



(11) **EP 2 808 377 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
03.12.2014 Patentblatt 2014/49

(51) Int Cl.:
C10J 3/00 (2006.01) **C10J 3/66** (2006.01)
C10J 3/74 (2006.01) **C10J 3/32** (2006.01)
C10J 3/34 (2006.01) **C10K 1/00** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **14450028.7**

(22) Anmeldetag: **27.05.2014**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(72) Erfinder:
• **Timmerer, Helmut Ludwig**
9431 Wolfsberg (AT)
• **Haselbacher, Peter**
8010 Graz (AT)

(30) Priorität: **31.05.2013 AT 4452013**

(74) Vertreter: **Gibler & Poth Patentanwälte OG**
Dorotheergasse 7/14
1010 Wien (AT)

(71) Anmelder: **Cleanstgas GmbH**
8321 St. Margarethen/Raab (AT)

(54) **Anlage zum Vergasen von stückigen Brennstoffen**

(57) Bei einer Anlage (1) zum Vergasen von stückigen Brennstoffen mit einem Pyrolysereaktor (2) und einem Gasmotor (6), wird vorgeschlagen, dass ein Abgas-Ausgang (65) des Gasmotors (6) mit einem Eingang (71) einer Nachverbrennungsbrennkammer (7) verbunden ist, und dass ein Abgas-Ausgang (75) der Nachverbrennungsbrennkammer (7) mit wenigstens einem Heizgas-Eingang (23) des Pyrolysereaktors (2) verbunden ist.

einer Nachverbrennungsbrennkammer (7) verbunden ist, und dass ein Abgas-Ausgang (75) der Nachverbrennungsbrennkammer (7) mit wenigstens einem Heizgas-Eingang (23) des Pyrolysereaktors (2) verbunden ist.

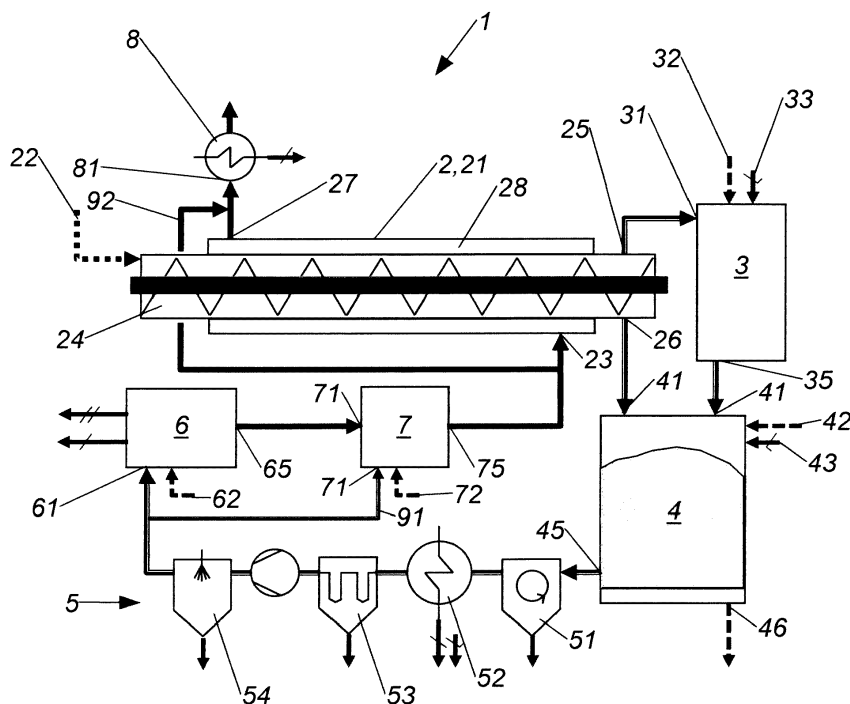


Fig. 1

EP 2 808 377 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Anlage zum Vergasen von stückigen Brennstoffen gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

[0002] Bei bekannten Anlagen zum Vergasen von stückigen Brennstoffen mit einem Pyrolysereaktor und einem Gasmotor können auf einfache Weise Nutzwärme und Nutzenergie im Sinne einer Kraft-Wärme-Kopplung bereitgestellt werden.

[0003] Aufgabe der Erfindung ist es eine Anlage zum Vergasen von stückigen Brennstoffen der eingangs genannten Art anzugeben, mit welcher ein hoher Wirkungsgrad erreichbar ist.

[0004] Erfindungsgemäß wird dies durch die Merkmale des Patentanspruches 1 erreicht.

[0005] Dadurch ergibt sich der Vorteil, dass ein hoher Wirkungsgrad erreicht werden kann, da durch die externe Wärmezufuhr mit hoher Temperatur während der Pyrolyse diese effizient erfolgen kann und eine Teilverbrennung des Brennstoffes minimiert werden kann. Vergasungsanlagen weisen weiters oftmals einen hohen Kohlenmonoxidanteil im Produktgas auf. Durch die Spülverluste des Gasmotors kann es zu einer erhöhten Kohlenmonoxidkonzentration im Abgas des Gasmotors kommen. Durch die Nachverbrennungsbrennkammer kann eine weitgehend vollständige Verbrennung des Abgas-schadstoffes Kohlenmonoxids sichergestellt werden.

[0006] Weiters betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Vergasen von stückigen Brennstoffen gemäß dem Patentanspruch 11.

[0007] Aufgabe der Erfindung ist es weiters ein Verfahren zum Vergasen von stückigen Brennstoffen der eingangs genannten Art anzugeben, mit welcher ein hoher Wirkungsgrad erreichbar ist.

[0008] Erfindungsgemäß wird dies durch die Merkmale des Patentanspruches 11 erreicht.

[0009] Dadurch ergeben sich die vorstehend genannten Vorteile.

[0010] Die Unteransprüche betreffen weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung.

