

(12) **Patentschrift**

(21) Anmeldenummer: A 1627/2008  
(22) Anmeldetag: 16.10.2008  
(45) Veröffentlicht am: 15.08.2010

(51) Int. Cl.<sup>8</sup>: **B09B 3/00** (2006.01)  
**B01J 3/00** (2006.01)  
**D21B 1/36** (2006.01)  
**B03B 1/00** (2006.01)  
**B01D 3/00** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:  
WO 2008/011839A2  
US 2003/0121851A1  
US 2008/0223793A1

(73) Patentinhaber:  
BIOGAS SYSTEMS GMBH  
A-2320 SCHWECHAT (AT)  
(72) Erfinder:  
DAUSER HERMANN DIPL.ING. (FH)  
FREILASSING (DE)  
HOSCH PAUL  
GRAZ (AT)

(54) **VORRICHTUNG ZUR KONTINUIERLICHEN ODER DISKONTINUIERLICHEN HYDROLYSE VON ORGANISCHEN SUBSTRATEN**

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur kontinuierlichen oder diskontinuierlichen Hydrolyse von organischen Substraten, insbesondere von pflanzlichen und tierischen Abfällen, mit einem Vorlagetank (1) zur Aufnahme fester und flüssiger organischer Substanzen, mit einer Beschickungseinrichtung (15) zur Befüllung eines Hydrolizers (8) mit den Substraten aus dem Vorlagetank (1), sowie mit einer Entspannungseinrichtung samt Expandertank (12) zur Druckentspannung der Substrate nach der Behandlung im Hydrolizer (8). Erfindungsgemäß weist die Entspannungseinrichtung stromabwärts einer Druckblende (9), einen Dampfabscheider (10) und ein Expanderrohr (11) auf, welches in den Expandertank (12) führt, wobei eine Einrichtung zur direkten Beaufschlagung der zugeführten organischen Substrate mit Heißdampf aus dem Dampfabscheider (10) vorgesehen ist.

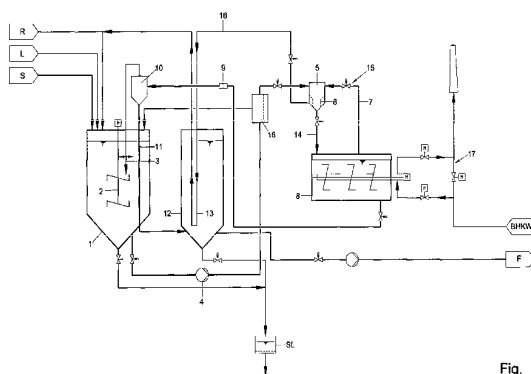


Fig. 1

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur kontinuierlichen oder diskontinuierlichen Hydrolyse von organischen Substraten, insbesondere von pflanzlichen und tierischen Abfällen, mit einem Vorlagentank zur Aufnahme fester und flüssiger organischer Substanzen, mit einer Beschickungseinrichtung zur Befüllung eines Hydrolizers mit den Substraten aus dem Vorlagentank, sowie mit einer Entspannungseinrichtung samt Expandertank zur Druckentspannung der Substrate nach der Behandlung im Hydrolizer.

**[0002]** Derartige Vorrichtungen und Verfahren dienen zur Vorbehandlung organischer Substrate, die nach der Aufbereitung in einem Hydrolizer (Einrichtung zur Thermodruckhydrolyse) einem Fermenter, beispielsweise einer Biogas- oder Biofuel-Anlage zugeführt werden. Bei der Thermodruckhydrolyse kommt die Technologie der sogenannten "Steam-Explosion" zur Anwendung, welche beispielsweise aus Biogas- oder Biofuel-Anlagen bekannt ist. Die "Steam-Explosion" ist ein technischer Prozess, bei dem das Ausgangsmaterial auf bis zu 300°C, vorzugsweise 150° C bis 200° C aufgeheizt und unter ca. 3 bis 20 bar Überdruck gesetzt wird.

