

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 60265/2019
(22) Anmeldetag: 29.11.2019
(45) Veröffentlicht am: 15.10.2022

(51) Int. Cl.: **B09B 3/00** (2006.01)
D21B 1/36 (2006.01)
D21B 1/12 (2006.01)
D21C 1/02 (2006.01)
D21C 9/18 (2006.01)
B30B 9/12 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
US 2004084366 A1
US 2010313882 A1
US 2011081689 A1

(73) Patentinhaber:
Leinich Beteiligungen GmbH
8010 Graz (AT)

(72) Erfinder:
Dauser Hermann Dipl.Ing. (FH)
83395 FREILASSING (DE)
Leinich Helge Dipl.-Ing.
8010 Graz (AT)
Nussbaumer Felix
5201 Seekirchen (AT)

(74) Vertreter:
Babeluk Michael Dip.Ing. Mag.
1080 Wien (AT)

(54) VERFAHREN UND ANLAGE ZUR GEWINNUNG VON ZELLULOSEFASERN

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Gewinnung von Zellulosefasern aus faserhaltiger Biomasse, die in einer Thermodruck-Hydrolyse-Anlage (1) zunächst einer Thermodruck-Hydrolyse mit Wasserdampf-Explosion unterzogen wird, und nachfolgend in einer ersten Separationsanlage (3) eine Separation des Faserschlammes erfolgt, wobei ein Presskuchen aus Zellulosefasern, sowie ein Filtrat aus fließfähigem, feststoffreichem Dünnschlamm erhalten wird. Der Dünnschlamm wird als Gärsubstrat einer Biogasanlage zur Gewinnung von Biogas zugeführt, wobei der nach der Thermodruck-Hydrolyse erhaltene Faserschlamm vorzugsweise in einem Anmischbehälter (9) auf einen Trockensubstanzgehalt von vorzugsweise 5% bis 20% eingestellt wird. Anschließend erfolgt die Separation des Faserschlammes in der ersten Separationsanlage (3), wobei vor oder nach der Separation in der ersten Separationsanlage (3) eine Fasertrennung von Faserbündeln in dem angemischten Faserschlamm in zumindest einer Desintegrationsmaschine (13) vorgesehen ist, und gegebenenfalls nachfolgend eine Separation des Faserschlammes in einer zweiten Separationsanlage (17) erfolgt, sowie eine Anlage hierzu.

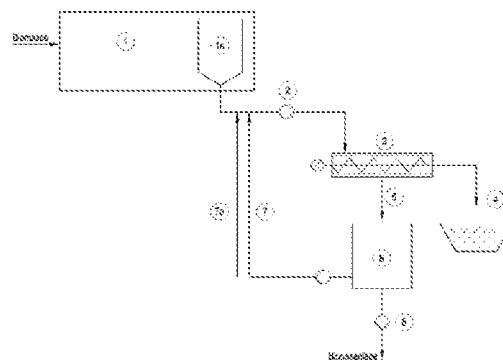


Figure 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Gewinnung von Zellulosefasern aus faserhaltiger Biomasse, wobei die Biomasse in einer Thermodruck-Hydrolyse-Anlage zunächst einer Thermodruck-Hydrolyse vorzugsweise mit Wasserdampf-Explosion unterzogen wird, und nachfolgend in einer ersten Separationsanlage eine Separation des Faserschlammes erfolgt, wobei ein Presskuchen aus Zellulosefasern, vorzugsweise mit einem Trockensubstanzgehalt von über 25%, sowie ein Filtrat aus fließfähigem, feststoffreichem Dünnschlamm erhalten wird, und wobei der Dünnschlamm als Gärsubstrat einer Biogasanlage zur Gewinnung von Biogas zugeführt wird, sowie eine Anlage hierfür.

[0002] Zur Herstellung von Zellstoff als wesentlichen Bestandteil von Papiererzeugnissen werden je nach Herkunft und Standort beispielsweise in tropischen Holzplantagen unter Verwendung von Düngern, Herbiziden, Pestiziden, Fungiziden und Formiziden über mindestens 7 Jahre gewachsenes Holz (tropische Zellstoffherstellung) oder in natürlich gewachsenen Wäldern zwischen 60 bis 120 Jahren gewachsenes Holz (Zellstoffherstellung in gemäßigten Zonen) mit entsprechenden Erntemaschinen unter großem Energieeinsatz geerntet und von Ästen befreit.

[0003] Die auf Länge geschnittenen, teilweise bereits entrindeten Rundhölzer werden dann üblicherweise bis zu maximal 250 km entfernte Zellstofffabriken transportiert.

[0004] In modernen Zellstofffabriken werden üblicherweise ca. 2,5 Tonnen Holz für die Herstellung einer Tonne Zellstoff benötigt. Hierfür wird unter erheblichem Energieeinsatz das meist als Rundholz vorliegende Material zu Hackschnitzel gehackt. Die Hackschnitzel werden vom Holzplatz zu einem Behälter transportiert, in dem sie typischerweise mit Dampf und Alkali für die Weiterverarbeitung imprägniert werden.

[0005] Nach der Imprägnierung werden die Hackschnitzel üblicherweise in einen kontinuierlichen Kocher überführt. In diesem Kocher erfolgt die Lösung des Lignins mittels Druck, Temperatur und Weißlauge (Natronlauge und Natriumsulfid) in einem chemisch/thermischen Aufschlussverfahren, um die Zellstofffasern freizulegen. Die gewonnene Rohfaser liegt nun als ungebleichter, noch nicht ausreichend fein zerkleinerter Zellstoff vor, der nun verschiedenen Reinigungs- und Waschschritten unterzogen wird, um ihn von Verunreinigungen zu befreien. Die dabei entstehenden Waschlaugen (auch Schwarzlauge genannt) stellen eine erhebliche Umweltbelastung dar, die aufwändige technische Maßnahmen bis hin zur Verbrennung eingedickter Laugen erfordern.

[0006] Anschließend kann der ungebleichte Zellstoff in unterschiedlichen, heute überwiegend chlorfreien Bleichverfahren gebleicht werden. Der fertige Zellstoff wird je nach Sortenanforderung direkt für die integrierte Papierproduktion in Papiermaschinen weiter transportiert oder in Bahn- oder Flockentrocknern getrocknet, um als Ballen oder Rollenware transportfähig gemacht zu werden.

[0007] Somit erfordert dieses etablierte Verfahren zur Herstellung von Zellstoff einen hohen Einsatz an teuren, langsam wachsenden Rohstoffen, Chemikalien und Energie.

[0008] Die Erzeugung von Biogas aus pflanzlicher Biomasse durch anaerobe Gärung ist eine etablierte Technologie. Dabei werden hauptsächlich so genannte Energiepflanzen, meist in Form von Silage, als Rohstoff eingesetzt. Diese Rohstoffe enthalten unterschiedliche Anteile an in einer Biogasanlage schwer abbaubaren Faserstoffen, die aus Lignozellulose-Verbänden bestehen. Demzufolge enthalten die Reststoffe aus der Vergärung noch große Anteile an stabilen Faserstoffen, die nach dem Ausschleusen aus dem Gärprozess ohne energetische Nutzung entsorgt werden.