[0011] Ausdrücklich wird hiermit auf den Wortlaut der Patentansprüche Bezug genommen, wodurch die Ansprüche an dieser Stelle durch Bezugnahme in die Beschreibung eingefügt sind und als wörtlich wiedergegeben gelten.

[0012] Die Erfindung wird unter Bezugnahme auf die beigeschlossenen Zeichnungen, in welchen lediglich bevorzugte Ausführungsformen beispielhaft dargestellt sind, näher beschrieben. Dabei zeigen:

Fig. 1 bis 3 zeigen schematische Darstellungen dreier bevorzugter Ausführungsformen einer Anlage zum Vergasen von stückigen Brennstoffen.

[0013] Die Fig. 1 bis 3 zeigen unterschiedliche Ausführungsformen einer Anlage 1 zum Vergasen von stückigen Brennstoffen mit einem Pyrolysereaktor 2 und einem

Gasmotor 6. Die stückigen Brennstoffe können insbesondere biogene Brennstoffe, insbesondere Holz oder halmgutartige Stoffe, sein. Der Pyrolysereaktor 2 dient zur Pyrolyse des stückigen Brennstoffes.

5 [0014] In den schematischen Darstellungen in den Fig. 1 bis 3 wird der Fluss des stückigen Brennstoffes sowie dessen Erzeugnisse mittels durchgezogenen Pfeilen dargestellt. Ein strichlinierter Pfeil stellt in den meisten Fällen eine Luftzufuhr dar. Eine Abfuhr von Nutzwärme wird mit einem einfach durchgestrichenen Pfeil dargestellt. Eine Abfuhr oder Zufuhr von Dampf wird mit einem hakenförmig durchgestrichenen Pfeil dargestellt. Ein doppelt durchgestrichener Pfeil stellt eine Abgabe von elektrischer Energie dar.

10 [0015] Der Pyrolysereaktor 2 kann besonders bevorzugt als Doppelmantel-Pyrolysereaktor 21 ausgebildet sein, welcher eine Pyrolysekammer 24 und eine Außenkammer 28 aufweist. Die Pyrolysekammer 24 kann insbesondere rohrförmig sein und an einem Ende eine Brennstoffzufuhr 22 aufweisen, welche zur Bestückung der Pyrolysekammer 24 mit dem stückigen Brennstoff vorgesehen ist. Weiters kann vorgesehen sein, dass in der Pyrolysekammer 24 eine Förderschnecke zum Weitertransport des stückigen Brenngutes angeordnet ist. 25 Die Außenkammer 28 ist vorzugsweise zumindest teilweise um die Pyrolysekammer 24 angeordnet. Die Außenkammer 28 dient zur Heizung der Pyrolysekammer 24, insbesondere durch die Aufnahme eines Heizgases. Hierbei kann die Erhitzung des stückigen Brenngutes in der Pyrolysekammer 24 indirekt erfolgen. 30

[0016] Vorgesehen ist, dass ein Abgas-Ausgang 65 des Gasmotors 6 mit einem Eingang 71 einer Nachverbrennungsbrennkammer 7 verbunden ist. In der Nachverbrennungsbrennkammer 7 wird die Temperatur des Abgases des Gasmotors 6 erhöht. Dabei werden auch unvollständig verbrannte Anteile des Abgases vollständig verbrannt. Die Nachverbrennungsbrennkammer 7 kann insbesondere einen Brenner, besonders bevorzugt einen Gasbrenner, umfassen, wobei durch den Brenner die Wärmezufuhr in die Nachverbrennungsbrennkammer 7 erfolgt. Der Brenner kann je nach Art des verwendeten Brennstoffes in der Nachverbrennungsbrennkammer 7 als Gasbrenner, Flüssigkeitsbrenner oder Feststoffbrenner ausgebildet sein. Ein Abgas-Ausgang 75 der Nachverbrennungsbrennkammer 7 ist mit wenigstens einem Heizgas-Eingang 23 des Pyrolysereaktors 2 verbunden. Dabei wird die Wärme des Abgases der Nachverbrennungsbrennkammer 7 für die Pyrolyse in dem Pyrolysereaktor 2 verwendet. Hierbei kann durch 40 die erhöhte Temperatur des Heizgases aus der Nachverbrennungsbrennkammer 7 im Vergleich zu der Temperatur des Abgases aus dem Gasmotor 6 der Pyrolyseprozess verbessert werden. Weiters kann dadurch der Durchsatz des stückigen Brenngutes durch den Pyrolysereaktor 2 erhöht werden. 45 50

[0017] Weiters ist ein Verfahren zum Vergasen von stückigen Brennstoffen vorgesehen, wobei die stückigen Brennstoffe in dem Pyrolysereaktor 2 einer Pyrolyse un-

terzogen und anschließend zu einem Produktgas vergast wird, wobei das von dem Vergasen gebildete Produktgas dem Gasmotor 6 zugeführt wird, wobei Abgase des Gasmotors 6 in die Nachverbrennungsbrennkammer 7 geführt und dort erhitzt werden, und wobei Abgase der Nachverbrennungsbrennkammer 7 in den Pyrolysereaktor 2 geführt werden. Das Produktgas kann hierbei ein brennbares Gas sein, dessen wesentlichen brennbaren Bestandteile Kohlenmonoxid und Wasserstoff sind. Der Kohlenmonoxidanteil im Produktgas kann hierbei insbesondere zwischen 15% und 40% betragen.

[0018] Der Gasmotor 6 kann insbesondere zur Erzeugung von elektrischem Strom und Nutzwärme sein. Hierbei kann der Gasmotor 6 insbesondere einen Lufteingang 62 aufweisen, über welchen Luft oder ein anderes sauerstoffhaltiges Gas in dem Gasmotor 6 zusammen mit dem Produktgas verbrennen kann. Zum Zwecke der Knappheit wird jedes sauerstoffhaltige Gas in Folge als Luft bezeichnet.

