Quellen erreicht. Die logistische und vertragliche Abhängigkeit von den die Biertreber verwertenden Tierproduzenten wird wegen der praktisch unmöglichen Bevorratungsfähigkeit dieser nährstoffreichen und damit extrem infektionsgefährdeten Futtermittel gänzlich vermieden. Die anfallenden festen Fermentationsrückstände aus der Phasentrennung können zur Erzielung zusätzlicher Umsätze als nährstoffreiche organische NPKS-(Stickstoff-Phosphor-Kalium-Schwefel-) Düngemittel verkauft werden. Die vermeidbare Entsorgung von Abfällen, wie Schlämme aus der betrieblichen Abwasserbehandlung oder beladene Filterhilfsmittel, führt zur spürbaren Kostensenkung im Brauprozess. Im Falle des Verkaufs von Zertifikaten aus den eingesparten Emissionen an CO₂-Äquivalenten werden zusätzliche Umsätze erzielt. Der immissionsschutzrechtlich relevante anlagenbezogene Lastverkehr wird deutlich reduziert. Außerdem können Begegnungsverkehre zwischen Futtermittel- und Abfalltransporten einerseits und Lebensmitteltransporten andererseits sicher vermieden werden.

[0038] Die aus der Zwischenlagerung und dem Transport von Futtermitteln und biogenen Abfällen resultierenden Geruchsmissionen lassen sich sicher vermeiden.

[0039] Die Abwasserlast, die oft ein limitierender Faktor für die mögliche Produktionsausweitung darstellt, kann bei Einleitung in öffentliche Kläranlagen vermindert werden.

[0040] Schließlich lässt sich der Einsatz von so genannter „grüner“ Energie werbewirksam vermarkten.

Ausführungsbeispiel

[0041] Die Erfindung soll nachstehend mit Ausführungsbeispielen näher erläutert werden. In der beige-fügten Zeichnung zeigen:

[0042] Fig. 1 das Verfahrensschema der erfindungsgemäßen technischen Lösung;

[0043] Fig. 2 das Blockschaltbild zum Zusammenwirken der Anlagenkomponenten;

Bezugszeichenliste

- | | |
|-----------|---|
| 1 | Startkultur |
| 2 | Braustätte (Lieferant von Treber, Trebersaft, Bierhefe, Filtermitteln) |
| 3 | Lager für Suspensionszusatzstoffe (Malzstäube, Getreidespreu, Dicksauermaische, Mühlennachprodukte) |
| 4 | betriebliche Abwasserbehandlungsanlage (Lieferant von Abwasserschlamm) |
| 5 | Hemmstoffentfrachtungsstation |
| 6 | Suspendierstation |
| 7 | Hydrolysestation |
| 8 | Hauptfermenter |
| 9 | Nachfermenter |
| 10 | Gärrestlager |
| 11 | Phasentrennstation |
| 12 | Biofiltratvorrattank |
| 13 | Düngemittellager |
| 14 | Gasentschwefelungsstation |
| 15 | Biosäurevorrattank |
| 16 | Gasspeicher |
| 17 | energetischer Gasverwertungskomplex |

Beispiel 1:

[0044] Gemäß der Fig. 1 werden die verfügbaren biogenen Reststoffe aus einer Braustätte **2**, insbesondere der Biertreber, der Trebersaft, die verbrauchte Brauhefe, die biogen beladenen Filterhilfsmittel sowie die Schlämme aus der betrieblichen Abwasserbehandlungsanlage **4**, entsprechend ihrem Anfall im Brauprozess überwiegend mittels Rohrleitungstransporten einer Suspendierstation **6** zugeführt. Im Beispiel werden dabei aus 1 Masseteil Biertreber mit 23,3% Trockenmasseanteil und 95,5% organischem Anteil an der Trockenmasse, 0,04 Masseteilen Schlamm aus der betrieblichen Abwasserbehandlungsanlage **4** mit 12,3% Trockenmasseanteil und 62,7% organischem Anteil an der Trockenmasse, 0,1 Masseteilen Trebersaft mit 1,5% Trockenmasseanteil und 82,9% organischem Anteil an der Trockenmasse, 0,01 Masseteilen verbrauchter Bierhefe mit 16,6% Trockenmasseanteil und 94,4% organischem Anteil an der Trockenmasse,