[0009] Je größer der Anteil dieser stabilen Fasern an der Biomasse ist, desto geringer ist der Erfolg und damit die Wirtschaftlichkeit der Vergärung. Dadurch kommen in den meisten Biogasanlagen nur Pflanzen mit relativ niedrigem Fasergehalt wie Mais zu Einsatz, deren Intensivkultur jedoch wirtschaftlich aufwändig und auch ökologisch nicht unumstritten ist. Generell stehen auf Energiepflanzen basierende Biogasanlagen unter steigendem Druck, insbesondere weil die Erzeugungskosten der bevorzugten Rohstoffe steigen und die Erlöse auf der Basis staatlich bezu-

schusster Tarife zeitlich begrenzt sind, bzw. in einigen Modellen auch degressiv verlaufen.

[0010] Unter diesen Umständen ist es für die Betreiber von Biogasanlagen schwierig, alternative, auch ökologisch verträglichere Biomassequellen zu nutzen, weil diese in der Regel geringere Hektarerträge bei gleichzeitig höheren Fasergehalten als die üblichen Energiepflanzen-Silagen aufweisen.

[0011] Der Einsatz von Technologien insbesondere der Thermodruck-Hydrolyse mit Wasserdampf-Explosion, in der Fachwelt insbesondere unter "Steam Explosion" bekannt, bietet Biogasanlagen die Möglichkeit, alternativ zu Energiepflanzen stärker verholzte, also Lignozellulose-haltige Rohstoffe einzusetzen, weil diese nach der Behandlung in der Thermodruck-Hydrolyse mit hoher Effizienz vergoren und in Biogas umgewandelt werden können.

[0012] Diese höherwertige Technologie ist jedoch bisher nur in Einzelfällen in der Biogasanlagen-Technik etabliert, weil sie hohe Investitionen und einen gesteigerten Betriebsaufwand mit sich bringt. Vor dem Hintergrund auslaufender subventionierter Einspeisetarife und fehlender weiterer Anreize ist ein Bedarf für optimierte Prozesse mit höherer Wertschöpfung gegeben.

[0013] In der US 2004/0084366 A1 wird ein Verfahren zur Aufarbeitung von kommunalem Abfall beschrieben, das sich die Biogastechnologie zu Nutze macht, wobei ein Biogasreaktor zum Einsatz kommt, der den im Müll enthaltenen organischen Anteil in Biogas umwandelt. Hierfür müssen nach der Thermodruck-Hydrolyse die im Substrat enthaltenen Zellulosefasern ebenfalls entfernt werden, weil diese dem Umwandlungsprozess im Biogasreaktor nicht zugänglich sind. Diese Zellulosefasern können jedoch nicht als Zellstoff beispielsweise für die Papierindustrie eingesetzt werden, weil sie aufgrund des Ausgangsmaterials, nämlich Müll, nicht über die erforderliche Qualität hinsichtlich Faserlänge und Faserstabilität verfügen.

[0014] Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein alternatives Verfahren zur Herstellung von Zellstoff zur Verfügung zu stellen, das umweltfreundlich, energiesparend und gleichzeitig wirtschaftlich ist.

[0015] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1 gelöst.

[0016] Erfindungsgemäß ist hierbei vorgesehen, dass die faserhaltige Biomasse zunächst mittels Thermodruck-Hydrolyse vorzugsweise mit Wasserdampf-Explosion, in der Fachwelt auch als Steam Explosion bezeichnet, aufgeschlossen wird. Bei diesem Verfahrensschritt werden - analog zum Kochen der Hackschnitzel mit Weißlauge und anschließend mit Schwarzlauge gemäß dem Stand der Technik - die Zellstofffasern freigelegt. Die Thermodruck-Hydrolyse mit anschließender Steam Explosion hat sich bereits in der Herstellung von Gärsubstraten aus Energiepflanzen bewährt, wobei diese Gärsubstrate anschließend in einer Biogasanlage durch anaerobe Gärung zu Biogas umgewandelt werden. Ein entsprechendes Verfahren kann beispielsweise der EP 2 177 280 B1 entnommen werden.

[0017] In einer ersten Ausführung der Erfindung wird der nach der Thermodruck-Hydrolyse erhaltene Faserschlamm auf einen Trockensubstanzgehalt von vorzugsweise 5% bis 20% eingestellt, wobei diese Einstellung vorzugsweise in einem Anmischbehälter erfolgt. Anschließend wird eine Separation des Faserschlammes in der ersten Separationsanlage durchgeführt, wobei vor der Separation in der ersten Separationsanlage zunächst in zumindest einer Desintegrationsmaschine eine Fasertrennung von Faserbündeln in dem angemischten Faserschlamm aus dem Anmischbehälter erfolgt.

[0018] In einer zweiten, alternativen Ausführung der Erfindung wird nach der Separation des Faserschlammes in der ersten Separationsanlage der erhaltene Presskuchen dem Anmischbehälter zugeführt, um einen Trockensubstanzgehalt von vorzugsweise 5% bis 20%, besonders bevorzugt 5% bis 10%, einzustellen. Anschließend wird der Faserschlamm der zumindest einen Desintegrationsmaschine zugeführt, um eine Fasertrennung der in dem Faserschlamm enthaltenen Faserbündeln zu erhalten. Nachfolgend erfolgt eine erneute Separation des Faserschlammes in einer zweiten Separationsanlage.

[0019] Um eine zusätzliche Reinigung und damit eine Qualitätsverbesserung des Zellstoffs zu

erhalten, ist vorgesehen, dass der nach der Thermodruck-Hydrolyse erhaltene Faserschlamm in einem ersten Anmaischbehälter auf einen Trockensubstanzgehalt von vorzugsweise 5% bis 20% eingestellt wird, und anschließend die Separation des Faserschlammes in der ersten Separationsanlage erfolgt. Durch den Zwischenschritt des Anmaischens des aus der Thermodruck-Hydrolyse erhaltenen Faserschlammes in einem Anmaischbehälter wird ein für die nachfolgende Separation optimaler Wert für den Trockensubstanzgehalt erhalten.

[0020] Um feineren Zellstoff zu erhalten, ist in dem erfindungsgemäßen Verfahren vorgesehen, dass vor der Separation des angemaischten Faserschlammes aus dem Anmaischbehälter eine Fasertrennung von Faserbündeln in zumindest einer Desintegrationsmaschine und anschließend die Separation in der ersten Separationsanlage erfolgt. Hierzu wird bevorzugterweise der Trockensubstanzgehalts des Faserschlammes auf 5% bis 10% eingestellt, bevor er der Desintegrationsmaschine zugeführt wird.

