



(19) Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 10 2007 001 614 A1 2008.07.10

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2007 001 614.1

(22) Anmeldetag: 04.01.2007

(43) Offenlegungstag: 10.07.2008

(51) Int Cl.⁸: C12P 7/06 (2006.01)

C12P 5/02 (2006.01)

C07C 31/08 (2006.01)

(71) Anmelder:

LRZ Landhandels- und Recycling-Zentrum GmbH,
08459 Neukirchen, DE; WABIO Biotechnik GmbH,
08066 Zwickau, DE

(74) Vertreter:

Auerbach, B., Pat.-Anw., 08066 Zwickau

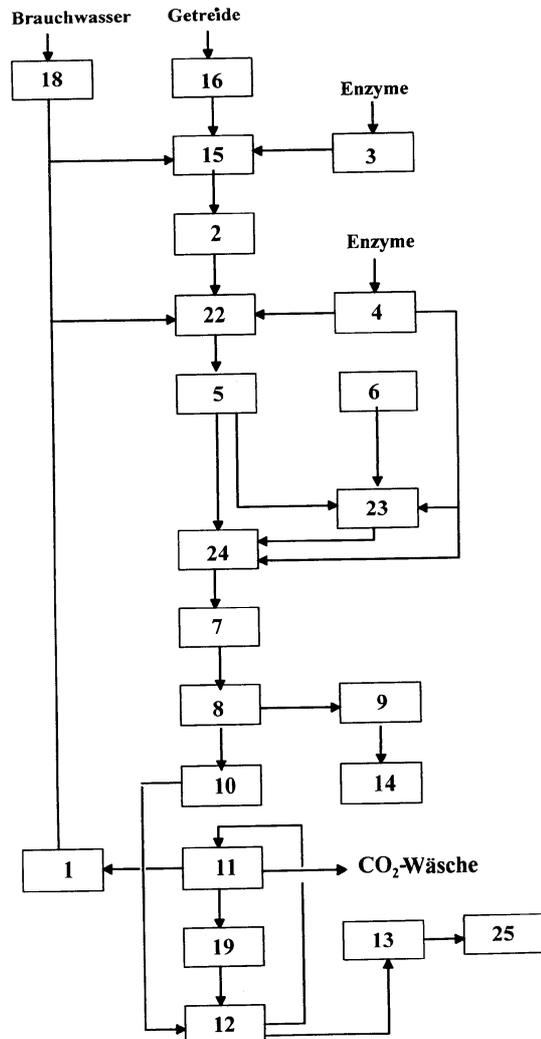
(72) Erfinder:

Auerbach, Hans-Joachim, Dr., 08066 Zwickau, DE;
Stollberg, Bernhard, 07318 Saalfeld, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Energieautarkes Verfahren zur Herstellung von Bioethanol aus lignocellulose-, protein- und stärke- und/oder zuckerhaltigen Einsatzstoffen**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein energieautarkes Verfahren zur Herstellung von Bioethanol aus lignocellulose-, protein- sowie stärke- und/oder zuckerhaltigen Einsatzstoffen durch Zerkleinern und Vermischen der Einsatzstoffe, anschließendes Vergären unter Einsatz von Gärhefen und destillatives Abtrennen des Bioethanols aus der Sauermaische, bei dem die Zerkleinerung der Einsatzstoffe (16) auf Teilchengrößen von kleiner als 2,5 mm vorgenommen wird, aus den zerkleinerten Einsatzstoffen (16) und wesentlichen Teilen des im Prozeß erzeugten Schlempewassers (1) die Rohmaische (2) gewonnen wird, aus der auf diese Weise gewonnenen Rohmaische (2) unter Zusatz von Verflüssigungs- und Verzuckerungsenzymen (3, 4) Süßmaische (5) hergestellt wird, die aus der Süßmaische (5) durch Zusatz von Gärhefen (6) gewonnene Sauermaische (7) einer Phasentrennung (8) in Dicksauermaische (9) und Dünnsauermaische (10) unterzogen wird, die Dünnsauermaische (10) mittels Destillationsapparat (11) und Kondensatoren (12) in Ethanol (13) und Schlempewasser (1) getrennt wird und die Dicksauermaische (9) einer Methanisierungsstufe (14) zugeführt wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein energieautarkes Verfahren zur Herstellung von Bioethanol aus lignocellulose-, Protein- und stärke- und/oder zuckerhaltigen Einsatzstoffen durch Zerkleinern und Vermischen der Einsatzstoffe, anschließendes Vergären unter Einsatz von Gärhefen und destillatives Abtrennen des Bioethanols aus der Sauermaische. Ein derartiges Verfahren wird für die Gewinnung von ethanolbasierten Otto- und Dieselmotorkraftstoffen und ethanolbasierten Heizstoffen benötigt.