0,005 Masseteilen beladenen Kieselgurs mit 30,3% Trockenmasseanteil und 22% organischem Anteil an der Trockenmasse sowie

0,64 Masseteile von Ammonium und gelöstem Schwefelwasserstoff abgereichertes Biofiltrat aus der Phasentrennung mit einem 5%-igen Trockenmasseanteil und 60% organischem Anteil an der Trockenmasse insgesamt

1,795 Masseteile Biosuspension mit 15,3% Trockenmasseanteil und 91,7% organischem Anteil an der Trockenmasse gewonnen. In einem Lager für Suspensionszusatzstoffe **3** werden Zusatzstoffe, wie Malzstäube, Hopfenstäube und/oder Getreidereinigungsrückstände, mit einem mittleren Trockenmasseanteil von wenigstens 85% und wenigstens 80% organischem Anteil an der Trockenmasse bevorratet. Im Falle verstärkten Anfalls von Reststofffraktionen aus der Braustätte **2** mit geringeren Trockenmasseanteilen wird die bevorzugte Trockenmassekonzentration in der chargenweise herzustellenden Biosuspension zwischen 15 und 18 Masse-% durch Zumischung dieser Zusatzstoffe eingestellt. Die erzeugte Biosuspension wird anschließend in die Hydrolysestation **7** gepumpt und einer aeroben hydrolytischen Behandlung unterzogen. Dabei wird dem Hydrolysetank Umgebungsluft im Umfang von etwa 10%, bezogen auf das zu entschwefelnde Biogasvolumen, zugeführt. Im Hydrolysetank wird über in die Behälterwand integrierte Heizflächen zusätzliche Wärmeenergie zugeführt.

[0045] Durch die Wirkung der exothermen hydrolytischen Reaktionen und der mittels Heizwasser indirekt dem Hydrolysat zugeführten Wärmeenergie wird in der Hydrolysestation **7** eine Temperatur zwischen 55 und 60°C aufrechterhalten. Die mittlere Verweilzeit der Biosuspension in der Hydrolysestation **7** beträgt wenigstens 2 Tage. Die zugesetzte Umgebungsluft wird oberhalb des Behälterbodens in den Hydrolysetank feinblasig eingepresst. Der Hydrolysetank verfügt weiterhin über ein zentral positioniertes Propellerrührwerk, mit dessen Hilfe im oberen Bereich des Hydrolysetanks nicht nur eine intensive und entgasungsfördernde Turbulenz aufrechterhalten wird, sondern über die erzeugte Trombe auch die austretenden sauerstoffhaltigen Gase wiederholt mit der Biosuspension in Kontakt gebracht werden. Der im Hydrolysetank bewirkte Versäuerungsprozess, der zu einer Absenkung des pH-Wertes der Biosuspension von etwa 7,5 auf weniger als 4 für das die Hydrolysestation **7** verlassende Hydrolysat führt, wird durch den Zusatz der nicht für den Hemmstoffentfrachtungsprozess benötigten und verfügbaren Biosäure unterstützt. Das entstehende sauerstoffhaltige Hydrolysegas wird im Kopf des Hydrolysetanks erfasst, mittels eines Druckerhöhungsgebläses auf etwa 50 mbar verdichtet und in die Rohgasleitung gefördert. Durch den Einsatz von sauerstoffhaltiger Umgebungsluft in den Hydrolyseprozess werden die gegebenenfalls die in die Biosuspensi-

on eingeschleusten anaeroben Keime so nachhaltig geschädigt, dass die in den Hauptfermentern **8** aktive Methanbakterien-Mischkultur vor einer Verdrängung sicher geschützt bleibt. Das in der Hydrolysestation **7** erzeugte Hydrolysat wird dem Hydrolysetank durch die Dosierpumpenstation entnommen und der Hauptfermenterstation **8** zugeführt. Der Hydrolysetank dient damit auch der Prozessentkopplung zwischen der chargenweisen Herstellung der Biosuspension in der Suspendierstation **6** und der quasi-kontinuierlichen Beschickung der Hauptfermenter **8**. Für die Dosierpumpenstation dient der Hydrolysetank gleichzeitig als Pumpenvorlagebehälter. Mit Hilfe der Dosierpumpenstation erfolgt die so genannte Fütterung der einzelnen Hauptfermenter **8** der Hauptfermenterstation. In einem zeitlichen Abstand von vier Stunden wird jedem Fermenter **8** der Hauptfermenterstation je ein Sechstel der vorgesehenen Tagesdosis an Hydrolysat zugeführt. Während der Inbetriebnahme der Verwertungsanlage für die biogenen Reststoffe des Brauprozesses ist die Hauptfermenterstation mit einer Biomasse gefüllt worden, die mit einer mesophilen Startkultur **1** aus einer bereits tätigen Verwertungsanlage für Braureststoffe oder aus einem aktiven Fermenterbetrieb für die biotechnologische Verwertung von überwiegend lignocelluloseischen Einsatzstoffen, beispielsweise Getreidereinigungsrückständen, Ölsaatenreinigungsrückständen, Ethanol-schlempen und/oder Pülpfen aus der Stärkeproduktion, ausgestattet wurde.