**[0003]** Nachdem dieser Druck/Temperatur-Zustand über eine bestimmte Verweilzeit eingehalten wurde, wird das Substrat spontan auf etwa Atmosphärendruck entspannt. Durch diese Schlagentspannung kommt es zur vollständigen Aufspaltung der Zellsubstanz. Die gesamte organische Substanz steht in der Folge verflüssigt für die weitere Verarbeitung zur Verfügung.

**[0004]** Aus der ursprünglich eingesetzten inhomogenen Substratmischung (wie beispielsweise Biomüll, Ernteabfälle und Schlachtabfälle, etc.) wird so ein homogener Brei mit folgenden Eigenschaften:

**[0005]** - die Zellulose wird freigelegt;

**[0006]** - das Lignin wird gelöst;

**[0007]** - die Hemizellulose wird aufgeschlossen;

**[0008]** - die Stärke wird verkleistert;

**[0009]** - Hefen, Schimmelpilze und andere störende Mikroorganismen werden abgetötet;

**[0010]** - das Substrat wird sterilisiert;

**[0011]** - die Faserstoffe werden destabilisiert.

**[0012]** Die "Steam-Explosion" übernimmt somit in einer Biogasanlage weitgehend die Verfahrensschritte Hydrolyse und Homogenisierung, so dass im Fermentationsreaktor nur mehr eine freie, reine Methangärung abläuft.

**[0013]** Das Resultat dieser Vorbehandlung ist eine erhöhte Substratausbeute mit verbesserter Produktqualität, im Falle einer Biogasanlage z.B. eine erhöhte Substratabbaurrate mit gesteigerter Gasproduktion und verbesserter Gasqualität. Typischer Weise steigt beispielsweise der spezifische Methangehalt ( $\text{CH}_4$ ) an, während der schädliche Gehalt an Schwefelwasserstoff ( $\text{H}_2\text{S}$ ) reduziert wird.

**[0014]** Die US 2003/0121851 A1 beschreibt ein Verfahren und eine Vorrichtung für die Behandlung biologisch abbaubarer organischer Abfälle. Bevor der organische Abfall der Thermodruckhydrolyse zugeführt wird, wird dem Substrat eine Lauge (KOH) zugeführt und das Substrat im Hydrolizer auf Temperaturen von 170° C bis 225° C und korrelierendem Dampfdruck unterworfen. Danach erfolgt eine Fest-/Flüssig-Separation. Das Substrat kann vor der Behandlung durch eine Dampfrückführung aus dem Hydrolizer vorgeheizt werden.

**[0015]** Ein sehr ähnliches Verfahren beschreibt die US 2008/0223793 A1, welche in Ergänzung zur oben zitierten US 2003/121851 ein Verfahren beschreibt, bei welchem die Abdampfbrüden kondensiert werden und zumindest zum Teil dem Rohsubstrat zugemischt werden. Durch die im Kondensat enthaltenen organischen Säuren soll eine Verbesserung des Hydrolyse-Grades erzielt werden.

**[0016]** Aus der WO 2008/011839 A2 ist beispielsweise eine Vorrichtung für die kontinuierliche und diskontinuierliche Hydrolyse organischer Substrate bekannt geworden. Die Anlage besteht im Wesentlichen aus einer Zerkleinerungseinrichtung für das inhomogene organische Substrat, aus welcher das Substrat in einen Zummessbehälter für den Hydrolizer gelangt. Nach der Behandlung des Substrates im Hydrolizer wird dieses in einer sogenannten "Overshooting Pipe" in einen Expandertank transportiert, aus welchem eine Abgasleitung zu einem Kondensator und eine Substratleitung zu einem Fermenter wegführen. Die Abgase werden einem Dampfkondensator zugeführt, der eine Wasserkühlung aufweist, wobei das dabei gewonnene Kondensat wieder in den Expandertank zurückgeführt wird. In der Substratleitung zum Fermenter ist ein Wärmetauscher angeordnet, dessen Abwärme über einen externen Wärmetauscherkreislauf zu einem als Vorheizvorrichtung ausgeführten Wärmetauscher führt, mit welchem das zugeführte Substrat im Bereich nach der Zerkleinerungseinrichtung erwärmt wird.