[0021] In dem aus der Thermodruck-Hydrolyse-Anlage abgezogenen Faserschlamm liegt der gewünschte Zellstoff in Form von Faserbündeln vor, die miteinander durch natürliche Polymere, insbesondere Holzzucker und dergleichen verklebt sind. Durch Anmaischen des Faserschlammes in dem Anmaischbehälter erfolgt bereits ein erstes Herauslösen von unerwünschten Bestandteilen sowie die mechanische Abtrennung von allfälligen unlöslichen Bestandteilen durch Sedimentation. Gleichzeitig erlaubt die Einstellung des Trockensubstanzgehalts auf 5% bis 10% eine verbesserte Fasertrennung in der zumindest einen Desintegrationsmaschine.

[0022] Untersuchungen der Anmelderin haben nun gezeigt, dass sich das an sich bekannte Verfahren der Thermodruck-Hydrolyse als erster Verfahrensschritt in der Herstellung von Zellstoff anbietet, wobei erfindungsgemäß der in diesem ersten Verfahrensschritt erhaltene Faserschlamm noch einer mechanischen Separation in Zellulosefasern und Filtrat in Form von Dünnschlamm unterzogen wird. Damit erlaubt das erfindungsgemäße Verfahren die Herstellung eines Zellstoffs aus faserreicher Biomasse ohne den Einsatz von umweltschädlichen Chemikalien bei geringerem Energiebedarf, wobei die Biomasse aus einer Vielzahl von unterschiedlichen pflanzlichen Materialien gewählt werden kann. Gleichzeitig wird ein Gärsubstrat erhalten, das zur Energiegewinnung in einer Biogasanlage geeignet ist. Um lange Transportwege zu vermeiden, ist erfindungsgemäß daher besonders bevorzugt vorgesehen, dass diese Biogasanlage in unmittelbarer Nachbarschaft zu der Anlage zur Herstellung von Zellstoff angesiedelt ist, wobei das in der Biogasanlage gewonnene Biogas vorteilhafterweise als Energieträger für das erfindungsgemäße Verfahren eingesetzt wird.

[0023] Die vorzugsweise regional als Feldfrucht oder Nebenprodukt erzeugte Biomasse wird nach geeigneter Konditionierung (Zerkleinerung, Silierung, etc.) zuerst einer Vorbehandlung bei erhöhtem Druck und erhöhter Temperatur (Thermo-Druck-Hydrolyse vorzugsweise mit Steam Explosion) unterzogen, und zwar am Standort bzw. im direkten Umfeld einer Biogasanlage. Direkt anschließend erfolgt eine Trennung des behandelten Produktes in eine aufbereitete Faserfraktion (Zellulose), die als Rohstoff zur Papierherstellung genutzt wird, und einen Teilstrom, der in der Biogasanlage als Substrat verwertet wird.

[0024] Durch die Kombination der beschriebenen Faseraufbereitung mit einer Biogasanlage werden mehrere vorteilhafte Effekte erzielt:

- [0025]** • Da der Faseraufschluss nicht in einer Papierfabrik durchgeführt wird, wo der bei der anschließenden Separation anfallende Dünnschlamm als Abwasser entsorgt bzw. behandelt werden muss, verbessert sich die ökologische Bilanz der Papierproduktion wesentlich.
- [0026]** • Auch reduziert der regionale Ansatz der Rohstoffgewinnung, in der Rohstoffanbau und Zellstoffherzeugung in örtlicher Nähe erfolgen, und der Transport des fertigen Produkts (verdichtete Zellstofffaser) anstatt des erheblich voluminöseren Rohstoffes (Biomasse) z.B. zu einer möglichst nahe gelegenen Papierfabrik den Transportaufwand wesentlich.

[0027] • Der Einsatz von regional gewonnenem Zellstoff reduziert zudem den Einsatz von aus Übersee importiertem, z.B. in Plantagenwirtschaft gewachsenen, Zellstoff.

[0028] • Der Einsatz der Thermo-Druckbehandlungs-Anlage als Vorbehandlung der Biomasse auf der Biogasanlage ermöglicht dieser den Einsatz alternativer, faserreicherer Rohstoffe, deren Erzeugung oder Gewinnung ggf. ökologisch nachhaltiger als der gängiger Energiepflanzen ist, sowie auch den Einsatz von Reststoffen wie ungenutztem Stroh bzw. abgeernteten Restpflanzen verschiedener Feldfrüchte.

[0029] Zudem ist festzuhalten, dass die Erzeugung von Zellstoff aus Gräsern und anderen schnellwachsenden Pflanzen in Feldkultur erheblich größere Mengen an Kohlendioxid binden kann als die Biomasseerzeugung durch Holz, z.B. in Plantagenwirtschaft, und so einen erheblichen positiven Beitrag zum Klimaschutz leisten kann. Die im Behandlungsprozess von den Fasern separierten Verunreinigungen enthalten einen Großteil des in einer Biogasanlage energetisch nutzbaren Anteils der Biomasse. Untersuchungen ergaben einen Anteil von mehr als 60% des nutzbaren Energiepotentials.

[0030] Für die Wertschöpfungskette einer Biogasanlage öffnet die wirtschaftlich getrennte Verwertung der Zellstofffasern die Möglichkeit, neben der Energieerzeugung zusätzliche Erträge zu generieren, z.B. durch den Verkauf der Zellstoff-Fasern an die Papierindustrie. Bisher wurden diese schwer in Biogas umwandelbaren Fasern weitestgehend als Reststoff (fester Gärrest) abgegebenen.

[0031] Je nach Art der eingesetzten Biomasse kann ein mehrfacher Durchlauf des Faserschlammes durch die zumindest eine Desintegrationsmaschine erforderlich sein. Bevorzugterweise erfolgt hierbei ein erneutes Anmischen des Faserschlammes in dem Anmischbehälter, und die Fasertrennung wird in der Desintegrationsmaschine zumindest einmal, vorzugsweise mehrfach, bevorzugt in einem Kreisprozess zwischen Anmischbehälter und Desintegrationsmaschine wiederholt. Alternativ oder zusätzlich kann vorgesehen sein, dass zusätzlicher, noch nicht in der Desintegrationsmaschine behandelter Faserschlamm dem im Anmischbehälter befindlichen Material beigefügt wird.

[0032] Neben einer hohen Zellstoffqualität erlaubt die zuvor beschriebene Verfahrensführung mit zumindest einer, vorzugsweise zwei Separationsanlagen die Gewinnung von Dünnschlamm als Abfallprodukt der Zellstoffproduktion, wobei das Filtrat zumindest teilweise als Gärsubstrat einer Biogasanlage zugeführt wird.

[0033] Besonders bevorzugt ist vorgesehen, dass das als Dünnschlamm vorliegende Filtrat aus den Separationsanlagen zumindest teilweise wieder in den Prozess zurückgeführt wird. Hierbei wird es besonders bevorzugt dem Anmischbehälter zur Einstellung des Trockensubstanzgehalts des Faserschlammes zugeführt. Alternativ oder zusätzlich kann das Filtrat auch direkt dem Faserschlamm vor dessen Beförderung in eine Separationsanlage zugegeben werden.