[0046] Die in der Hauptfermenterstation eingesetzten beiden Hauptfermenter **8** sind hydraulisch gemischte Apparate, die im Durchschubprinzip betrieben werden. Sie enthalten drei Bereiche mit unterschiedlichen Beanspruchungen der eingesetzten Biomasse. Ein erster Teilbereich wird in regelmäßigen und wählbaren zeitlichen Abständen strömungsdurchmischt. Ein mittlerer undurchmischter Bereich ist als kurzschlussverhindernder Pfropfen ausgebildet und dient der als Startkultur **1** eingesetzten Biomasse zur ungestörten Reproduktion. Ein dritter Teilbereich befindet sich oberhalb des so genannten Pfropfenbereiches und umfasst den Teil des im Hauptfermenter **8** befindlichen Gärsubstrates, der sich unmittelbar am Ablauf des Fermenters befindet. In diesen Bereich strömt zusätzlich nach dem Erreichen des vollen Mischdruckes das im ersten Bereich gebildete Biogas hinein und führt zu einer intensiven und turbulenten Durchmischung des weitgehend entgasteten Gärsubstrates. Zugleich wird das am Ablauf anstehende Gärsubstrat so wirksam fluidisiert, dass die Ausbildung von Schwimmschichten, durch welche die Gasentbindung und/oder der Ablauf des Gär-rückstandes behindert werden könnte, sicher vermieden wird.

[0047] Die jeweils dosierte Hydrolysatcharge gelangt in den ersten Fermenterbereich, in dem das Gärsubstrat jeweils nach Abschluss des Dosiervor-

ganges mittels kurzzeitigen Druckausgleichs zwischen dem Gasraum oberhalb des strömungsdurchmischten Fermenterbereiches von maximal 490 mbar und oberhalb des ungemischten Pfropfenbereiches am Ablauf des Fermenters von 50 mbar durch den damit bewirkten Mischimpuls in eine kreisförmige Strömung versetzt wird. Gleichzeitig wird bei diesem Vorgang ein Teil der unter idealen Bedingungen im undurchmischten Pfropfen wachsenden mesophilen Biomasse in den strömungsdurchmischten Fermenterbereich zurückgefördert. Damit wird auch eine besonders keimarme Biomasse, beispielsweise der Biertreber aus dem Sudhaus einer Braustätte, im Fermentationsprozess frühzeitig mit aktiver und bereits adaptierter Methanbakterien-Mischkultur in Kontakt gebracht. Während der Dosierung einer Charge Hydrolysat in den ersten Fermenterbereich wird ein adäquates Volumen Gärsubstrat, vermindert um die Masse des seit der zuvor erfolgten Dosierung entbundenen Biogases, über den Ablauf des Fermenters ausgetragen. Damit kommt es während der gesamten Lebensdauer des Fermenters praktisch zu keiner beachtlichen Änderung des Füllvolumens des Fermenters. Der Ablauf des Gärsubstrates aus den beiden wechselseitig mit Hydrolysat beschickten Hauptfermentern **8** gelangt nun zur Nachbehandlung in den Nachfermenter **9** der Nachfermenterstation. Der Nachfermenter **9** ist ähnlich der Hauptfermenter **8** konstruiert.

[0048] Allerdings weist er zwei Besonderheiten auf: Erstens wird er mit einem maximalen Mischdruck von 420 mbar betrieben, womit für die Strömungsdurchmischung des ersten Fermenterbereiches im Nachfermenter **9** nur eine um etwa 15% verminderte Mischenergie zur Verfügung steht. Dies ist unter Beachtung der in der Hauptfermenterstation bereits erfolgten Reduzierung des Trockenmassegehaltes des Gärsubstrates unproblematisch. Jedoch kann damit der Ablauf des Gärsubstrates aus den Hauptfermentern **8** praktisch zu jedem Zeitpunkt in den Nachfermenter **9** gelangen.