**[0017]** Gemäß einer weiteren Ausführungsvariante der WO 2008/011839 A2, die im kontinuierlichen Betrieb arbeitet, gelangt das organische Substrat nach der Zerkleinerungseinrichtung in einen Ausgleichstank und wird aus diesem mit einer Hochdruckpumpe kontinuierlich dem Hydrolizer zugeführt. Auch bei dieser Ausführungsvariante weist der Expandertank eine Abgasleitung auf, mit welcher der Heißdampf aus dem Expandertank einem Dampfkondensator mit externer Wasserkühlung zugeführt wird. Das entstehende Kondensat wird in den Expandertank rückgeführt.

**[0018]** Nachteilig bei den bekannten Einrichtungen und Verfahren ist, dass diese energetisch nicht optimiert sind und auch relativ komplex aufgebaut sind.

**[0019]** Aufgabe der Erfindung ist es, eine Vorrichtung zur kontinuierlichen oder diskontinuierlichen Hydrolyse von organischen Substraten energietechnisch zu optimieren, wobei die Anlage kompakt dimensioniert sein soll.

**[0020]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Entspannungseinrichtung stromabwärts einer Druckblende einen Dampfabscheider aufweist, wobei eine Einrichtung zur direkten Beaufschlagung der zugeführten organischen Substrate mit Heißdampf aus dem Dampfabscheider vorgesehen ist.

**[0021]** Aus den in der Thermodruckhydrolyse behandelten Substraten wird unmittelbar nach der Druckentspannung Heißdampf abgeschieden und zur Erhitzung der dem Hydrolyseverfahren zugeführten organischen Substraten eingesetzt wird. Der Heißdampf kann bevorzugt direkt in das zugeführte organische Substrat eingeblasen werden.

**[0022]** In einer bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung ist der Dampfabscheider als Zyklon ausgebildet und weist eine Dampfverteilereinheit, beispielsweise eine Düsenstockeinheit auf, die direkt im Vorlagetank für die organischen Substrate angeordnet ist.

**[0023]** Im Sinne einer weiteren Verbesserung des Energiemanagements der erfindungsgemäßen Vorrichtung weist die Beschickungseinrichtung zur Befüllung des Hydrolizers, die sogenannten "Blow Gun", eine Siebeinheit auf, welche zur Entwässerung des aus dem Vorlagetank zugeführten Substrates dient.

**[0024]** Die der Thermodruckhydrolyse zugeführten angemischten, organischen Substrate werden zuvor entwässert, so dass nur noch geringere Substratmengen auf das für die Thermodruckhydrolyse erforderliche Temperaturniveau gebracht werden müssen.

**[0025]** Die Erfindung wird im Folgenden anhand einer schematischen Zeichnung näher erläutert.

**[0026]** Die in Fig. 1 dargestellte Vorrichtung zur kontinuierlichen oder diskontinuierlichen Hydrolyse von organischen Substraten besteht im Wesentlichen aus folgenden Komponenten:

**[0027]** - einem Vorlagetank 1 zur Aufnahme flüssiger und fester organischer Substanzen mit einem Rührwerk 2 und einer Dampfverteilereinheit 3 (z.B. eine Düsenstockeinheit);

**[0028]** - einer Transferpumpstation 4 zur Entnahme der organischen Substrate aus dem Vorla-

getank 1;

**[0029]** - einer Beschickungseinrichtung 15 mit einer Siebeinheit 6 zur Entwässerung des aus dem Vorlagetank 1 zugeführten Substrates mit einer Beschickungsleitung 14 und einer ventilgesteuerten Verbindungsleitung 7 zum Hydrolizer 8;

**[0030]** - einem Hydrolizer 8 zur Durchführung der Thermodruckhydrolyse;

**[0031]** - einer Entspannungseinrichtung bestehend aus einer Druckblende 9, einem Dampfabscheider 10 (z.B. Zyklon) und einem Expanderrohr 11, welches in einen Expandertank 12 führt;