[0034] In einer besonders bevorzugten Ausführung der Erfindung ist hierbei vorgesehen, dass der Dünnschlamm in zwei Teilfraktionen gesammelt wird, wobei eine erste Teilfraktion mit einem geringerem Feststoffgehalt in den Prozess rückgeführt wird, während eine feststoffreichere Fraktion der Biogasanlage als Gärsubstrat zugeführt wird. Diese unterschiedlichen Fraktionen werden beispielsweise aus unterschiedlichen Bereichen der zumindest einen Separationsanlage entnommen und bevorzugterweise in getrennten Sammelbehältern aufgefangen.

[0035] Um den nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Zellstoff besser lagern und transportieren zu können, kann vorgesehen sein, dass der aus der ersten Separationsanlage oder zweiten Separationsanlage erhaltene Presskuchen einem Stabilisierungsschritt, insbesondere durch Zugabe von konservierenden Chemikalien und/oder einer thermischen Behandlung unterzogen wird.

[0036] Ein wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens liegt insbesondere darin, dass eine Vielzahl von faserhaltigen Materialien in Form von pflanzliche Biomasse zum Einsatz kommen können. Hierbei haben sich insbesondere Energiepflanzen wie Mais, durchwachsene

Silphie, und/oder Erntereste mit ausreichendem Zellulose- oder Lignozellulosegehalt, wie Stroh und/oder Grünschnitt als tauglich erwiesen. Damit kann auf regionale Rohstoffe und/oder Abfallstoffe wie Erntereste oder Grünschnitt zur Gewinnung von Zellstoff bei gleichzeitiger Energiegewinnung in Form von Biogas zurückgegriffen werden. Hierbei ist besonders bevorzugt vorgesehen, dass das in der Biogasanlage gewonnene Biogas in dem erfindungsgemäßen Verfahren als Energieträger insbesondere für die Thermodruck-Hydrolyse-Anlage eingesetzt wird.

[0037] Die oben angeführte Aufgabe wird des Weiteren durch eine Anlage gemäß Anspruch 9 gelöst.

[0038] Erfindungsgemäß ist eine Thermodruck-Hydrolyse-Anlage vorgesehen, um die Fasern der Biomasse zunächst einer Thermodruck-Hydrolyse mit Wasserdampf-Explosion zu unterziehen, wobei die Thermodruck-Hydrolyse-Anlage mit einer ersten Separationsanlage, vorzugsweise eine Pressschnecke, über zumindest eine Zufuhrleitung in Verbindung steht, in der der aus der Thermodruck-Hydrolyse-Anlage abgezogene Faserschlamm mittels zumindest einer Fördereinrichtung, vorzugsweise einer Förderschnecke und/oder einer Dickstoffpumpe zuführbar ist. Das aus der ersten Separationsanlage erhaltene Filtrat in Form eines fließfähigen, feststofffreien Dünnschlammes ist über zumindest eine weitere Zufuhrleitung einer Biogasanlage zuführbar.

[0039] Eine verbesserte Separation des Faserschlammes in Zellstofffasern und Filtrat in Form von Dünnschlamm wird erhalten, wenn zusätzlich ein Anmischbehälter vorgesehen ist, der zwischen der Thermodruck-Hydrolyse-Anlage und der ersten Separationsanlage angeordnet ist.

[0040] Insbesondere bei dem Vorliegen von Biomasse mit einem hohen Zuckergehalt liegen die Zellstofffasern nach der Thermodruck-Hydrolyse mit Steam Explosion als verklebte Zellstoffbündel vor, was die Effizienz des nachfolgenden Separationsschritts und daraus folgend die Qualität des Zellstoffs beeinträchtigt. Daher ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass der Anmischbehälter mit zumindest einer Desintegrationsmaschine in Verbindung steht, wobei die zumindest eine Desintegrationsmaschine vorzugsweise über Lagerbehälter, in dem die vereinzelt Zellulosefasern zwischengelagert werden können, mit der ersten Separationsanlage in Verbindung steht.

[0041] Alternativ hierzu ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass der Anmischbehälter der ersten Separationsanlage nachgeschaltet ist, wobei vorzugsweise der Anmischbehälter mit der zumindest einen Desintegrationsmaschine in Verbindung steht, und wobei die zumindest eine Desintegrationsmaschine vorzugsweise über zumindest einen Lagerbehälter mit einer zweiten Separationsanlage in Verbindung steht.

[0042] Das aus der ersten Separationsanlage und/oder zweiten Separationsanlage erhaltene Filtrat wird zur einfacheren Verarbeitung und Weiterverwendung in zumindest einem Sammelbehälter gesammelt, wobei bevorzugterweise der zumindest eine Sammelbehälter über zumindest eine Rezirkulationsleitung mit dem Anmischbehälter in Verbindung steht. Des Weiteren steht der zumindest eine Sammelbehälter über zumindest eine weitere Zufuhrleitung mit der Biogasanlage in Verbindung.

[0043] Im Folgenden wird anhand von nicht-einschränkenden Ausführungsbeispielen mit zugehörigen Figuren die Erfindung näher erläutert. Darin zeigen

[0044] Fig. 1 eine schematische Darstellung einer ersten Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen Anlage,

[0045] Fig. 2 eine schematische Darstellung einer zweiten Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen Anlage,

[0046] Fig. 3 eine schematische Darstellung einer dritten Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen Anlage,

[0047] Fig. 4 eine schematische Detailansicht der zweiten Separationsanlage aus der Fig. 2, und

[0048] Fig. 5 eine schematische Ansicht einer Nachbehandlungsstufe.

[0049] In der Fig. 1 ist eine erste Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen Anlage schema-

tisch dargestellt. Erfindungsgemäß wird die zu behandelnde Biomasse, die aus nachwachsenden Rohstoffen oder aus organischen Reststoffen mit hohem Fasergehalt besteht, in einer Thermo-Druck-Hydrolyse-Anlage 1 eingebracht und einer Druck/Temperatur-Vorbehandlung, nämlich einer Thermo-Druck-Hydrolyse vorzugsweise mit Steam Explosion unterzogen. Hierbei wird die Biomasse aufgeschlossen, wobei ein Faserschlamm mit einem Trockensubstanzgehalt von 10% bis 35% erhalten wird, der in einem Speicherbehälter 1a gesammelt wird.

[0050] Mittels einer Fördereinrichtung 2, beispielsweise eine Fördererschnecke oder Dickstoffpumpe wird der Faserschlamm in eine Separationsanlage 3, typischerweise eine Pressschnecke, eingebracht, und der Faserschlamm entwässert, wodurch ein Faser-Presskuchen erhalten wird, der mehr als 25% Trockensubstanzgehalt aufweist und in einen Sammelbehälter 4 ausgeworfen wird. Dieser Faserfeststoff kann entweder gleich zur weiteren Verarbeitung beispielsweise an eine Papierfabrik abgegeben oder aber einer weiteren Aufbereitung (wie nachfolgend beschrieben) unterworfen werden.