Zweitens ist nach dem Passieren der Hauptfermenterstation das Gärsubstrat hinsichtlich der enthaltenen biogenen Anteile soweit vergleichmäßig, dass der Nachfermenter **9** stabil mit einer adaptierten thermophilen Bakterienkultur betrieben werden kann, ohne die weniger robusten thermophilen Keime durch stark wechselnde Qualitäten des Gärsubstrates zu überfordern. Mit dieser Anordnung von hintereinander geschalteten anaeroben Behandlungsschritten mittels mesophiler und thermophiler Bakterienkulturen wird der wechselnden Zusammensetzung der in der Braustätte **2** anfallenden biogenen Reststoffe ohne Inkaufnahme der Gefahr einer Überlastung des biotechnologischen Systems Rechnung getragen. Gleichzeitig wird wegen der zu gewährleistenden Mindestaufenthaltszeit des Gärsubstrates in der Nachfermenterstation bei Temperaturen für thermophile Bakterienkulturen den Anforderungen für eine

wirksame Hygienisierung von biogenen Abfallstoffen entsprochen, wenn diese nach der biotechnologischen Behandlung beispielsweise als organische Düngemittel in den Verkehr gebracht werden sollen. Der Nachfermenterstation ist ein Gärrestlager **10** nachgeschaltet, das in erster Linie zur Entkopplung der 9 Prozessstufen Fermentation und Phasentrennung dient. Das Gärrestlager **10** ist mit einem Doppelmembrangasspeicher abgedeckt, so dass dem Gärrückstand noch entweichende Restgasmengen zusätzlich aufgefangen werden. Die dem Gärrestlager **10** nachgeordnete Phasentrennstation **11** wird zur Gewinnung einer feststoffreichen Fraktion aus dem Gärückstand genutzt, wobei diese Fraktion direkt als nährstoffreiches organisches NPKS-Düngemittel dem Düngemittellager **13** zugeführt wird. Das parallel dazu als feststoffarme Fraktion anfallende Biofiltrat gelangt in den Biofiltratvorratstank **12**, der auch zur Entkopplung der Prozessstufen Phasentrennung und Hemmstoffentfrachtung dient. Aus dem Biofiltratvorratstank **12** kann das Biofiltrat zunächst wahlweise als organischer NPKS-Flüssigdünger für den Einsatz in der Landwirtschaft oder als Flüssigkomponente zur Herstellung einer geeigneten Biosuspension in der Suspendierstation **6** entnommen werden.

[0049] Außerdem besteht damit die Möglichkeit des Einsatzes von Biofiltraten in der Suspendierstation **6**, die insbesondere von Stickstoff- und wenigstens einem Teil der enthaltenen gelösten Schwefelverbindungen abgereichert wurden. Das ist zur Vermeidung von Anreicherungen toxisch wirkender Konzentrationen von Ammonium und Schwefelwasserstoff im Gärsubstrat erforderlich. In diesem Fall gelangt das dem Biofiltratvorratstank **12** entnommene Biofiltrat erst nach Durchlaufen der Hemmstoffentfrachtungsstation **5** in den biotechnologischen Behandlungsprozess zurück. Schließlich dient der Biofiltratvorratstank **12** auch als Vorlagebehälter für die Biofiltratpumpenstation. Die den Fermentern **8**, **9** entweichenden Biogase gelangen mit dem Eigendruck der Gase in den Fermentern über Druckminderungsventile in die Rohgasleitung, die mit einem absoluten Druck von etwa 1.050 mbar betrieben wird. In diese Rohgasleitung gelangt auch das in der Hydrolysestation **7** entstehende Hydrolysegas, das neben der dort zur Stimulierung des aeroben Hydrolyseprozesses zugeführten Umgebungsluft auch die Gase aus der aeroben Behandlung der eingesetzten Biosuspension sowie Dämpfe der entstandenen kurzkettigen Fettsäuren enthält. Dieses so genannte Hydrolysegas wird vom Hydrolysereaktor abgesaugt und vor der Einleitung in die Rohgasleitung auf einen Druck von wenigstens 1.050 mbar verdichtet. Diese Vorgehensweise erlaubt es, die Fermenter **8**, **9** der Haupt- und Nachfermenterstation als Stahlblechkonstruktionen aus unkonserviertem Baustahl zu nutzen. Das sauerstoffhaltige Mischgas in der Rohgasleitung durchströmt zunächst die als Rieselskörperapparat ausgebildete Gasentschwefelungs-