[0002] Verfahren zur energieautarken Herstellung von Bioethanol aus lignocellulose-, Protein- und stärke- und/oder zuckerhaltigen Einsatzstoffen sind bisher nicht bekannt gemacht worden.

[0003] Nach dem bekannten Stand der Technik wurden technische Lösungen publiziert, mit deren Hilfe wesentliche Anteile der zur Bioethanolgewinnung benötigten Prozeßenergie aus den überwiegend gelösten biogenen Bestandteilen der im Destillationsprozeß anfallenden Schlemmen mittels Methangärung gewonnen werden.

[0004] So wird in der DE 3007 138 C2 ein Verfahren zur Herstellung von Äthanol bekannt gemacht, das in besonderer Weise die sogenannte Süßmaische in Anwesenheit von Hefen einem Gärprozeß unterzieht und anschließend die Gärflüssigkeit in eine Hefekonzentrat- und in eine hefefreie Strömung unterteilt. Während die hefefreie Strömung zur Gewinnung von Ethanol verdampft wird, soll die Hefekonzentratströmung erneut in den Gärprozeß zurückgeführt werden. Hierbei wird unterstellt, dass die hefefreie Varietät des Gärproduktes bereits die Qualität einer zielstellungsgemäßen Sauermaische aufweist und keine unvergorenen Teile der eingesetzten Stärke- und/oder Zuckermengen aufweist.

[0005] Eine weiterentwickelte technische Lösung wird mit der DE 103 27 954 A1 bekannt gemacht. Das dort beschriebene verbesserte Verfahren zur Herstellung von Ethanol aus Biomasse sieht vor, die eingesetzte Biomasse möglichst feinkörnig auf Teilchengrößen von weniger als 1 mm zu zerkleinern, anschließend die zerkleinerte Biomasse als Medium für die Fermentation zu nutzen und aus der fermentierten wässrigen Lösung das Ethanol zu gewinnen. Die in der eingesetzten Biomasse enthaltenen Proteine und die gegebenenfalls vorliegende Kleie sollen entweder vor der Fermentation oder vor der Ethanolgewinnung abgetrennt werden. In einer besonderen Verfahrensvariante soll das von Kleie und Proteinen angereicherte ethanolhaltige Gärsubstrat destilliert und dabei in Ethanol und in eine ethanolfreie Schlempe getrennt werden. Diese Schlempe soll in eine Fest- und in eine Klarphase getrennt werden.

[0006] Während die gewonnene Festphase vor oder nach einem Trocknungsprozeß als Zusatzfutter für die Tierernährung eingesetzt werden soll, dient die gewonnene Klarphase der Methangewinnung in einem Hochleistungs-Methanreaktor. Das gewinnbare Methan kann zur Reduzierung des Fremdenergieeinsatzes genutzt werden. Trotz der aufwendigen Prozeßtechnik mit einer Reihe von gegenüber dem bekannten Stand der Technik zusätzlichen Schritten wird weder die Abhängigkeit von der futtermitteltechnischen Verwertung von Anfallprodukten der Ethanolgewinnung beseitigt noch die angestrebte Unabhängigkeit vom Fremdenergieeinsatz erreicht.

[0007] Dies beschränkt den Einsatz der bekannten Verfahren unverändert auf energetisch ausreichend erschlossene Standorte einerseits und auf Produktionsstandorte, die eine logistische Kopplung an Tierproduzenten ermöglichen, sofern nicht der zusätzliche Fremdenergieeinsatz für das grundsätzliche Herstellen von proteinreichen Trockenfuttermitteln in Kauf genommen werden soll.

[0008] Die Aufgabe der Erfindung besteht deshalb im Schaffen einer technischen Lösung, mit deren Hilfe die Mängel des bekannten Standes der Technik überwunden werden. Insbesondere wird eine technische Lösung benötigt, die mit wenigen und einfachen Prozeßschritten die kostengünstige und energieautarke Ethanolproduktion ermöglicht. Außerdem soll für die Ethanolgewinnung überwiegend die weitgehend erprobte und technisch ausgereifte Apparatechnik weiterhin genutzt werden können.