[0019] Hierbei kann insbesondere vorgesehen sein, dass die Abgase des Gasmotors 6 in der Nachverbrennungsbrennkammer 7 auf eine Temperatur größer als 800°C erhitzt werden. Hierbei kann das Heizgas für den Pyrolysereaktor 2 eine Anfangstemperatur aufweisen, welche größer als 800°C ist, insbesondere zwischen 800°C und 950°C ist. Hierbei haben die Abgase des Gasmotors 6 üblicherweise eine Temperatur von ungefähr 600°C. Weiters kann vorgesehen sein, dass die Abgase des Gasmotors 6 durch die Nachverbrennungsbrennkammer 7 um mindestens 200°C erhitzt werden.

[0020] Bei der Pyrolyse des stückigen Brennstoffes wird vorzugsweise aus dem stückigen Brennstoff ein Pyrolysegas, ein Pyrolysekoks und ein Pyrolyseöl erzeugt. Die Pyrolyse bezeichnet hierbei die thermische Spaltung chemischer Verbindungen unter Sauerstoffmangel. Der Pyrolysereaktor 2 kann insbesondere frei von einer Luftzufuhr sein. Das Verhältnis dieser Pyrolyseerzeugnisse hängt hierbei in der Regel von der Beschaffenheit des stückigen Brennstoffes und den Prozessparametern der Pyrolyse ab.

[0021] Insbesondere kann vorgesehen sein, dass ein Pyrolysegas-Ausgang 25 des Pyrolysereaktors 2 mit einem Eingang 31 einer Oxidationskammer 3 verbunden ist und ein Koks-Ausgang 26 des Pyrolysereaktors 2 ist mit einem Eingang 41 eines Reduktionsofens 4 verbunden. Dabei wird eine gestufte Vergasung der festen Brennstoffe bereitgestellt, wobei eine getrennte Optimierung der einzelnen Verfahrensschritte erfolgen kann.

[0022] Hierbei kann vorgesehen sein, dass das Pyrolysegas aus dem Pyrolysereaktor 2 in einer Oxidationskammer 3 partiell oxidiert wird, und dass aus einem Pyrolysekoks des Pyrolysereaktors 2 in dem Reduktionsofen 4 das Produktgas gewonnen wird.

[0023] Die Oxidationskammer 3 kann einen Lufteingang 32 und einen Dampfeingang 33 aufweisen, durch welche Luft und Wasserdampf in die Oxidationskammer 3 gelangen und dort mit dem Pyrolysegas reagieren können. Die Oxidationskammer 3 kann insbesondere eine

Temperatur von, ungefähr 1050°C aufweisen. Durch die partielle Oxidation des Pyrolysegas in der Oxidationskammer 3 kann ein Oxidationserzeugnis der partiellen Oxidation gewonnen werden.

[0024] Weiters kann vorgesehen sein, dass die Oxidationskammer 3 einen Oxidationserzeugnis-Ausgang 35 aufweist, und dass der Oxidationserzeugnis-Ausgang 35 der Oxidationskammer 3 mit dem Eingang 41 des Reduktionsofens 4 verbunden ist. Hierbei kann das Oxidationserzeugnis der Oxidationskammer 3 in dem Reduktionsofen 4 weiterverarbeitet werden.

[0025] Der Reduktionsofen 4 kann einen Lufteingang 42 und einen Dampfeingang 43 aufweisen, durch welche Luft und Wasserdampf in den Reduktionsofen 4 gelangen und mit dem Pyrolysekoks reagieren können. Bei der Reduktion in dem Reduktionsofen 4 wird aus dem Pyrolysekoks und dem Oxidationserzeugnisse das Produktgas gewonnen. Bei der Reduktion fällt weiters eine Asche an, welche über einen Asche-Ausgang 46 aus dem Reduktionsofen 4 ausgeschieden werden kann.

[0026] Besonders bevorzugt kann vorgesehen sein, dass der Reduktionsofen 4 einer Reduktionszone und eine - in Betriebslage gesehen - unterhalb der Reduktionszone angeordnete Nachverbrennungszone aufweist, und dass zwischen der Reduktionszone und der Nachverbrennungszone ein Gassammelraum angeordnet ist. Die Reduktion des Pyrolysekoks wird in der Reduktionszone durchgeführt, wobei das Pyrolysekoks hierbei als Schüttung vorliegt. Die Nachverbrennungszone dient zur Nachverbrennung der Asche aus der Reduktionszone und zur Reduktion des Kohlenstoffanteils in der Asche, um die Kaltgaseffizienz weiter zu erhöhen. Der Gassammelraum 4 dient zur Aufnahme und Weiterleitung des in der Reduktionszone und in der Nachverbrennungszone anfallenden Produktgases, wodurch die Reduktionszone und die Nachverbrennungszone prozesstechnisch getrennt werden können, da das Produktgas der Reduktionszone nicht mehr durch die Nachverbrennungszone geführt wird und umgekehrt. Durch diese prozesstechnische Trennung können die Reduktionszone und die Nachverbrennungszone unabhängig voneinander für die jeweilige Aufgabe optimiert werden. Hierbei können beispielsweise die Temperatur, die Verweilzeit und der Grad der Turbulenz des Gasstromes an die verfahrenstechnischen Erfordernisse der Reduktion und der Nachverbrennung angepasst werden.

[0027] Bevorzugt kann vorgesehen sein, dass die Reduktionszone zumindest bereichsweise von einer ringförmigen Gasumlenkkammer umgeben ist, und dass die Gasumlenkkammer den Gassammelraum 4 mit einer Gasaustrittsöffnung verbindet.

[0028] In der Gasumlenkkammer wird das aus der Reduktionszone austretende Produktgas, insbesondere nach oben hin, umgelenkt, wodurch feste Teilchen sich aus dem Produktgasstrom absetzen können.