station **14**, die im bestimmungsgemäßen Betrieb einen Druckverlust in Höhe von etwa 40 mbar aufweist, und gelangt schließlich in den der Gasentschwefelungsstation **14** nachgeschalteten Doppelmembrangasspeicher **16**, der mit einem Stützdruck der Witterungsschutzmembran in Höhe von 1.008 mbar betrieben wird. Das entschwefelte Gas wird bei Bedarf mit einem Druck von 1.008 mbar dem Gasspeicher **16** entnommen, nach Durchlaufen einer Gastrocknungsstation verdichtet und einem energetischen Gasverwertungskomplex **17**, im Ausführungsbeispiel einem Blockheizkraftwerk, zugeführt. Die in der Gasentschwefelungsstation eingesetzte Nährlösung für die auf den Rieselkörpern angesiedelten Schwefelbakterien wird als Sumpfprodukt ständig zum Kopf des Rieselkörperapparates zurückgepumpt und erfährt beim Passieren der Rieselkörperpackung eine stetige Absenkung des pH-Wertes bis auf Werte von weniger als $\text{pH} = 2,0$. Anteile der Nährlösung werden dem Apparatesumpf chargenweise entnommen, wenn der pH-Wert eine Größe zwischen 1,5 und 2,0 erreicht hat.

[0050] Die entnommene Charge gelangt als Biosäure in den Biosäurevorratstank **15** und steht dort für den Wrasenwäscher der Hemmstoffentfrachtungsstation **5** als Waschflüssigkeit zur Verfügung. Zusätzliche Vorräte an Biosäure werden der Hydrolysestation **7** zur Förderung der Versäuerung der dort eingesetzten Biosuspension zugeführt. Im Ausführungsbeispiel wird aus der erzeugten Biosuspension je t eingesetzten Biertrebers Biogas mit einem Energieinhalt von 1,38 MWh gewonnen.

Beispiel 2:

[0051] Gemäß der **Fig. 2** besteht eine Anordnung zur stofflichen und energetischen Verwertung von biogenen Reststoffen einer Braustätte **2** für die Gewinnung von energiereichem Biogas mit einer Heizleistung von $10 \text{ MW}_{\text{th}}$ aus einem Lager für Suspensionszusatzstoffe **3**, das vorzugsweise als pneumatisch beschickbares Hochsilo für eine Füllmasse von 100 t ausgebildet ist. Aus der betrieblichen Abwasserbehandlungsanlage **4** wird täglich ohne Zwischenpufferung Abwasserschlämme mit einem Trockensubstanzgehalt von ca. 12% im Umfang von 7 t mittels Rohrleitung zur Suspendierstation **6** gefördert. Von den täglich anfallenden Braureststoffen werden der Suspendierstation **6** etwa 170 t Biertreber, 17 m^3 Trebersaft, 1,5 t Bierhefe und 0,8 t beladene Filtermasse aus dem laufenden Brauprozess zugeführt. Zur Einstellung der bevorzugten Qualität der in der Suspendierstation **6** herzustellenden Biosuspension werden aus den Fermentationsrückständen täglich etwa 65 m^3 Biofiltrate gewonnen, wozu eine Hemmstoffentfrachtungsstation **5** mit einer Leistungsfähigkeit von $3 \text{ m}^3/\text{h}$ genutzt wird. In dieser Hemmstoffentfrachtungsstation **5** werden dem Biofiltrat wesentliche Anteile des im Biofiltrat gelösten Ammoniums und eben-