[0051] Das Filtrat aus der Separationsanlage 3 ist ein fließfähiger, feststoffreicher Dünnschlamm, der in einem Zwischenbehälter 6 gesammelt und in der Folge als Gärsubstrat über eine Pumpeinrichtung 8 in eine Biogasanlage überführt wird.

[0052] Um den Separationseffekt in der Separationsanlage 3 zu verbessern, ist bevorzugterweise vorgesehen, dass dem Faserschlamm aus dem Speicherbehälter 1a über ein Rezirkulationsleitung 7 Dünnschlamm aus dem Zwischenbehälter 6 zugeführt wird. Über eine weitere Zufuhrleitung 7a kann alternativ hierzu Frischwasser oder aber ein über einen separaten Separationsprozess erhaltenes Pressfiltrat des Dünnschlammes (nicht dargestellt) zugeführt werden. Durch die Zufuhr an Flüssigkeit wird die Ausschwemmung von Feinstoffen während der Separation begünstigt. Gleichzeitig erfolgt bei Verwendung von rückgeführtem Filtrat eine Aufkonzentrierung des Dünnschlammes, der letztendlich der Biogasanlage als Gärsubstrat zur Verfügung gestellt wird.

[0053] In der Fig. 2 ist eine weitere Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen Anlage dargestellt, wobei die Biomasse in einem ersten Schritt wie bereits in Fig. 1 beschrieben in der Thermo-Druck-Hydrolyse-Anlage 1 aufgeschlossen wird. Hierin verweisen die in der Fig. 2 verwendeten Bezugszeichen auf die gleichen Anlagenelemente, wie sie bereits in der Fig. 1 verwendet wurden. Der aus der Separationsanlage 3 erhaltene und bereits teilweise von Feinstoffen gereinigte Faserkuchen wird über eine Zuleitung 4 einem Anmaischbehälter 9 (auch "Pulper" genannt) zugeführt. Dieser Faserkuchen wird hierin mit rezirkuliertem Filtrat über die Zuleitung 10 oder alternativ mit über die Zuleitung 10a zugeführtem reinem Prozesswasser versetzt, um einen für die weitere Behandlung des Faserkuchens günstigen Trockensubstanzgehalt von üblicherweise zwischen 5% und 10% zu erhalten. Dabei sinken allfällige im Rohmaterial enthaltene Störstoffe (zum Beispiel Steine) auf den Boden des Anmaischbehälters 9 und können auf einfache Weise durch den Bodenablass 11 ausgeschleust werden.

[0054] Über eine weitere, bevorzugterweise speziell für fasrige Medien geeignete Kreislumpumpe 12 wird der Anmaischbehälter 9 entleert und der verwässerte Faserkuchen auf eine Faser-Desintegrationsmaschine 13 (beispielsweise ein "De-Flaker" oder "Entstipper") geleitet. In diesem Gerät 13 wird der Filterkuchen durch Geräteeinbauten in Form von rotierenden und statischen Elementen hohen Scherkräften ausgesetzt. Auf diese Weise werden die noch als Bündel vorliegenden Fasern getrennt, ohne hierbei die Fasern selbst signifikant zu verkürzen. Auch dieser Vorgang der Faseraufbereitung in Form von Faservereinzelnung ist ein in der Papierherstellung notwendiger Verfahrensschritt, der üblicherweise in der Papierfabrik selbst durchgeführt wird. Alternativ hierzu kann je nach verwendeter Biomasse und gewünschtem Endprodukt auch zusätzlich der Einsatz eines Geräts zum Ziel der Faserkürzung vorgesehen sein.

[0055] Je nach eingesetztem Rohmaterial kann es erforderlich sein, die Faservereinzelnung mehrstufig durchzuführen. Hierzu ist in der Anlage gemäß Fig. 2 eine Rückführung des in der Desintegrationsmaschine 13 erhaltenen Fasermaterials 14a in den Anmaischbehälter 9 vorgesehen, um eine Einstellung auf den erforderlichen Trockensubstanzgehalt zu ermöglichen. Ebenso kann noch nicht bearbeiteter Faserschlamm dem Anmaischbehälter 9 zugeführt und den bereits in der

Desintegrationsmaschine 13 bearbeiteten Fasern zugesetzt werden. Gegebenenfalls wird hierbei das vereinzelte Fasermaterial in einem Kreisprozess mehrfach dem Pulper 9 und anschließend der Desintegrationsmaschine 13 zugeführt. Auf diese Weise werden besser verwertbare Faser erhalten und zusätzlich störende Feinsubstanzen von den Fasern abgetrennt. Dies erhöht somit auch die Faserreinheit im Endprodukt. Sobald die Fasern die in diesem Schritt zu erzielende Qualität aufweisen, werden sie einem Lagerbehälter 15 zugeführt.

[0056] In der in der Fig. 2 dargestellten Anlage ist eine zweite Separationsstufe mit einer weiteren mechanischen Separationsanlage 17, typischerweise eine Schneckenpresse, vorgesehen. In diese zweite Separationsanlage 17 wird das aus der Desintegrationsmaschine 13 erhaltene Fasermaterial über eine Fördereinrichtung 16 aus dem Lagerbehälter 15 eingebracht, und die Fasern auf einen Trockensubstanzgehalt von mindestens 25%, vorzugsweise über 40% entwässert. Hierbei kann gegebenenfalls über eine Zuleitung 18 gezielt Prozesswasser in den Pressvorgang eingeschleust werden. Dabei erfolgt gegebenenfalls zusätzlich eine Waschung des Presskuchens insbesondere auch in Form eines zonierten Entwässerungsvorgangs. Auf diese Weise werden erneut größere Mengen an Filtrat in Form von Dünnschlamm gewonnen, die in einem Speicherbehälter 21 gesammelt werden.

[0057] Aus dem Speicherbehälter 21 kann erforderlichenfalls das Filtrat über die Rezirkulationsleitung 10 erneut in den Anmaischbehälter 9 eingebracht werden. Ebenso ist eine Zuleitung 23 zur Zufuhr des Filtrat in die Biogasanlage vorgesehen.

[0058] In einer weiteren Variante der erfindungsgemäßen Anlage - wie in der Fig. 3 dargestellt - ist erneut lediglich ein einstufiger Separationsprozess mittels Separationsanlage 17 vorgesehen, die jedoch im Gegensatz zu der Anlage wie in der Fig. 2 beschrieben der Desintegrationsmaschine 13 nachgeschaltet ist, während auf die Separationsstufe vor dem Pulper 9 verzichtet wurde. Damit erfolgt nach der Thermodruckhydrolyse der Biomasse in der Thermodruck-Hydrolyse-Anlage 1 die Vereinzelung der Faserbündel in der Desintegrationsmaschine 13 nach Einstellung des erforderlichen (geringeren) Trockensubstanzgehalts im Pulper 9 ohne weitere Vorbehandlungsschritte.