[0029] Besonders bevorzugt kann vorgesehen sein, dass Nachverbrennungszone mehrere übereinander angeordnete Ascherost-Teller mit einer Umwälz- und Ab-

streifeinrichtung umfasst. Hierdurch kann die Asche auf einer großen Fläche zur Nachverbrennung aufgelegt werden, wobei eine ständige Umwälzung erfolgen kann, wobei die zur Nachverbrennung zur Verfügung stehende Oberfläche der Asche stets erneuert wird. Weiters kann hierbei die Asche stufenweise nachverbrannt werden, wobei beispielsweise der Sauerstoffgehalt des zugeführten Gases in der Nachverbrennungszone dem Abbrandgrad der Asche angepasst werden kann.

[0030] Besonders bevorzugt kann vorgesehen sein, dass ein Boden der Reduktionszone von einem Reduktionsrost gebildet ist und dass der Reduktionsrost mit einer zentralen Verdrängervorrichtung wirkverbunden ist. Hierbei kann die Verdrängervorrichtung insbesondere am Reduktionsrost befestigt sein. Der Reduktionsrost bildet hierbei vorzugsweise einen für das Reduktionsgut undurchdringbare Auflagefläche. Die Verdrängervorrichtung ist besonders bevorzugt derart ausgebildet, dass das feste Reduktionsgut von der Mitte des Bodens der Reduktionszone ferngehalten wird, da dieser Bereich eine Totzone für den Feststofftransport und für die Gas-Feststoff-Reaktionen, also eine Reduktionstotzone, bildet.

[0031] Besonders bevorzugt kann vorgesehen sein, dass die Verdrängervorrichtung einen sich von dem Reduktionsrost ausgehend verbreiternden ersten Abschnitt und einen auf den ersten Abschnitt aufgesetzten zweiten Abschnitt aufweist, und dass der zweite Abschnitt als Verdrängerkegel ausgebildet ist. Hierbei wird durch den zweiten Abschnitt in der Richtung, in welcher das stückige Reduktionsgut in die Reduktionszone durchwandert, ein Querschnitt der Reduktionszone zunächst verengt, um sich dann anschließend wieder zu erweitern. Hierdurch kann eine lockere Schüttung im an den ersten Abschnitt angrenzenden Bereich der Reduktionszone ausgebildet werden.

[0032] Weiters kann vorgesehen sein, dass die Verdrängervorrichtung Rührarme aufweist. Durch die Rührarme kann eine stetige Bewegung sowie eine mechanische Zerkleinerung des Reduktionsgutes erreicht werden.

[0033] Besonders bevorzugt kann vorgesehen sein, dass die Rührarme in einem Bereich des größten Durchmessers der Verdrängervorrichtung angeordnet sind. Der Bereich des größten Durchmessers der Verdrängervorrichtung kann insbesondere der Übergang von dem ersten Abschnitt zu dem zweiten Abschnitt sein. Hierbei kann die Wahrscheinlichkeit der Bildung einer Verblockung oder einer Brückenbildung effektiv entgegengewirkt werden, da diese im Bereich der Querschnittseinnengung am größten ist.

[0034] Weiters kann vorzugsweise vorgesehen sein, dass die Verdrängervorrichtung im Bereich angrenzend an den Reduktionsrost Gasdurchtrittsöffnungen aufweist. Hierdurch kann die Reduktionstotzone weiter reduziert werden, da der Abzug des Produktgases über die in der Mitte angeordnete Verdrängervorrichtung erfolgen kann.

[0035] Besonders bevorzugt ist vorgesehen, dass ein Produktgas-Ausgang 45 des Reduktionsofens 4 mit einem Eingang 61 des Gasmotors 6 verbunden ist. Das mit dem Reduktionsofen 4 erzeugte Produktgas wird zumindest teilweise dem Gasmotor 6 zugeführt und von diesem verwertet. Diese Verwertung kann im Sinne einer Kraft-Wärme-Kopplung in der Bereitstellung von Strom und Nutzwärme durch die Verbrennung des Produktgases liegen.

[0036] Wie in den bevorzugten Ausführungsformen in den Fig. 1 bis 3 gezeigt kann insbesondere vorgesehen sein, dass zwischen dem Produktgas-Ausgang 45 des Reduktionsofens 4 und dem Eingang 61 des Gasmotors 6 eine Gasaufbereitungseinrichtung 5 zwischengeschaltet sein kann. Durch die Gasaufbereitungseinrichtung 5 kann sichergestellt werden, dass den Betrieb des Gasmotors 6 störende Bestandteile des von dem Reduktionsofen 4 erzeugten Produktgases entfernt werden. Hierbei kann das Produktgas aus dem Reduktionsofen 4 gereinigt und abgekühlt werden.

[0037] Bevorzugt kann vorgesehen sein, dass die Gasaufbereitungseinrichtung 5 einen Zyklon 51 aufweist, welcher Zyklon 51 eine Grobentstaubung des Produktgases durchführt.

[0038] Weiters kann vorgesehen sein, dass die Gasaufbereitungseinrichtung 5 einen Abhitzekegel 52 aufweist, wobei der Abhitzekegel 52 aus der Abwärme des Produktgases Nutzwärme und/oder Dampf gewinnt. Das Produktgas kann hierbei auf ungefähr 100°C herabgekühlt werden.

[0039] Weiters kann vorgesehen sein, dass die Gasaufbereitungseinrichtung 5 eine Entstaubungsvorrichtung 53 aufweist, wobei die Entstaubungsvorrichtung 53 insbesondere einen Gewebefilter aufweisen kann, mit welchem eine Feinentstaubung des Produktgases durchgeführt wird.