**[0032]** - einer Einrichtung 17 zur Abgasbeheizung des Hydrolizers 8;

**[0033]** - einem Expandertank 12 mit integriertem Wärmetauscher 13.

**[0034]** Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird festes S und/oder flüssiges Substrat L in hier nicht dargestellter Weise mit einer Förderschnecke oder Pumpe aus bekannten Lagerbehältnissen (z.B. Bunker, Pumpstation) in definierter Menge in den Vorlagetank 1 gefördert. Ein massives Rührwerk 2 mischt und homogenisiert die dickflüssige Masse (Trockensubstanzgehalt üblicherweise >25% bis zu 50%, jedoch auch außerhalb dieses Bereiches möglich). Bei zu trockenen Substraten wird Verdünnungswasser als Frischwasser, Brauchwasser oder Rezyklat R z.B. aus den nachgeschalteten Prozessen in definierter Menge zugegeben.

**[0035]** Ein trichterförmiger Boden des Vorlagetanks 1 mit Ablass ermöglicht die Separation von Schwerstoffen und Abführung in ein Sedimentlager SL.

**[0036]** Im Vorlagetank 1 ist eine Dampfverteilereinheit 3, z.B. als Düsenstock, für die Zufuhr von Heißdampf integriert, die eine direkte Beheizung des Substrates durch Eindüsen des Abdampfes aus dem Dampfabscheider 10 ermöglicht. Damit erfolgt eine sehr effektive Form der Wärmerückgewinnung im Gegensatz zu bekannten Anlagen, bei welchen der Abdampf aus dem Expandertank in Kondensationsanlagen durch Abkühlung kondensiert wird.

**[0037]** Der Vorlagetank 1 ist für eine Aufenthaltszeit dimensioniert (ca. 1 bis 10 Stunden), die einen ausreichenden Wärmeübergang sowie eine Verkleisterung bzw. ein Aufquellen der Substrate ermöglicht. Diese Zeitspanne kann für unterschiedliche Substrate variiert werden.

**[0038]** Erfindungsgemäß kann zusätzlich das vom Dampfabscheider 10 ausgehende Expanderrohr 11 durch den Vorlagetank 1 geführt sein und zur Abgabe von Kontakt-Abwärme an den Inhalt Vorlagetankes 1 ausgebildet sein.

**[0039]** Von Vorteil ist es dabei, wenn der Dampfabscheider bzw. der Zyklon 10 direkt über dem Vorlagetank 1 angeordnet ist und das im Wesentlichen senkrecht in den Vorlagetank 1 führende Expanderrohr 11 in etwa das Volumen einer Entnahmecharge aus dem Hydrolizer 8 aufweist. Über den Zeitraum eines Batch-Vorganges bleibt das abgelassene Heißmedium im Expanderrohr 11 und gibt Überschusswärme an das vom Rührwerk 2 über die Kontaktflächen des Expanderrohrs geführten Rohsubstrate ab.

**[0040]** Die dadurch erzielte Betriebstemperatur im Vorlagetank 1 beträgt etwa 70° C bis 90° C. Dadurch reduziert sich der Heizaufwand zum Erreichen des Betriebspunktes im Hydrolizer 8 (z.B. 180° C) beträchtlich.

**[0041]** Durch diese vorteilhafte Konstruktion entfallen sämtliche externe Wärmetauscher und Heiz/Kühlkreisläufe zur Vorwärmung der eingesetzten Rohsubstrate oder zur Abkühlung des hydrolisierten Substrates. Es kommt dadurch zu einer wesentlichen Vereinfachung des Systems und einer beträchtlichen Erhöhung der Energieeffizienz der Anlage.

**[0042]** Durch die erhöhte Temperatur im Vorlagetank 1 von ca. 70° C bis 90° C kann die Verweilzeit genutzt werden, um eine Vorhygenisierung des Substrates durchzuführen. Dadurch können bei Verarbeitung hygienisch bedenklicher Substrate die Mindestaufenthaltszeiten im Hydrolizer 8 weiter verkürzt werden, wodurch die Durchsatzleistung des Hydrolizers 8 erhöht wird.