[0009] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen technischen Lösung werden in den Unteransprüchen beschrieben.

[0010] Danach wird in einem energieautarken Verfahren Bioethanol aus lignocellulose-, protein- sowie stärke- und/oder zuckerhaltigen Einsatzstoffen durch Zerkleinern und Vermischen der Einsatzstoffe, anschließendes Vergären unter Einsatz von Gärhefen und destillatives Abtrennen des Bioethanols aus der Sauermaische hergestellt.

[0011] Die Zerkleinerung der Einsatzstoffe wird so vorgenommen, dass die entstehenden Teilchengrößen maximal 2,5 mm betragen.

[0012] Aus den zerkleinerten Einsatzstoffen und wesentlichen Teilen des im Prozeß erzeugten Schlempewassers wird danach die Rohmaische gewonnen.

[0013] Aus der auf diese Weise gewonnenen Rohmaische wird unter Zusatz von Verflüssigungs- und Verzuckerungsenzymen Süßmaische hergestellt.

[0014] In einem weiteren Verfahrensschritt wird die aus der Süßmaische gewonnene Sauermaische einer Phasentrennung unterzogen, wobei neben dem Filterkuchen als Dicksauermaische ein Filtrat als Dünnsauermaische entsteht.

[0015] Die entstandene Dünnsauermaische wird darauf folgend mittels Destillationsapparat und nachgeschalteten Kondensatoren in Ethanol und Schlempewasser getrennt.

[0016] Die in der Phasentrennung abgetrennte Dicksauermaische wird zum Zwecke der Gewinnung von Biomethan für die Gewinnung von Prozeßenergie in einem Blockheizkraftwerk einer parallel betriebenen Methanisierungsstufe zugeführt.

[0017] Vorteilhafterweise wird die Zerkleinerung der Einsatzstoffe mittels Naßhammermühlentechnik, mittels Doppelschnecken-Zerfaserern, Schälmühlen der Type Jäckering, Stiftmühlen, Luftstrom-Wälzmühlen und dergleichen durchgeführt.

[0018] In einer bevorzugten Verfahrensvariante wird den zerkleinerten Einsatzstoffen bereits vor der weiteren Behandlung wenigstens ein Teil der lignocellulosereichen grobteile entzogen. Dies entlastet die nachfolgenden Prozeßstufen in beachtlichem Maße.

[0019] Eine bevorzugte Ausgestaltungsform des Verfahrens sieht vor, die zu vermaischenden Anteile der Einsatzstoffe so zu suspendieren, dass 4 bis 8 Masseteile des Suspendiermediums aus Prozeßwasser und Schlempewasser mit je einem Masseteil der zerkleinerten Einsatzstoffe vermischt werden. Es ist vorgesehen, dass zwischen 30 und 100% der Menge des Suspendiermediums als Schlempewasser eingesetzt werden.

[0020] In einer weiteren Variante des Verfahrens wird als Prozeßwasser das Kondensat aus destilliertem Schlempewasser eingesetzt.

[0021] Weiterhin ist vorgesehen, die gewonnene Sauermaische mittels Hydrozyklonen und/oder Filterschneckenpressen und/oder Dekantern in Dicksauermaische und Dünnsauermaische zu trennen.

[0022] Damit ist es möglich, die von cellulosischen und proteinreichen Bestandteilen Angereicherte Dünnsauermaische in einem vorgeschalteten Kondensator zur Kühlung des den Destillationsapparat verlassenden Gemisches aus Wasser- und Alkoholdampf zu nutzen, wobei nicht nur Kühlenergie durch das vermiedene Einsetzen von Kühlwasser für die Abkühlung des Wasser- und Alkoholdampf-Gemisches, sondern auch Wärmeenergie durch den vermiedenen Einsatz von thermischer Energie für das Vorerwärmen der Dünnsauermaische gespart wird.

[0023] Es ist weiterhin möglich, das im Destillationsapparat als Schlempewasser anfallende Sumpfprodukt vollständig als Suspendierungsmittel zur Herstellung der Rohmaische im Prozeß zu nutzen.