falls Teile des enthaltenen Schwefelwasserstoffs entzogen, um eine Beeinträchtigung des Fermentationsprozesses durch die proteinreichen Einsatzstoffe und damit aus dem Eintrag von Stickstoff- und Schwefelverbindungen zu vermeiden. Die Suspendierstation **6** besteht aus einem Rührbehälter aus Stahlbeton mit einem Nutzvolumen von 400 m^3 , dem täglich bis zu 240 m^3 Biosuspension entnommen und der Hydrolysestation **7** zugeführt werden. Die Hydrolysestation **7** besteht aus einem belüftungsfähigen Rührbehälter aus Edelstahl, dem in Abhängigkeit vom Gasanfall in der Fermentation **8, 9** wählbare Mengen an Umgebungsluft zugeführt werden. Der Nutzinhalt der Hydrolysestation **7** beträgt 600 m^3 . Der Hydrolysestation **7** werden täglich in mehreren Dosiseinheiten Hydrolysatmengen von bis zu 240 m^3 entnommen und alternierend zwei parallel betriebenen Hauptfermentern **8** der Hauptfermenterstation zugeführt.

[0052] Bei den Hauptfermentern **8** es sich um teilweise und hydraulisch gemischte Apparate mit Nutzvolumina von 8.000 m^3 , die aus unkonserviertem Stahlblech gefertigt sind. In den Hauptfermentern **8** wurde vor der Betriebsaufnahme eine mesophile Startkultur **1** aus einer bereits bestehenden Fermentationsanlage zur stofflichen und energetischen Verwertung von überwiegend lignocellulose Einsatzstoffen vorgelegt. Bei der Dosierung von Hydrolysat aus der Hydrolysestation **7** in die beiden Hauptfermenter **8** werden jeweils Gärs substratmengen aus den Hauptfermentern **8** ausgetragen, die unmittelbar in den Nachfermenter **9** der Nachfermenterstation überführt werden. Der Nachfermenter **9** ist wie die Hauptfermenter **8** konstruiert, weist ein Nutzvolumen von ebenfalls 8.000 m^3 auf und besitzt in die Behälterwand integrierte Heizflächen, mit denen im Nachfermenter **9** Medientemperaturen zwischen 52 und 57°C aufrechterhalten werden können. Bei jeder Beschickung des Nachfermenters **9** wird Fermentationsrest aus dem Nachfermenter **9** in das Gärrestlager **10** ausgetragen. Das Gärrestlager **10** ist ein unbeheizter offener Rührbehälter aus wenigstens teilweise konserviertem Stahlblech mit einem Nutzvolumen von 6.000 m^3 . Dieser ist mit einem Gasspeicher **16** abgedeckt, der eine maximale Speicherkapazität von ebenfalls 6.000 m^3 besitzt. Damit wird bei Aufrechterhaltung eines mittleren Füllstandes des Gasspeichers **16** eine solche Prozessentkopplung gewährleistet, die Störungen in der nachgeschalteten Gasaufbereitung und im energetischen Gasverwertungskomplex **17** von bis zu 2 Stunden überbrückt, ohne die Sicherheitseinrichtung in Form der Fackelanlage mit einer thermischen Leistung von 10 MW in Anspruch nehmen zu müssen. Das Gärrestlager **10** dient sowohl der Restentgasung der aus den Fermentern **8, 9** der Haupt- und Nachfermenterstationen ausgetragenen Fermentationsreste als auch der Entkopplung von Fermentationsstation und Gärrestaufbereitung. Zur Gewinnung einer nährstoffreichen Düngemittelfraktion wird Gärrest dem Gärrestlager

10 entnommen und einer Phasentrennstation **11** zugeführt. Dort erfolgt mittels Pressschneckenseparatoren und Dekantern die Trennung der Fermentationsreste in Presskuchen mit Trockensubstanzgehalten von im Mittel 30% und Biofiltrat. Während der Presskuchen als hochwertiges Düngemittel in das Düngemittelager **13** mit einem Schüttgutaufnahmevermögen von 2.000 m³ für eine etwa 30-tägige Zwischenstapelung eingetragen wird, gelangt das anfallende Biofiltrat in den geschlossenen Biofiltratvorratstank **12** aus Stahlbeton mit einem Nutzvolumen von 1.000 m³. Die nicht für den Wiedereinsatz in den Fermentationsprozess benötigten Biofiltratmengen werden bevorzugt als Flüssigdünger vermarktet.