[0059] In der Fig. 4 ist eine Variante der Separationsstufe mit der Separationsanlage 17 dargestellt, bei der das Filtrat aus der zweiten Separationsstufe wie in der Anlage gemäß Fig. 2 dargestellt nicht in einem einzelnen Speicherbehälter 21, sondern in Teilströmen gesammelt wird, wobei ein erster Teilstrom mit einem höheren Feststoffgehalt aus einem ersten Bereich der Separationsmaschine 17 über eine Ableitung 20a in einen ersten Speicherbehälter 21a geleitet wird, während ein zweiter Teilstrom aus einer zweiten Entwässerungszone der Separationsmaschine 17, der einen hohen Anteil an Presswasserstrom und damit einen geringeren Feststoffanteil aufweist, über eine zweite Ableitung 20b einem zweiten Speicherbehälter 21b zugeführt wird.

[0060] Hierbei wird bevorzugterweise das in dem ersten Speicherbehälter 21a gesammelte feststoffreiche Filtrat der Biogasanlage zugeführt, während das feststoffarme Filtrat aus dem zweiten Speicherbehälter 21b über die Rezirkulationsleitung 10 erneut dem Pulper 9 für den Anmaischprozess zugeführt wird.

[0061] In der Fig. 5 ist eine optionale Nachbehandlung des in dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Zellstoffs dargestellt. Hierzu wird der aus der Separationsanlage 17 erhaltene Zellstoff mittels Konditionierungschemikalien stabilisiert. Zusätzlich oder alternativ kann der Zellstoff in einer geeigneten Vorrichtung, insbesondere einem Nachbehandlungsreaktor 24 zusätzlich getrocknet werden, wobei besonders bevorzugt vorgesehen ist, dass diese thermische Behandlung mit Prozesswärme aus der Biogasanlage und/oder der Thermodruck-Hydrolyse-Anlage 1 erfolgt. Durch diese Nutzung von Abwärme wird die Energiebilanz des erfindungsgemäßen Verfahrens zusätzlich positiv beeinflusst.

[0062] Die in der Nachbehandlung anfallenden Kondensate und/oder Abwässer können hierbei erneut in die Nachbehandlung rückgeführt und/oder auch als Prozesswasser verwendet werden.

[0063] Das erfindungsgemäße Verfahren mit den zugehörigen Anlagen kann grundsätzlich als kontinuierliches oder als zyklisches System betrieben werden. Ebenso ist ein Mischbetrieb denk-

bar, bei dem beispielsweise ein kontinuierlicher Betrieb der Separationsanlagen vorgesehen ist, während der Anmisch- und Desintegrationsschritt diskontinuierlich erfolgt.