[0024] Darüber hinaus läßt sich das als Schlempewasser anfallende Sumpfprodukt auch wenigstens teilweise zur Gewinnung von Prozeßwasser verwenden, indem zur Gewinnung von salzarmen Prozeßwasser und salzreichem Konzentrat aus dem Schlempewasser eine Vakuum-Umlaufverdampfungsanlage, eine Mikrofiltrations-, Ultrafiltrations-, Nanofiltrations- sowie Umkehrosmose- und/oder Membrantechniken eingesetzt werden.

[0025] Das beispielsweise bei der Vakuum-Umlaufverdampfung anfallende saure Konzentrat ist vorteilhaft für die pH-Wert-Regulierung bei der Herstellung des Hefeansatzes zu verwenden.

[0026] Vorgesehen ist schließlich ebenfalls, dass in der Methanisierungsstufe eine Naßfermentation der suspendierten Dicksauermaische in Anwesenheit einer mesophilen Bakterienkultur durchgeführt wird. Die weitgehend gleichbleibende Qualität der eingesetzten Dicksauermaische ermöglicht es zudem, der Biosuspension für den Methanisierungsprozeß weitere lignocelluloseische Einsatzstoffe, beispielsweise Getreidereinigungsrückstände oder Häckselstroh, zuzuführen.

[0027] Die Vorteile der Erfindung bestehen zusammengefasst darin, dass für den Anlagenbetrieb keinerlei Gebrauchsenergie aus fossilen oder nuklearen Quellen benötigt wird. Bei vollständiger Nutzung der energetischen Einsparpotentiale der erfindungsgemäßen Verfahrensgestaltung können überdies beachtliche Mengen an überschüssiger elektrischer und thermischer Energie an externe Verbraucher abgegeben werden.

[0028] Außerdem werden durch den Einsatz von Dünnsauermaische in den Destillierprozeß erhebliche längere Reisezeiten für die eingesetzten Apparate zwischen den erforderlichen technologischen Reinigungsvorgängen erzielt, wodurch die Anlagenverfügbarkeit deutlich erhöht wird.

[0029] Infolge der geringeren Proteingehalte in der Dünnsauermaische finden sich auch im Schlempewasser verminderte Proteingehalte, wodurch die Verschmutzungsgefahr der eingesetzten Wärmetauscher reduziert wird. Erst hierdurch wird in vielen Fällen die Voraussetzung geschaffen, auf die direkte Beheizung des Destillierapparates mittels Dampfinjektion verzichten zu können. Ein entscheidender Vorteil des erfindungsgemäßen Vorgehens resultiert nicht zuletzt daraus, dass die Gewinnung wässriger Kondensate als wieder verwendbares salzarmes Prozeßwasser aus dem ammoniumarmen Schlempewasser

entschieden einfacher zu realisieren ist, als die Gewinnung qualitativ ähnlicher Medien aus den hochammoniumhaltigen Biofiltraten des Biomethanisierungsprozesses. Dadurch können höchste Recyclingquoten einerseits und minimierte Ansprüche an die Trink- oder Brauchwasserbereitstellung für die Bioethanolproduktion andererseits erzielt werden.

[0030] Die Erfindung soll nachstehend mit Ausführungsbeispielen näher erläutert werden.

[0031] In der beigefügten Zeichnung zeigen:

[0032] **Fig. 1:** die schematische Darstellung der Verfahrensstufen der Ethanolgewinnung aus Dünnsauermaische und des Direkteinsatzes des bei der Destillation der Dünnsauermaische anfallenden Schlempewassers in die Süßmaischeherstellung;

[0033] **Fig. 2:** die schematische Darstellung der Verfahrensstufen der Ethanolgewinnung aus Dünnsauermaische und des Recyclings des bei der Destillation der Dünnsauermaische anfallenden Schlempewassers in Prozeßwasser und Konzentrat;

Ausführungsbeispiel 1:

[0034] Gemäß der **Fig. 1** werden in einer Anlage zur Gewinnung von energetisch nutzbarem Bioethanol **13** stündlich 3 t Einsatzstoff **16** in Form von Weizen mit 13 m³ wässrigem Suspendierungsmittel **20** mit einer Temperatur zwischen 40 und 55°C in einer Naßhammermühle als Zerkleinerungsstufe **15** auf eine Korngröße von kleiner 2,0 mm zerkleinert.

[0035] Der erzeugten Rohmaische **2** werden Verflüssigungsenzyme **3** und ein erster Teil an Verzuckerungsenzymen **4** zugesetzt.