[0053] Im Falle fehlender Vermarktungsmöglichkeiten wird das verfügbare Biofiltrat mit Hilfe eines Prozessverbundes von Flotation, UASB-Fermentation, Nitrifikation und Denitrifikation zu vorflutfähigem Abwasser aufbereitet. Das in der Hydrolysestation **7** anfallende Gas-/Säuredampfgemisch wird auf etwa 50 mbar Überdruck verdichtet und der Rohgasleitung zugeführt. Aus den Fermentern **8, 9** der Haupt- und Nachfermenterstation gelangt das dort entstehende Gas mittels Eigendruck über Druckminderungsventile ebenfalls in die Rohgasleitung. Zwischen der Rohgasleitung und dem Gasspeicher **16** ist die Gasentschwefelungsstation **14** für einen Rohgasstrom von etwa 1.600 m³/h angeordnet. Das verbrauchte Sumpfprodukt der als Rieselskörperapparat ausgebildeten Gasentschwefelungsstation **14** wird als Biosäure ausgetragen und im Biosäurevorratstank **15** mit einem Nutzvolumen von 100 m³ zwischengespeichert. Die Biosäure dient in erster Linie als Waschflüssigkeit für die ammoniak- und schwefelwasserstoffhaltigen Wrasen, die in der Hemmstoffentfrachtungsstation **5** aus den in die Suspendierstation **6** wiederholt einzusetzenden Biofiltraten ausgetrieben werden.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 3627253 C2 [0005]
- DE 4000834 C2 [0006]
- DE 4226087 A1 [0009]
- DE 19613397 C2 [0010]
- DE 19615551 C2 [0012]
- DE 102004030482 B4 [0014]
- DE 102007004135 A1 [0017]
- DE 202008014330 U1 [0019]
- DE 102008060140 A1 [0020]
- DE 102010005818 A1 [0022]

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- Brauerei-Forum, Ausgabe 9/2006, unter dem Titel „Treber vergären zu Biogas“ [0016]

Patentansprüche

1. Verfahren zur stofflichen und energetischen Verwertung biogener Reststoffe von Braustätten durch Einsatz der Reststoffe in eine Nassfermentation, durch Konzentration des gesamten Nährstoffpotentials in Form von Stickstoff, Phosphor, Kalium und Schwefel in einer aus den Fermentationsrückständen gewonnenen Düngemittelfraktion, und durch Bereitstellung des entschwefelten Biogases für die energetische Verwertung, **dadurch gekennzeichnet**, dass die anfallenden biogenen Reststoffe aus dem Brauprozess, wie Biertreber, Trebersaft, verbrauchte Brauhefe und/oder beladene Filterhilfsmittel, einem Suspendierprozess unterzogen werden, dass unter Einsatz von Zusatzstoffen mit Trockenmassegehalten von wenigstens 60% und/oder Prozesswässern in der Biosuspension ein Trockenmassegehalt zwischen 12 und 18% eingestellt wird, dass die erzeugte Biosuspension einem aeroben Hydrolyseprozess unterzogen wird, dass das aus der Biosuspension erzeugte Hydrolysat einem anaeroben Fermentersystem aus wenigstens einem hydraulisch und teilweise durchmischtem Fermenter mit anfangs eingesetzter und sich stetig reproduzierender Spezialkultur zugeführt wird, dass das in den verwerteten Einsatzstoffen enthaltene Potential an Pflanzennährstoffen als Gemisch aus der festen Phase der Fermentationsrückstände und den aus der Hemmstoffentfrachtung der Biofiltrate resultierenden flüssigen Waschmedien mit hohen Gehalten an Ammonium und Schwefelverbindungen gewonnen wird und dass das entschwefelte, getrocknete und verdichtete Biogas zur gekoppelten Gewinnung von elektrischer und thermischer Prozessenergie genutzt wird.

2. Verfahren nach dem Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass aus den Produktionsabwässern der Braustätte vor oder nach einer aeroben und/oder anaeroben Behandlung eine Schlammfraktion als zusätzliche biogene Reststofffraktion gewonnen wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Zusatzstoffe bevorzugt Malzstäube, Getreidespreu, Mühlenstäube und/oder Bürststäube aus der Getreidereinigung in den Suspendierprozess eingesetzt werden.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Prozesswasser Biofiltrate aus der mechanischen Phasentrennung der anfallenden Fermentationsrückstände in den Suspendierprozess eingesetzt werden.