[0040] Bevorzugt kann vorgesehen sein, dass die Gasaufbereitungseinrichtung 5 eine Gaskonditionierungseinrichtung 54 aufweist. In der Gaskonditionierungseinrichtung 54 kann hierbei Wasser eingespritzt werden, wobei das Produktgas mittels Kondensieren getrocknet und weiters abgekühlt wird. Hierbei kann das Produktgas insbesondere von Ammoniak und anderen Schadstoffen weitgehend befreit werden.

[0041] Besonders bevorzugt kann vorgesehen sein, dass zwischen dem Produktgas-Ausgang 45 des Reduktionsofens 4 und dem Eingang 61 des Gasmotors 6 eine Bypassleitung 91 zu dem Eingang 71 der Nachverbrennungsbrennkammer 7 geführt ist. Die Bypassleitung 91 kann hierbei direkt in dem Brenner der Nachverbrennungsbrennkammer 7 münden, wobei die Bypassleitung 91 als Brenngasversorgung für den Brenner der Nachverbrennungsbrennkammer 7 ausgebildet sein kann. Der Brenner der Nachverbrennungsbrennkammer 7 kann mit dem von dem Reduktionsofen 4 erzeugten Produktgas betrieben werden, wodurch auf weitere Energiequellen neben den dem Pyrolysereaktor 2 zugeführten festen Brennstoffen weitgehend verzichtet werden kann.

[0042] Vorzugsweise wird die Bypassleitung 91 nach der Gasaufbereitungseinrichtung 5 abgezweigt, wobei auch der Nachverbrennungsbrennkammer 7 das gereinigte Produktgas zugeführt wird, und dort vorzugsweise in dem Brenner verbrannt wird. Hierbei kann insbesondere das Produktgas als Brenngas für den Brenner der Nachverbrennungsbrennkammer 7 verwendet werden.

[0043] Dabei kann in der Nachverbrennungsbrennkammer 7 gegebenenfalls ein Verfahrenszustand aufrecht erhalten werden, der die Verbrennung von unvollständig verbrannten Anteilen des Abgases des Gasmotors 6 sicherstellt.

[0044] Die Nachverbrennungsbrennkammer 7 kann einen Lufteingang 72 aufweisen, durch welchen Verbrennungsluft in die Nachverbrennungsbrennkammer 7 gelangen kann. Der Lufteingang 72 kann insbesondere direkt im Brenner der Nachverbrennungsbrennkammer 7 münden.

[0045] Weiters kann vorgesehen sein, dass in der Nachverbrennungsbrennkammer 7 wahlweise das Produktgas oder ein Fremdgas verbrannt wird. Hierbei kann insbesondere im Brenner eine direkte Verbrennung von Luft mit Produktgas oder Fremdgas erfolgen. Das Fremdgas kann ein weiteres brennbares Gas sein, welches einen höheren Brennwert aufweist als das Produktgas. Das Brenngas kann insbesondere Erdgas oder Flüssiggas enthalten. Hierbei kann die Nachverbrennungsbrennkammer 7 einen zusätzlichen Fremdgas-Eingang aufweisen, wobei wahlweise zwischen einer Beschickung mit dem Produktgas, dem Fremdgas oder einer Mischung der beiden umgeschaltet werden kann. Das Fremdgas kann hierbei insbesondere in einer Startphase des Verfahrens eingesetzt werden, wobei in einem Regelbetrieb hauptsächlich Produktgas für die Verbrennung in der Nachverbrennungsbrennkammer 7 verwendet wird.

[0046] Insbesondere kann vorgesehen sein, dass der Brenner der Nachverbrennungsbrennkammer 7 zu der Nachverbrennungsbrennkammer 7 hin offen ist. Hierbei können sich die heißen Abgase des Brenners mit den Abgasen von dem Gasmotor 6 vermischen und gemeinsam durch den Abgas-Ausgang der Nachverbrennungsbrennkammer 7 diese verlassen.

[0047] Wenigstens ein Heizgas-Ausgang 27 des Pyrolysereaktors 2 kann mit einem ersten Eingang 81 eines Wärmetauschers 8 verbunden sein. Mit dem Wärmetauscher 8 kann zumindest ein Teil der nach dem Pyrolysereaktor 2 in dem Heizgas verbleibenden Abwärme genutzt werden.

[0048] Der Abgas-Ausgang 75 der Nachverbrennungsbrennkammer 7 kann über eine Abgas-Bypassleitung 92 direkt mit dem ersten Eingang 81 des Wärmetauschers 8 verbunden sein. Durch die Abgas-Bypassleitung 92 kann die dem Pyrolysereaktor 2 zugeführte Wärmemenge geregelt werden, wobei überschüssige Wärme über die Abgas-Bypassleitung 92 an dem Pyrolysereaktor 2 vorbeigeleitet wird. Dabei kann eine besonders einfache Regelung mit einer kurzen Reaktionszeit

der bereitgestellten Wärmemenge sichergestellt werden.

[0049] Wie in der bevorzugten Ausführungsform in Fig. 3 dargestellt, kann insbesondere zwischen dem Abgas-Ausgang 65 des Gasmotors 6 und dem Eingang 71 der Nachverbrennungsbrennkammer 7 eine Abgasreinigungseinrichtung 69 zwischengeschaltet sein. Die Abgasreinigungseinrichtung 69 kann insbesondere zur Minimierung von Stickoxiden ausgebildet sein.

[0050] Hierbei kann vorgesehen sein, dass vor der Nachverbrennungsbrennkammer 7 aus dem Abgas des Gasmotors 6 in der Abgasreinigungsanlage 69 Stickoxide entfernt werden.

[0051] Als günstig hat sich herausgestellt, wenn der Pyrolysereaktor 2 als Doppelmantel-Pyrolysereaktor 21 mit einer Außenkammer 28 ausgebildet ist. Dabei kann der wenigstens eine Heizgas-Eingang 23 des Pyrolysereaktors 2 mit der Außenkammer 28 des Doppelmantel-Pyrolysereaktors 21 verbunden sein.