[0036] Die Rohmaische **2** gelangt in eine Maischestation **22** mit einem ersten Verweilbehälter als einem beheizten Rührbehälter, in dem die Rohmaische **2** auf wenigstens 75°C erhitzt wird. Die mittlere Verweildauer der Maische im ersten Verweilbehälter der Maischestation **22** beträgt zwischen 1,5 und 2 Stunden. Der Energieeintrag in den ersten Verweilbehälter erfolgt durch die dem zweiten Verweilbehälter entnommene Süßmaische **5** mit einer Temperatur von etwa 90°C sowie bedarfsweise durch Heißwasser mit einer Temperatur von 115°C aus der Maschinenkühlung eines parallel mit Biomethan betriebenen Blockheizkraftwerkes.

[0037] Die teilverzuckerte Rohmaische **2** gelangt nach dem Verlassen des ersten Verweilbehälters in den zweiten Verweilbehälter, der ebenfalls als beheizter Rührbehälter ausgebildet ist. Die mittlere Verweilzeit der Maische im zweiten Verweilbehälter beträgt ebenfalls zwischen 1,5 und 2 Stunden. Im zweiten Verweilbehälter wird die Temperatur der Maische

auf etwa 90°C erhöht. Als Heizmedium dient hierfür das den Destillationsapparat **11** verlassende Schlempewasser **1** mit einer Temperatur zwischen 80 und 90°C sowie bedarfsweise Heißwasser mit einer Temperatur von 115°C aus der Maschinenkühlung eines parallel mit Biomethan betriebenen Blockheizkraftwerkes.

[0038] Die den zweiten Maischebehälter verlassende Süßmaische **5** wird über ein Heizregister im ersten Verweilbehälter geführt und gelangt in einen unbeheizten Pumpenvorlagebehälter.

[0039] Aus diesem Behälter wird die gewonnene Süßmaische **5** mit einer Temperatur von etwa 70°C entnommen, in einem Wärmetauscher unter Einsatz von Prozeß- und/oder Kühlwasser auf eine Temperatur von weniger als 35°C abgekühlt und wahlweise dem Hefeansatzgefäß **23** zur Gewinnung des Hefeansatzes für den nachfolgenden Gärprozeß und dem laufenden Gärprozeß unter Einsatz des zuvor gewonnenen Hefeansatzes zugeführt.

[0040] Für den Gärprozeß werden Gärbehälter **24** mit einem Nutzvolumen von jeweils 125 m³ genutzt. In den Gärbehältern **24** wird im Verlaufe der zwischen 36 und 72 Stunden gewählten Gärzeit der zuckerhaltige Extrakt der Süßmaische **5** unter gleichzeitiger Entbindung von Kohlendioxid zu Alkohol vergoren. Die dabei entstehende Reaktionswärme wird mittels Außenwandkühlung abgeführt. Die entstandene Sauermaische **7** weist nach Abschluß der gewählten Gärzeit im Mittel einen Alkoholgehalt zwischen 6,5 und 8 Vol.-% und einen pH-Wert von etwa 3,7 auf.

[0041] Sie wird dem sogenannten Biertank zugeführt, von dem die Sauermaische **7** zu einer kontinuierlich betriebenen Phasentrennstation **8** gelangt. Zur Phasentrennung **8** wird eine Filterschneckenpresse genutzt. Hiermit wird als Dicksauermaische **9** ein Filterkuchen mit Trockensubstanzgehalten zwischen 29 und 31 Masse-% gewonnen, der unmittelbar in die Hydrolysestation einer parallel betriebenen Methanisierungsstufe **14** gelangt. Der Filterkuchen besteht aus einer lignocellulosischen und proteinreichen Trockensubstanz und einem alkoholhaltigen Filtrat.

[0042] Das bei der Phasentrennung **8** anfallende Filtrat gelangt in einen als Eindicker gestalteten Absetzbehälter, in dem eine mittlere Verweilzeit von wenigstens 8 Stunden gewährleistet wird. Das hierbei anfallende Sediment wird dem Absetzbehälter entnommen und ebenfalls der Phasentrennung **8** zugeführt. Der im Absetzbehälter gewonnene wässrige Überstand gelangt als Dünnsauermaische **10** zum Destillationsapparat **11**. Dabei wird die Dünnsauermaische **10** zunächst einem dem Destillationsapparat **11** direkt nachgeschalteten Wärmetauscher zugeführt, wodurch die Dünnsauermaische **10** von im Mittel 28°C auf über 50°C erwärmt wird.