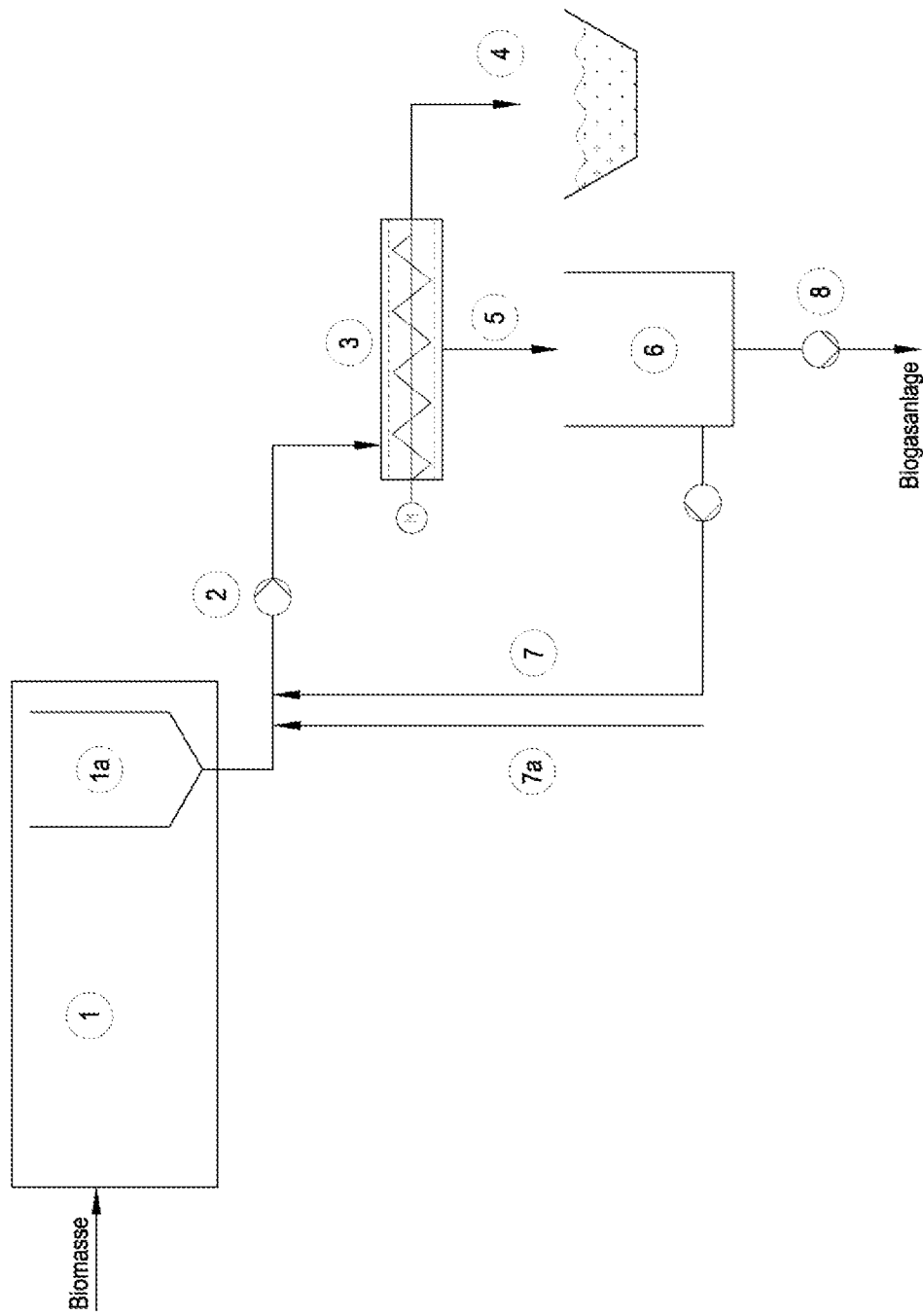
Patentansprüche

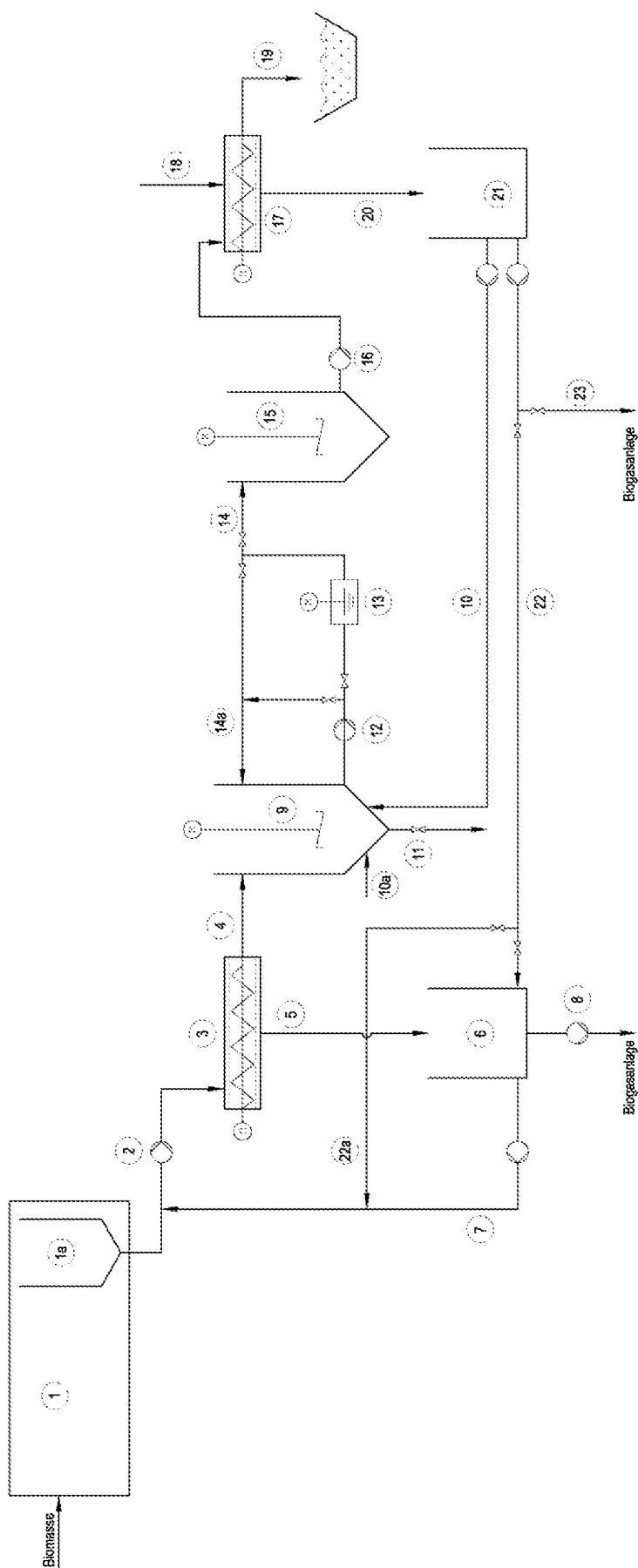
1. Verfahren zur Gewinnung von Zellulosefasern aus faserhaltiger Biomasse, wobei die Biomasse in einer Thermodruck-Hydrolyse-Anlage (1) zunächst einer Thermodruck-Hydrolyse vorzugsweise mit Wasserdampf-Explosion unterzogen wird, und nachfolgend in einer ersten Separationsanlage (3) eine Separation des Faserschlammes erfolgt, wobei ein Presskuchen aus Zellulosefasern, vorzugsweise mit einem Trockensubstanzgehalt von über 25%, sowie ein Filtrat aus fließfähigem, feststoffreichem Dünnschlamm erhalten wird, und wobei der Dünnschlamm als Gärsubstrat einer Biogasanlage zur Gewinnung von Biogas zugeführt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass
entweder
der nach der Thermodruck-Hydrolyse erhaltene Faserschlamm auf einen Trockensubstanzgehalt von vorzugsweise 5% bis 20% eingestellt wird, wobei diese Einstellung vorzugsweise in einem Anmaischbehälter (9) erfolgt, und anschließend die Separation des Faserschlammes in der ersten Separationsanlage (3) erfolgt, wobei vor der Separation in der ersten Separationsanlage (3) zunächst in zumindest einer Desintegrationsmaschine (13) eine Fasertrennung von Faserbündeln in dem angemaischten Faserschlamm aus dem Anmaischbehälter (9) erfolgt,
oder
nach der Separation des Faserschlammes in der ersten Separationsanlage (3) der erhaltene Presskuchen dem Anmaischbehälter (9) zugeführt wird, um einen Trockensubstanzgehalt von vorzugsweise 5% bis 20%, besonders bevorzugt 5% bis 10%, einzustellen, und anschließend der Faserschlamm der zumindest einen Desintegrationsmaschine (13) zugeführt wird, um eine Fasertrennung der in dem Faserschlamm enthaltenen Faserbündeln zu erhalten, und nachfolgend eine Separation des Faserschlammes in einer zweiten Separationsanlage (17) erfolgt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Fasertrennung in der zumindest einen Desintegrationsmaschine (13) zumindest einmal, vorzugsweise mehrfach wiederholt werden, wobei der Faserschlamm vorzugsweise in einem Kreisprozess zwischen Anmaischbehälter (9) und Desintegrationsmaschine (13) geführt wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das als Dünnschlamm anfallende Filtrat aus der ersten Separationsanlage (3) und/oder der zweiten Separationsanlage (17) zumindest teilweise als Gärsubstrat einer Biogasanlage zugeführt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das als Dünnschlamm anfallende Filtrat aus der ersten Separationsanlage (3) und/oder der zweiten Separationsanlage (17) gesammelt und zumindest teilweise in den Prozess rückgeführt, insbesondere dem Anmaischbehälter (9) zugeführt und/oder dem Faserschlamm vor der ersten Separationsanlage (3) und/oder der zweiten Separationsanlage (17) zugesetzt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Dünnschlamm in zwei Teilfraktionen gesammelt wird, wobei eine erste Teilfraktion mit einem geringeren Feststoffgehalt in den Prozess rückgeführt wird, während eine feststoffreichere Fraktion der Biogasanlage als Gärsubstrat zugeführt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der aus der ersten Separationsanlage (3) oder zweiten Separationsanlage (17) erhaltene Presskuchen einem Stabilisierungsschritt, insbesondere durch Zugabe von konservierenden Chemikalien und/oder einer thermischen Behandlung unterzogen wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass als faserhaltige Biomasse pflanzliche Biomasse, insbesondere Energiepflanzen wie Mais, durchwachsende Silphie, und/oder Erntereste mit ausreichendem Zellulose- oder Lignozellulosegehalt, wie Stroh und/oder Grünschnitt eingesetzt wird.