[0052] Ein besonderes hoher Wirkungsgrad kann erreicht werden, wenn die Außenkammer 28 - in Längsrichtung des Doppelmantel-Pyrolysereaktors 21 gesehen - zumindest zwei hintereinander angeordnete und parallel beaufschlagte Heizkammern 29 aufweist. Ein derartiger Pyrolysereaktor ist in Fig. 2 und Fig. 3 dargestellt.

[0053] Durch die geteilt ausgeführte Außenkammer 28 kann der Fluss des Heizgases geteilt werden und für verschiedene Zonen der Pyrolysekammer 24 unterschiedliche Temperaturen erreicht werden. Hierbei kann weiters der Wärmeübertrag im Pyrolysereaktor bei gleichzeitiger Verringerung des Heizgasstromdruckverlustes erhöht werden.

Patentansprüche

1. Anlage (1) zum Vergasen von stückigen Brennstoffen mit einem Pyrolysereaktor (2) und einem Gasmotor (6), **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Abgas-Ausgang (65) des Gasmotors (6) mit einem Eingang (71) einer Nachverbrennungsbrennkammer (7) verbunden ist, und dass ein Abgas-Ausgang (75) der Nachverbrennungsbrennkammer (7) mit wenigstens einem Heizgas-Eingang (23) des Pyrolysereaktors (2) verbunden ist.
2. Anlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Pyrolysegas-Ausgang (25) des Pyrolysereaktors (2) mit einem Eingang (31) einer Oxidationskammer (3) verbunden ist und dass ein Koks-Ausgang (26) des Pyrolysereaktors (2) mit einem Eingang (41) eines Reduktionsofens (4) verbunden ist.
3. Anlage nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Produktgas-Ausgang (45) des Reduktionsofens (4) mit einem Eingang (61) des Gasmotors (6) verbunden ist.

- tors (6) verbunden ist.
4. Anlage nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen dem Produktgas-Ausgang (45) des Reduktionsofens (4) und dem Eingang (61) des Gasmotors (6) eine Gasaufbereitungseinrichtung (5) zwischengeschaltet ist. 5
 5. Anlage nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen dem Produktgas-Ausgang (45) des Reduktionsofens (4) und dem Eingang (61) des Gasmotors (6) eine Bypassleitung (91) zu dem Eingang (71) der Nachverbrennungsbrennkammer (7) geführt ist. 10
 6. Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein Heizgas-Ausgang (27) des Pyrolysereaktors (2) mit einem ersten Eingang (81) eines Wärmetauschers (8) verbunden ist. 15
 7. Anlage nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abgas-Ausgang (75) der Nachverbrennungsbrennkammer (7) über eine Abgas-Bypassleitung (92) direkt mit dem ersten Eingang (81) des Wärmetauschers (8) verbunden ist. 20
 8. Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen dem Abgas-Ausgang (65) des Gasmotors (6) und dem Eingang (71) der Nachverbrennungsbrennkammer (7) eine Abgasreinigungseinrichtung (69) zwischengeschaltet ist. 25
 9. Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Pyrolysereaktor (2) als Doppelmantel-Pyrolysereaktor (21) mit einer Außenkammer (28) ausgebildet ist und dass der wenigstens eine Heizgas-Eingang (23) des Pyrolysereaktors (2) mit der Außenkammer (28) des Doppelmantel-Pyrolysereaktors (21) verbunden ist. 30
 10. Anlage nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Außenkammer (28) - in Längsrichtung des Doppelmantel-Pyrolysereaktors (21) gesehen - zumindest zwei hintereinander angeordnete und parallel beaufschlagte Heizkammern (29) aufweist. 35
 11. Verfahren zum Vergasen von stückigen Brennstoffen, wobei die stückigen Brennstoffe in einem Pyrolysereaktor (2) einer Pyrolyse unterzogen und anschließend zu einem Produktgas vergast wird, wobei das von dem Vergasen gebildete Produktgas einem Gasmotor (6) zugeführt wird, wobei Abgase des Gasmotors (6) in eine Nachverbrennungsbrennkammer (7) geführt und dort erhitzt werden, und wobei Abgase der Nachverbrennungsbrennkammer (7) in den Pyrolysereaktor (2) geführt werden. 40
 12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abgase des Gasmotors (6) in der Nachverbrennungsbrennkammer (7) auf eine Temperatur größer als 800°C erhitzt werden. 45
 13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Pyrolysegas aus dem Pyrolysereaktor (2) in einer Oxidationskammer (3) partiell oxidiert wird, und dass aus einem Pyrolysekoks des Pyrolysereaktors (2) in einem Reduktionsofen (4) das Produktgas gewonnen wird. 50
 14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Nachverbrennungsbrennkammer (7) wahlweise das Produktgas oder ein Fremdgas verbrannt wird. 55
 15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** vor der Nachverbrennungsbrennkammer (7) aus dem Abgas des Gasmotors (6) in einer Abgasreinigungsanlage (69) Stickoxide entfernt werden.