[0043] Danach gelangt die Dünnsauermaische **10** in einen weiteren Wärmetauscher, mit dessen Hilfe ein Teil der fühlbaren Wärme des dem Destillationsapparat **11** entnommenen Schlempewassers **1** mit einer Temperatur von wenigstens 80°C auf die Dünnsauermaische **10** übertragen wird. Sodann gelangt die auf wenigstens 60°C erwärmte Dünnsauermaische **10** oberhalb der Abtriebsböden in den Destillationsapparat **11**, der als Vakuumkolonne mit einem Kopfdruck von etwa 0,5 bar betrieben wird.

[0044] Der aus dem Wasserdampf-/Alkoholdampfgemisch **19** gewonnene Bioethanol **13** wird mit einer Ethanolkonzentration von mehr 93 Vol.-% der Destillierstation **11** in einem Volumenstrom zwischen 900 und 1.100 Liter je Stunde als Energiealkohol entnommen.

[0045] Danach gelangt der vom Alkohol abgereicherte Teil der eingesetzten Dünnsauermaische **10** in den Kolonnensumpf, von wo dieser Teil als Schlempewasser **1** dem Destillierapparat **11** entnommen wird. Zunächst dient das Schlempewasser **1** allerdings als Transportmittel für die dem Destillationsapparat **11** zuzuführende thermische Energie, indem es über einen externen Wärmetauscher für die indirekte Wärmezufuhr aus dem Heißwasserkreislauf des mit Biomethan betriebenen Blockheizkraftwerkes geführt wird.

[0046] Die an ausgewählten Böden des Destillierapparates **11** entnommenen Fuselöle gelangen wie der Filterkuchen der Phasentrennstation **8** in die Hydrolysestation der parallel betriebenen Methanisierungsstufe **14**.

[0047] Das in der Destillierstation anfallende Schlempewasser **1** mit einer Temperatur von wenigstens 80°C wird als Energieträger und als Suspendierungsmittel **20** für die Herstellung der Rohmaische **2** bereitgestellt.

Ausführungsbeispiel 2:

[0048] Wie im Beispiel 1 wird gemäß der [Fig. 2](#) unter Einsatz von Triticale Rohmaische **2**, Süßmaische **5**, Sauermaische **7**, Kohlendioxid, Dünnsauermaische **10**, Bioethanol **13** und Schlempewasser **1** produziert. Für die Herstellung der Rohmaische **2** wird ein Doppelschneckenzerfaserer in der Zerkleinerungsstufe **15** eingesetzt. Das trockene Zerfaserungsgut mit einer maximalen Korngröße von 1,5 mm wird sodann mit einem Suspendierungsmittel **20** suspendiert, das ausschließlich aus unaufbereitetem Schlempewasser **1** und aus Kondensaten besteht, die aus verdampftem Schlempewasser **1** gewonnen wurden. Auf diese Weise werden Salzkonzentrationen im Suspendierungsmittel **20** vermieden, die den Hefegärprozeß spürbar beeinträchtigen könnten.

Bezugszeichenliste

1	Schlempewasser
2	Rohmaische
3	Verflüssigungsenzym
4	Verzuckerungsenzym
5	Süßmaische
6	Gärhefe
7	Sauermaische
8	Phasentrennung
9	Dicksauermaische
10	Dünnsauermaische
11	Destillationsapparat
12	Kondensator
13	Ethanol
14	Methanisierungsstufe
15	Zerkleinerungsstufe
16	Einsatzstoff
17	lignocellulosische Grobteile
18	Prozeßwasser
19	Gemisch aus Wasser- und Alkoholdampf
20	Suspendierungsmittel
21	Konzentrat
22	Maischestation
23	Hefeansatzgefäß
24	Gärbehälter
25	Ethanoltank

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 3007138 C2 [\[0004\]](#)
- DE 10327954 A1 [\[0005\]](#)