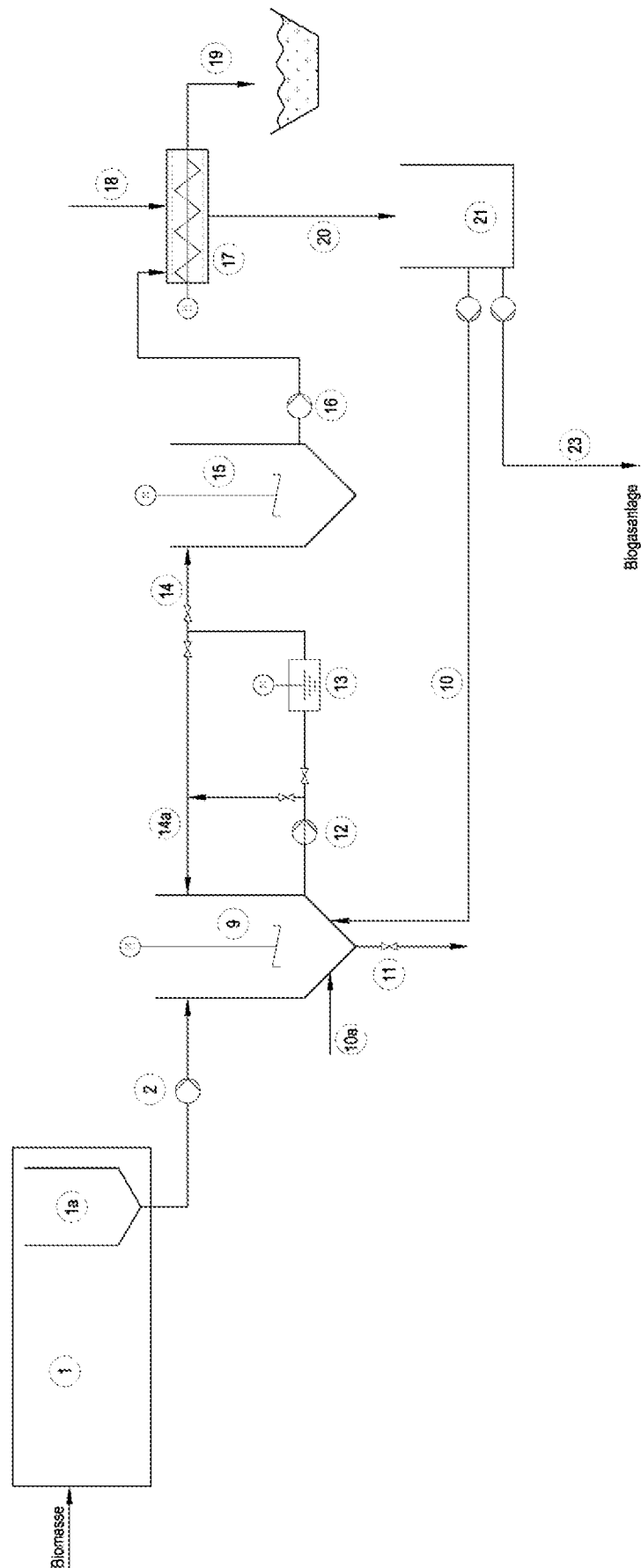
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **gekennzeichnet durch** die Verwendung des in der Biogasanlage gewonnenen Biogases als Energieträger und/oder der Abwärme aus der Biogasanlage, insbesondere für die Thermodruck-Hydrolyse-Anlage (1).
9. Anlage zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 8, nämlich einem Verfahren zur Gewinnung von Zellulosefasern aus faserhaltiger Biomasse, wobei zumindest eine Thermodruck-Hydrolyse-Anlage (1) vorgesehen ist, um die Fasern der Biomasse zunächst einer Thermodruck-Hydrolyse vorzugsweise mit Wasserdampf-Explosion zu unterziehen, wobei die Thermodruck-Hydrolyse-Anlage (1) mit einer ersten Separationsanlage (3), vorzugsweise eine Pressschnecke, über zumindest eine Zufuhrleitung in Verbindung steht, in der der aus der Thermodruck-Hydrolyse-Anlage (1) abgezogene Faserschlamm mittels zumindest einer Fördereinrichtung (2), vorzugsweise einer Förderschnecke und/oder einer Dickstoffpumpe zuführbar ist, wobei das aus der ersten Separationsanlage (3) erhaltene Filtrat in Form eines fließfähigen, feststoffreichen Dünnschlammes über zumindest eine weitere Zufuhrleitung einer Biogasanlage zuführbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass zusätzlich ein Anmischbehälter (9) vorgesehen ist, der entweder zwischen der Thermodruck-Hydrolyse-Anlage (1) und der ersten Separationsanlage (3) angeordnet oder der ersten Separationsanlage (3) nachgeschaltet ist, wobei der Anmischbehälter (9) mit zumindest einer Desintegrationsmaschine (13) in Verbindung steht.
10. Anlage nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zumindest eine Desintegrationsmaschine (13) vorzugsweise über zumindest einen Lagerbehälter (15) mit der ersten Separationsanlage (3) in Verbindung steht.
11. Anlage nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zumindest eine Desintegrationsmaschine (13) vorzugsweise über zumindest einen Lagerbehälter (15) mit einer zweiten Separationsanlage (17) in Verbindung steht.
12. Anlage nach einem der Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Filtrat aus der ersten Separationsanlage (3) und/oder zweiten Separationsanlage (17) in zumindest einem Sammelbehälter (21, 21a, 21b) sammelbar ist.
13. Anlage nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zumindest eine Sammelbehälter (21, 21a, 21b) über zumindest eine Rezirkulationsleitung (10) mit dem Anmischbehälter (9) und/oder über zumindest eine weitere Zufuhrleitung mit der Biogasanlage in Verbindung steht.

Hierzu 5 Blatt Zeichnungen

Figur 1

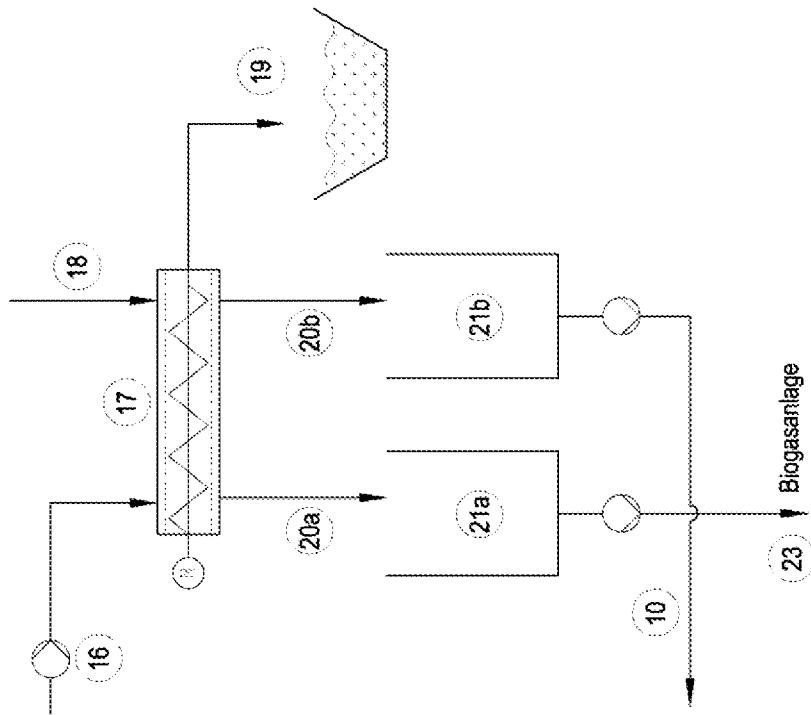






Figur 3

Figur 4



Figur 5