**[0043]** Aus dem Vorlagetank 1 wird das erhitzte und optimal angemischte Substrat durch eine

Verdrängerpumpe 4 oder Förderschnecke zum Druckbehälter 5 der Beschickungseinrichtung 15 für den Hydrolizer 8 transportiert. Wird eine Förderschnecke als Transporteinrichtung eingesetzt, so kann durch den Einsatz einer Siebplatte 18 im Fördertrog der Schnecke bereits eine Vorentwässerung des Substrates im gewünschten Ausmaß erfolgen. Dadurch kann eine Reduktion der Menge des im Hydrolizer 8 zu behandelnden Materials erzielt werden. Die abgeschiedene Flüssigkeit läuft zurück in den Vorlagetank 1.

**[0044]** Der Druckbehälter 5 der Beschickungseinrichtung 15 ist mit einer Siebeinheit 6 ausgestattet, welche zur weiteren Entwässerung des aus dem Vorlagetank 1 zugeführten Substrates dient.

**[0045]** Erfindungsgemäß weist der Druckbehälter 5 neben einer ventilgesteuerten Beschickungsleitung 14 zum Hydrolizer 8 eine weitere ventilgesteuerte Verbindungsleitung 7 zur Herstellung eines Temperatur- und Druckausgleiches mit dem Hydrolizer 8 auf.

**[0046]** Der Druckbehälter 5 ist als sogenannte "Blow Gun" ausgeführt, d.h. der Behälter wird nach der Befüllung einer Charge nach außen druckdicht verschlossen, mit erhöhtem Systemdruck beaufschlagt und unter Ausnutzung dieses Überdruckes in den Hydrolizer 8 überführt. Die Druckerhöhung im Behälter 5 erfolgt durch Druckausgleich mit dem Hydrolizer über die ventilgesteuerte Verbindungsleitung 7 vor dem Ablass einer Substratcharge. Gleichzeitig mit dem Druckausgleich erfolgt auch eine Aufheizung des Rohsubstrates im Behälter 5 durch Angleichung an die Temperatur im Hydrolizer 8.

**[0047]** Durch die Integration einer Siebeinheit 6 im Druckbehälter 5 ist es möglich, den Behälterüberdruck zu nutzen, um überschüssiges, freies Wasser aus grobem Substrat (wie z.B. Stroh) zu entfernen. Dadurch reduziert sich der dem Hydrolizer zugeführte Massenstrom, so dass die zur Aufheizung erforderliche Energiemenge weiter reduziert werden kann.

**[0048]** Erfindungsgemäß kann ausgehend vom Druckbehälter 5 eine zum Vorlagetank 1 führende Rezirkulationsleitung 16 für das in der Siebeinheit 6 abgepresste Flüssigsubstrat vorgesehen sein. Das Drainagewasser kann somit direkt oder nach Vermischung mit anderen Substraten dem weiteren Produktionsprozess zugeführt werden.

**[0049]** Erfindungsgemäß kann weiters die Rezirkulationsleitung 16 über einen im Expandertank 12 integrierten Wärmetauscher 13 geführt sein. Der Inhalt des Expandertankes 12 wird dadurch gekühlt, und gleichzeitig nimmt das durch den Wärmetauscher 13 geführte Rezyklat Wärmeenergie auf.

**[0050]** Nach der Befüllung des Hydrolizers 8 aus dem Druckbehälter 5 verläuft der Hydrolisierungsprozess durch Aufheizung und Druckerhöhung über eine bestimmte Verweildauer von beispielsweise 10 bis 60 min. Im Anschluss wird ein definiertes Volumen durch den Systemüberdruck ausgeschleust und durch die spontane Entspannung an der Druckblende 9 desintegriert.

**[0051]** Das nunmehr nahezu vollständig verflüssigte Substrat gelangt in den Zyklon 10, wobei der Gasanteil abgeschieden wird und der flüssige Anteil nach unten in das Expanderrohr 11 fließt, das einen für den Wärmeübergang optimierten geometrischen Querschnitt (rund, elliptisch oder vieleckig) aufweist. Der Zyklon 10 kann in kompakter Weise direkt oberhalb des Vorlagetankes 1 angeordnet sein, so dass das Ablaufrohr für das flüssige Substrat direkt durch den Vorlagetank führt.