Patentansprüche

1. Energieautarkes Verfahren zur Herstellung von Bioethanol aus lignocellulose-, protein- sowie stärke- und/oder zuckerhaltigen Einsatzstoffen durch Zerkleinern und Vermaischen der Einsatzstoffe, anschließendes Vergären unter Einsatz von Gärhefen und destillatives Abtrennen des Bioethanols aus der Sauermaische, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zerkleinerung der Einsatzstoffe (**16**) auf Teilchengrößen von kleiner als 2,5 mm vorgenommen wird, dass aus den zerkleinerten Einsatzstoffen (**16**) und wesentlichen Teilen des im Prozeß erzeugten Schlempewassers (**1**) die Rohmaische (**2**) gewonnen wird, dass aus der auf diese Weise gewonnenen Rohmaische (**2**) unter Zusatz von Verflüssigungs- und Verzuckerungsenzymen (**3, 4**) Süßmaische (**5**) hergestellt wird, dass die aus der Süßmaische (**5**) durch Zusatz von Gärhefen (**6**) gewonnene Sauermaische (**7**) einer Phasentrennung (**8**) in Dicksauermaische (**9**) und Dünnsauermaische (**10**) unterzogen wird, dass die Dünnsauermaische (**10**) mittels Destillationsapparat (**11**) und Kondensatoren (**12**) in Ethanol (**13**) und Schlempewasser (**1**) getrennt wird und dass die Dicksauermaische (**9**) einer Methanisierungsstufe (**14**) zugeführt wird.

2. Energieautarkes Verfahren zur Herstellung von Bioethanol nach dem Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Zerkleinerung (**15**) der Einsatzstoffe (**16**) mittels Naßhammermühlentechnik durchgeführt wird.

3. Energieautarkes Verfahren zur Herstellung von Bioethanol nach dem Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Zerkleinerung (**15**) der Einsatzstoffe (**16**) mittels Doppelschnecken-Zerfasern, Schälmaschinen der Type Jäckering, Stiftmühlen, Luftstrom-Wälzmühlen u. dgl. durchgeführt wird.

4. Energieautarkes Verfahren zur Herstellung von Bioethanol nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass den zerkleinerten Einsatzstoffen (**16**) vor der weiteren Behandlung lignocellulosereiche Grobteile (**17**) entzogen werden.

5. Energieautarkes Verfahren zur Herstellung von Bioethanol nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die zu vermaisenden Anteile der Einsatzstoffe (**16**) mit 4 bis 8 Masseanteilen Suspendiermedium aus Prozeßwasser (**18**) und Schlempewasser (**1**) auf je 1 Masseanteil Einsatzstoffe (**16**) vermischt werden.

6. Energieautarkes Verfahren zur Herstellung von Bioethanol nach dem Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen 30 und 100% der Men-

ge des Suspendiermediums als Schlempewasser (**1**) eingesetzt werden.

7. Energieautarkes Verfahren zur Herstellung von Bioethanol nach dem Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass als Prozeßwasser (**18**) das Kondensat aus destilliertem Schlempewasser (**1**) eingesetzt wird.

8. Energieautarkes Verfahren zur Herstellung von Bioethanol nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die gewonnene Sauermaische (**7**) mittels Hydrozyklonen und/oder Filterschneckenpressen und/oder Dekantern in Dicksauermaische (**9**) und Dünnsauermaische (**10**) getrennt wird.

9. Energieautarkes Verfahren zur Herstellung von Bioethanol nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die von cellulosischen und proteinreichen Bestandteilen abgereicherte Dünnsauermaische (**10**) in einem vorgeschalteten Kondensator (**12**) zur Kühlung des den Destillationsapparat (**11**) verlassenden Gemisches (**19**) aus Wasser- und Alkoholdampf genutzt wird.

10. Energieautarkes Verfahren zur Herstellung von Bioethanol nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das im Destillationsapparat (**11**) als Schlempewasser (**1**) anfallende Sumpfpfprodukt vollständig als Suspendierungsmittel (**20**) zur Herstellung der Rohmaische (**2**) genutzt wird.

11. Energieautarkes Verfahren zur Herstellung von Bioethanol nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet dass das im Destillationsapparat (**11**) als Schlempewasser (**1**) anfallende Sumpfpfprodukt wenigstens teilweise zur Gewinnung von Prozeßwasser (**18**) genutzt wird.

12. Energieautarkes Verfahren zur Herstellung von Bioethanol nach dem Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass zur Gewinnung von Prozeßwasser (**18**) und Konzentrat (**22**) aus dem Schlempewasser (**1**) eine Vakuum-Umlaufverdampfungsanlage und/oder Mikrofiltrations-, Ultrafiltrations-, Nanofiltrations- sowie Umkehrosiose- und Membrantechniken eingesetzt werden.