5. Verfahren nach dem Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass den Biofiltraten vor dem Einsatz in den Suspendierprozess zur Vermeidung von den Fermentationsprozess hemmenden Konzentrationen

toxisch wirkender Inhaltsstoffe Ammonium und/oder Schwefelwasserstoff entzogen wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 und 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Biofiltrat Teile des gelösten Ammoniums und/oder des gelösten Schwefelwasserstoffs in einem Austreiber bei bis auf 65°C erhöhten Temperaturen und bei einem Druck in den überstehenden Wrasen von höchstens 980 mbar entzogen werden, dass die ammoniak- und/oder schwefelwasserstoffhaltigen Wrasen des Austreibers in einem zwischen geschalteten Wärmetauscher auf Temperaturen von maximal 45°C abgekühlt werden, dass die abgekühlten ammoniak- und/oder schwefelwasserstoffhaltigen Wrasen einem nachgeschalteten Wrasenwäscher in Form eines Rieselkörperapparates zugeführt werden, wobei als Waschmedium schweflige Biosäure aus der Biogasentschwefelung mit einer Temperatur von maximal 25°C und einem pH-Wert zwischen 1 und 3,5 eingesetzt wird und dass dem Wäschersumpf bei Erreichen des oberen pH-Grenzwertes zwischen 10 und 60 Masse-% als Düngerkonzentrat mit hohen Stickstoff- und/oder Schwefelkonzentrationen entzogen und durch frische schweflige Biosäure ersetzt werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Hydrolyseprozess unter intensiver Vermischung mit Umgebungsluft in einem Rührbehälter bei Temperaturen zwischen 50°C und 60°C durchgeführt wird, dass dem Hydrolyseprozess Umgebungsluft in einer Größenordnung zwischen 2 und 10 Vol.-% des im gesamten Fermentationsprozess gewonnenen Biogases zugesetzt wird, dass eine mittlere Verweilzeit der Biosuspension im Hydrolysebehälter von etwa 2 Tagen eingehalten wird und dass dem Hydrolyseprozess zwischen 10 und 100% der bei der biologischen Entschwefelung des Biogases anfallenden schwefligen Biosäure zugesetzt wird,

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass das anfallende Hydrolysegas auf wenigstens 30 mbar verdichtet und vor der Gasentschwefelungsstation in die zentrale Rohgasleitung eingeleitet wird oder dass das anfallende Hydrolysegas auf wenigstens 30 mbar verdichtet und in die korrosionsfest ausgeführte Nachfermenterstation eingeleitet wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Spezialkultur für den Fermentationsprozess als Startkultur eingesetzt und unter Zugabe von überwiegend lignocelluloseischen Einsatzstoffen in einer Zuchtstation für mesophile oder thermophile Mischkulturen gewonnen wird.

10. Anordnung zur Durchführung des Verfahrens nach dem Anspruch 1, bestehend aus wenigstens einer Suspendierstation (6), einer Fermentationsstation für die Methanfermentation (8, 9), einer Phasentrennstation (11) für die Gärrückstände, einem Biofiltratsvorratstank (12), einer Gasentschwefelungsstation (14), **dadurch gekennzeichnet**, dass die Suspendierstation (6) mit einem Lager- und Dosiersystem für trockensubstanzreiche Zusatzstoffe in Verbindung steht, dass zwischen dem Biofiltratsvorratstank (12) und der Suspendierstation (6) eine Hemmstoffentfrachtungsstation (5) angeordnet ist, dass als Gasentschwefelungsstation (14) ein Gaswäscher bevorzugt in Form eines Rieselkörperapparates angeordnet ist, dass für die Bevorratung der in der Gasentschwefelungsstation (14) gewonnenen schwefligen Biosäure zwischen der Gasentschwefelungsstation (14) und der Hemmstoffentfrachtungsstation (5) und/oder der Hydrolysestation (7) ein Biosäurevorratstank (15) angeordnet ist, dass zwischen der Suspendierstation (6) und der Fermenterstation (8, 9) eine Hydrolysestation (7) angeordnet ist und dass die Fermenterstation (8, 9) aus wenigstens einem Hauptfermenter (8) und wenigstens einem nachgeschalteten Nachfermenter (9) besteht.

11. Anordnung nach dem Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens der oder die Hauptfermenter (8) hydraulisch gemischte, jedoch nicht vollständig durchmischte, Apparate sind.

12. Anordnung nach dem Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass in den Hauptfermentern (8) und in den nachgeschalteten Nachfermentern (9) unterschiedliche Methanbakterien-Mischkulturen eingesetzt sind.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Fig. 2