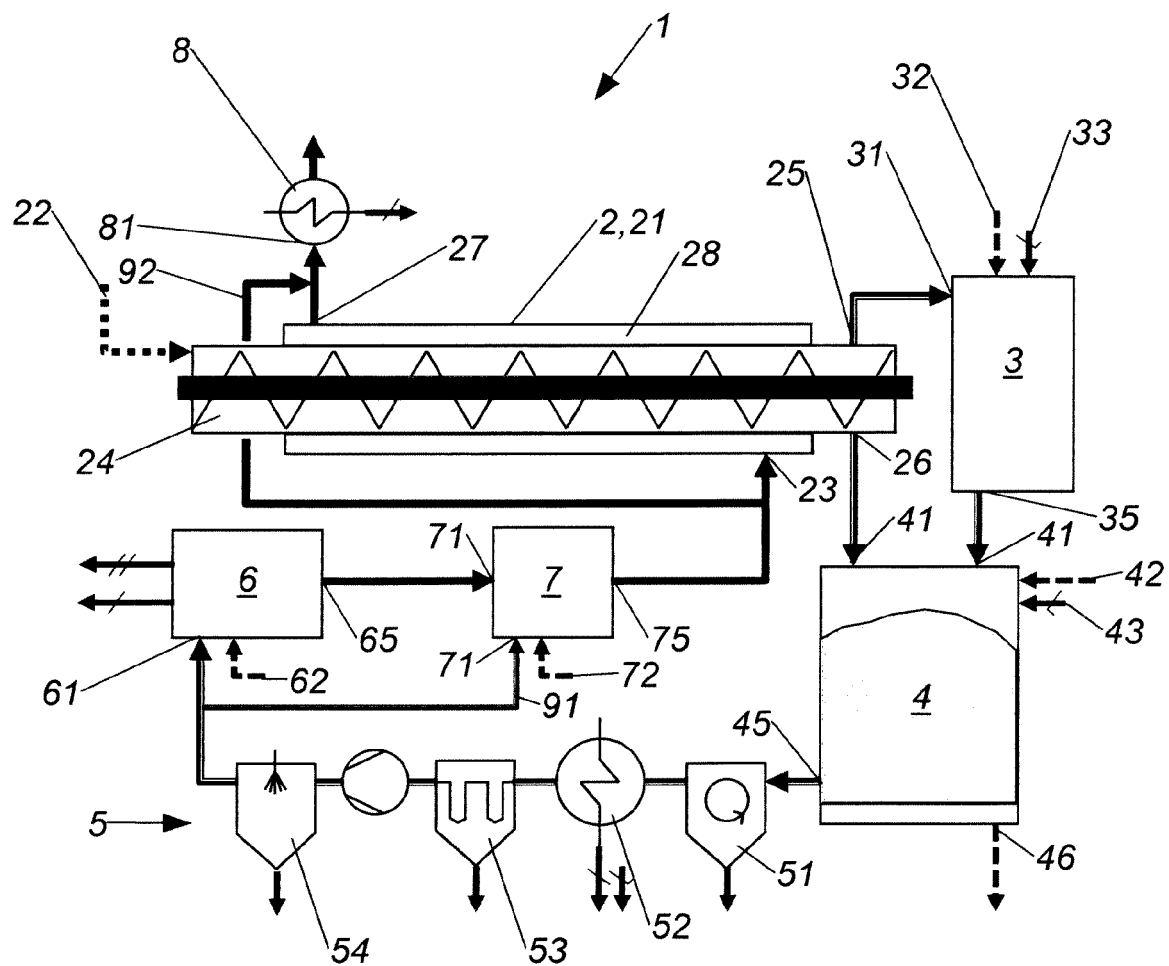


Fig. 1

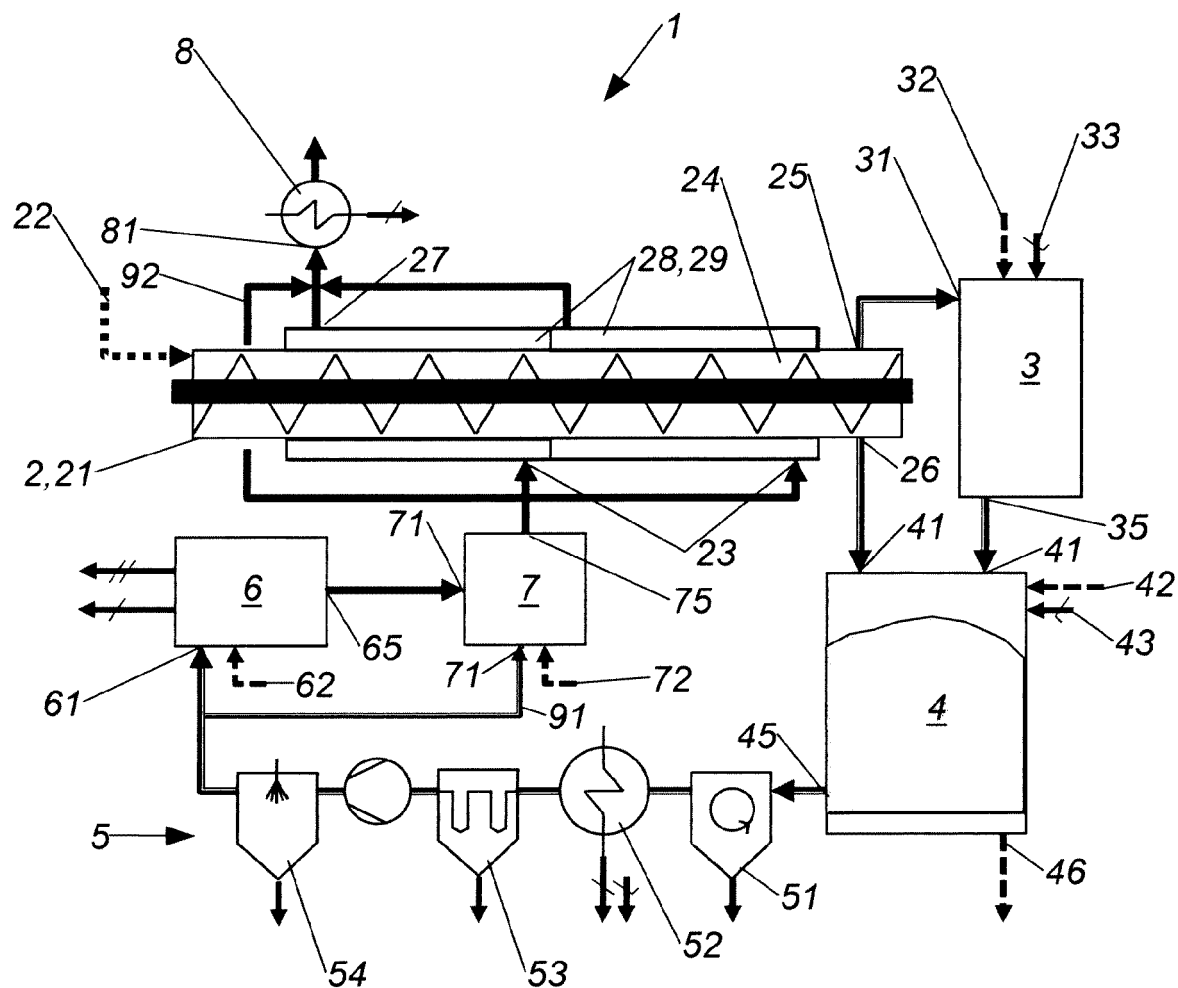


Fig. 2

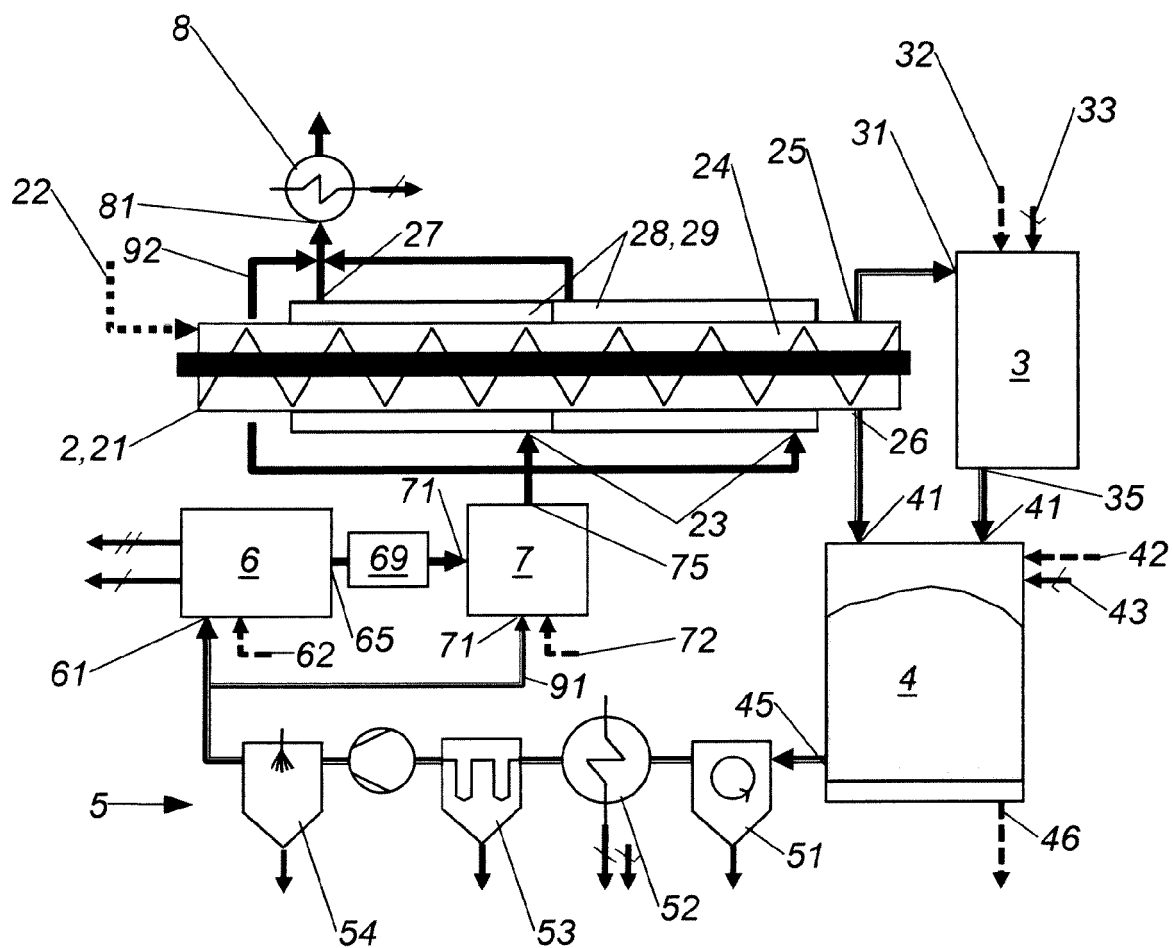


Fig. 3



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 14 45 0028

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WO 2011/110138 A1 (SCHNEIDER TIMO [DE]; PEKTAS CEHRELI SEMIHA [DE]; SCHNEIDER ARNO [DE];) 15. September 2011 (2011-09-15) * Seite 6, Zeile 29 - Seite 24, Zeile 32; Abbildung 1 *	1-15	INV. C10J3/00 C10J3/66 C10J3/74 C10J3/32 C10J3/34 C10K1/00
A	DE 43 42 165 C1 (UMWELT & ENERGIETECH [DE]) 11. Mai 1995 (1995-05-11) * das ganze Dokument *	1-15	
A	WO 00/71934 A1 (VER ENERGIEWERKE AG [DE]; DUBSLAFF ECKHARD [DE]; SANDER HANS JOACHIM [DE]) 30. November 2000 (2000-11-30) * das ganze Dokument *	1-15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			C10J C10K F23G
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 16. Juli 2014	Prüfer Iyer-Baldew, A
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 14 45 0028

5

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

16-07-2014

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2011110138 A1	15-09-2011	DE 112010005373 A5	31-01-2013
		EP 2545142 A1	16-01-2013
		US 2013000569 A1	03-01-2013
		WO 2011110138 A1	15-09-2011

DE 4342165 C1	11-05-1995	KEINE	

WO 0071934 A1	30-11-2000	DE 10027200 A1	29-11-2001
		WO 0071934 A1	30-11-2000

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82