13. Energieautarkes Verfahren zur Herstellung von Bioethanol nach dem Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass das bei der Vakuumlaufverdampfung anfallende saure Konzentrat (**22**) für die pH-Wert-Regulierung bei der Herstellung des Hefensatzes verwendet wird.

14. Energieautarkes Verfahren zur Herstellung von Bioethanol nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet dass in der Methanisie-

rungsstufe (14) eine Naßfermentation in Anwesenheit einer mesophilen Bakterienkultur durchgeführt wird.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

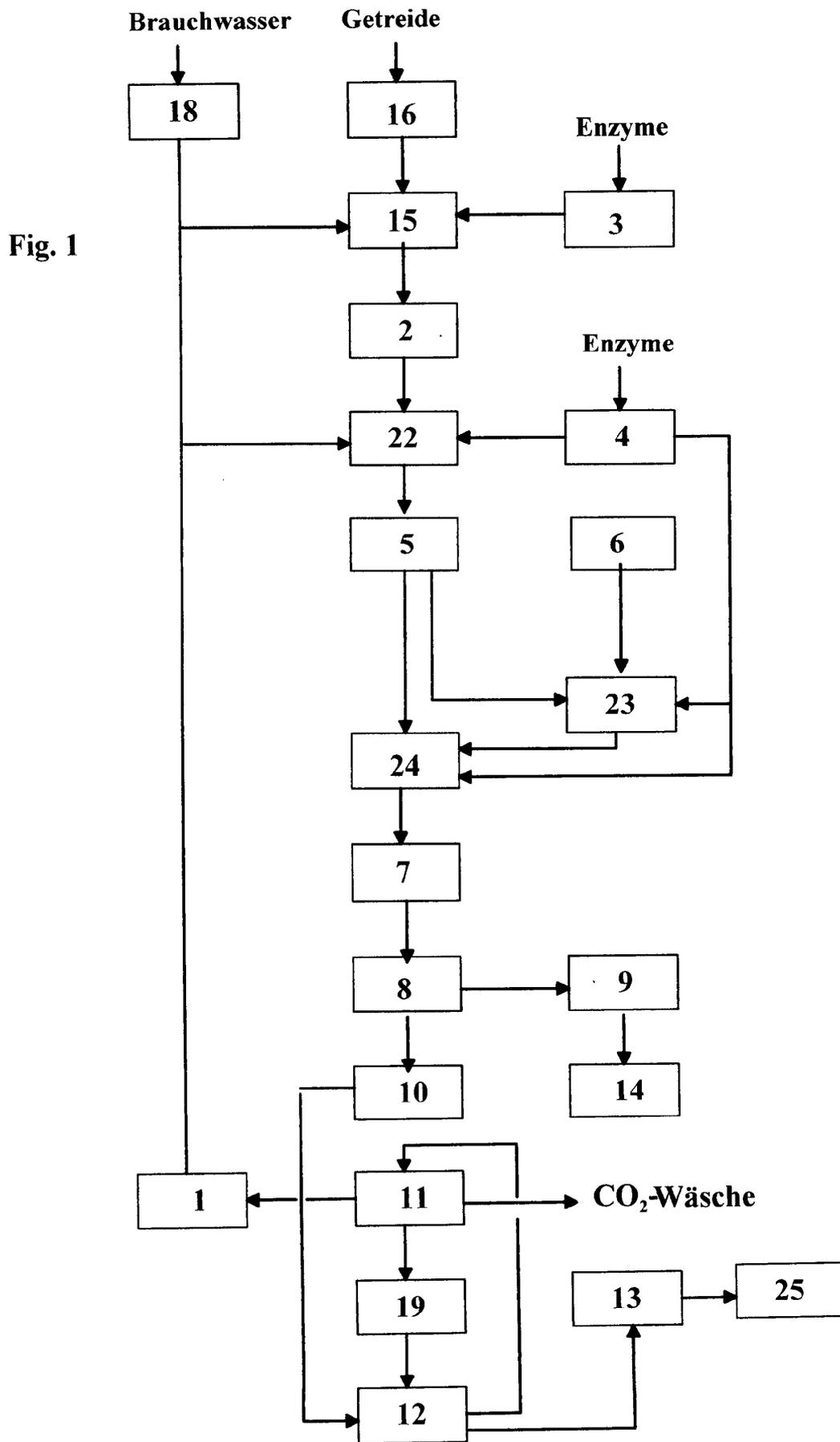


Fig. 2