**[0052]** Das Expanderrohr 11 führt dann aus dem Vorlagetank 1 seitlich heraus in den Expandertank 12, aus welchem das Substrat beispielsweise einem Fermenter F einer Biogasanlage zugeführt wird.

**[0053]** Die Beheizung des Hydrolizers 8 erfolgt üblicherweise durch Dampf, Thermoöl oder einen Gasbrenner. Im Falle einer Kombination der Thermodruckhydrolyse mit einer Biogasanlage mit Co-Generation (Erzeugung von Elektrizität und Abwärme durch ein Blockheizkraftwerk BHKW oder eine Mikroturbine) als typischer Anlagenkonfiguration kann eine Einrichtung 17 zur Zufuhr heißer Abgase der Co-Generation zur Direktbeheizung des Hydrolizers 8 verwendet

werden.

**[0054]** Vorteilhaft ist dabei eine Betriebsweise des Hydrolizers 8, bei der nur ein klein-volumiger Chargenaustausch durch die Beschickungseinrichtung 15 stattfindet, und damit eine Vergleichmäßigung der erforderlichen Heizleistung gewährleistet ist.

**[0055]** Diese Betriebsweise führt zu einer weiteren energetischen Systemoptimierung.

### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur kontinuierlichen oder diskontinuierlichen Hydrolyse von organischen Substraten, insbesondere von pflanzlichen und tierischen Abfällen, mit einem Vorlagetank (1) zur Aufnahme fester und flüssiger organischer Substanzen, mit einer Beschickungseinrichtung (15) zur Befüllung eines Hydrolizers (8) mit den Substraten aus dem Vorlagetank (1), sowie mit einer Entspannungseinrichtung samt Expandertank (12) zur Druckentspannung der Substrate nach der Behandlung im Hydrolizer (8), **dadurch gekennzeichnet**, dass die Entspannungseinrichtung stromabwärts einer Druckblende (9) einen Dampfabscheider (10) aufweist, wobei eine Einrichtung zur direkten Beaufschlagung der zugeführten organischen Substrate mit Heißdampf aus dem Dampfabscheider (10) vorgesehen ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Dampfabscheider als Zyklon (10) ausgebildet ist und eine Dampfverteilereinheit (3), beispielsweise eine Düsenstockeinheit, aufweist, die direkt im Vorlagetank (1) für die organischen Substrate angeordnet ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein vom Dampfabscheider (10) ausgehendes Expanderrohr (11) durch den Vorlagetank (1) geführt ist und zur Abgabe von Kontakt-Abwärme an den Inhalt des Vorlagetanks (1) ausgebildet ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Dampfabscheider (10) direkt über dem Vorlagetank (1) angeordnet ist und das im Wesentlichen senkrecht in den Vorlagetank (1) führende Expanderrohr (11) in etwa das Volumen einer Entnahmekarge aus dem Hydrolizer (8) aufweist.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Vorlagetank (1) ein Rührwerk (2) angeordnet ist.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Beschickungseinrichtung (15) zur Befüllung des Hydrolizers (8) einen Druckbehälter (5) mit einer Siebeinheit (6) aufweist, welche zur Entwässerung des aus dem Vorlagetank (1) zugeführten Substrates dient.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Druckbehälter (5) der Beschickungseinrichtung (15) neben einer ventilgesteuerten Beschickungsleitung (14) zum Hydrolizer (8) eine weitere ventilgesteuerte Verbindungsleitung (7) zur Herstellung eines Temperatur- und Druckausgleichs mit dem Hydrolizer (8) aufweist.
8. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass ausgehend vom Druckbehälter (5) eine zum Vorlagetank (1) führende Rezirkulationsleitung (16) für das in der Siebeinheit (6) abgepresste Flüssigsubstrat vorgesehen ist.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Rezirkulationsleitung (16) über einen im Expandertank (12) integrierten Wärmetauscher (13) geführt ist.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass diese Teil einer Biogasanlage mit einem Blockheizkraftwerk ist, wobei eine Einrichtung (17) zur Zufuhr heißer Abgase des Blockheizkraftwerks zur Beheizung des Hydrolizers (8) vorgesehen ist.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

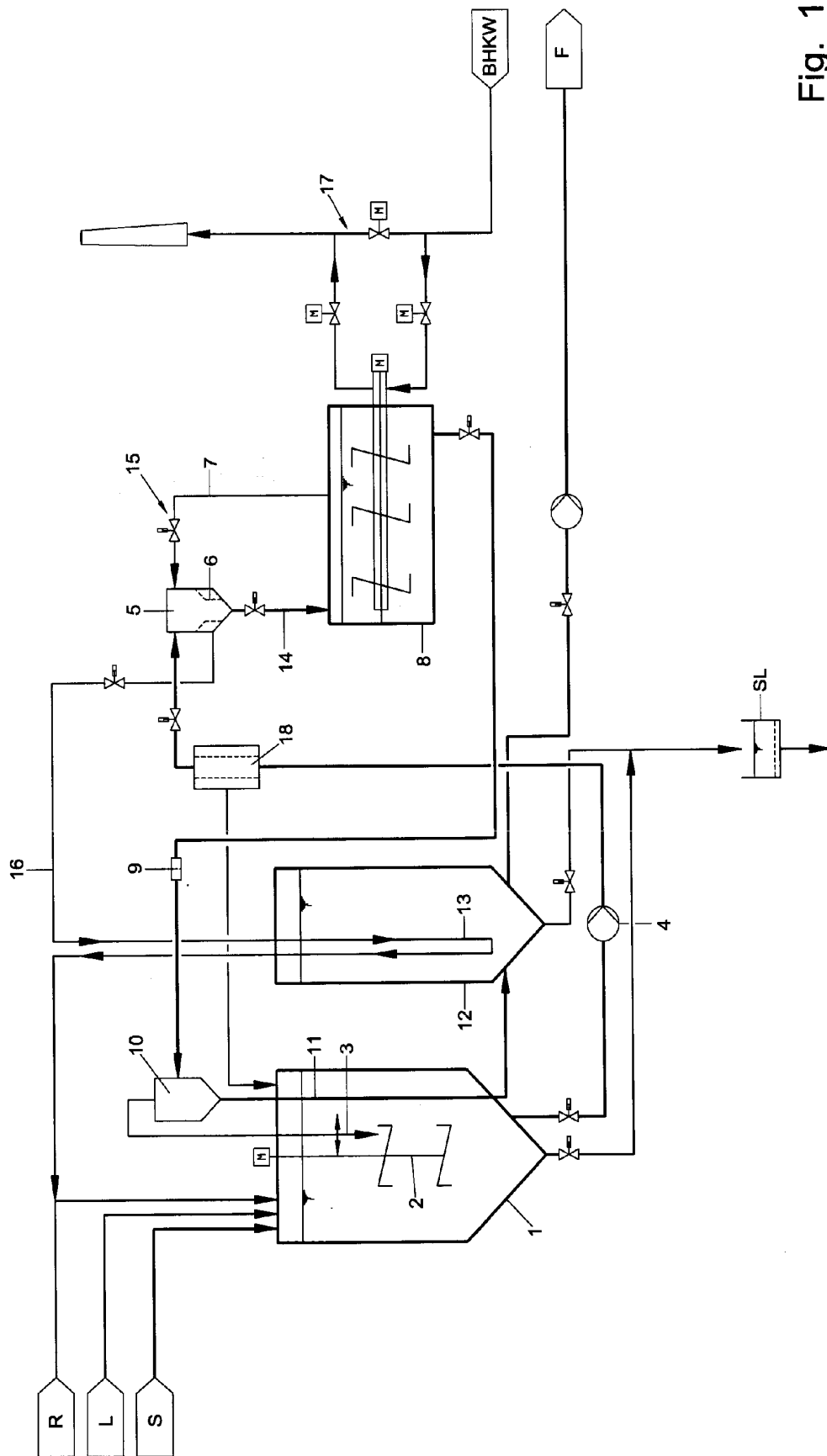


Fig. 1