



(11) **EP 2 016 159 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**11.05.2016 Patentblatt 2016/19**

(51) Int Cl.:  
**C10J 3/32<sup>(2006.01)</sup> C10J 3/66<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **07722278.4**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/DE2007/000720**

(22) Anmeldetag: **24.04.2007**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2007/121733 (01.11.2007 Gazette 2007/44)**

---

(54) **BIOMASSEVERGASER UND VERFAHREN ZUR ALLOTHERMEN VERGASUNG VON BIOMASSE**  
BIOMASS GASIFIER AND METHOD FOR THE ALLOTHERMIC GASIFICATION OF BIOMASS  
GAZÉIFICATEUR DE BIOMASSE ET PROCÉDÉ DE GAZÉIFICATION ALLOTHERMIQUE DE BIOMASSE

---

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE SI SK TR**

(72) Erfinder: **SCHILLINGMANN, Dieter**  
**49635 Badbergen (DE)**

(30) Priorität: **24.04.2006 DE 102006019452**

(74) Vertreter: **Müller Schupfner & Partner**  
**Patent- und Rechtsanwaltspartnerschaft mbB**  
**Schellerdamm 19**  
**21079 Hamburg (DE)**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**21.01.2009 Patentblatt 2009/04**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A- 1 288 278 EP-A- 1 323 810**  
**EP-A- 1 447 438 DE-A1- 4 330 788**  
**US-A- 5 983 810 US-A1- 2005 095 183**

(73) Patentinhaber:  
• **REW Regenerative Energie Wirtschaftssysteme GmbH**  
**49610 Quakenbrück (DE)**  
• **Schillingmann, Dieter**  
**49635 Badbergen (DE)**

**EP 2 016 159 B1**

---

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

---

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft einen Biomassevergaser zur Pyrolyse und Vergasung von Biomasse zur Erzeugung eines Brenngases bzw. Brenngasgemisches und ein Verfahren zur Gewinnung solcher Brenngase.

### Stand der Technik

**[0002]** Biomassevergaser sind als solche bekannt. Aus der EP 1447438 A1 ist z.B. eine Apparatur zur Pyrolyse und Vergasung von Biomasse bekannt. In der Apparatur nach der EP 1447438 A1 wird die zu vergasende Biomasse in dem Vorreaktor getrocknet und vorpyrolysiert und gelangt darauf in den Hauptreaktor. In diesem werden die zu vergasenden Massen weiter pyrolysiert und teilweise vergast, daraufhin werden die Feststoffe ausgetragen und die Gase einem Nachreaktor zugeleitet. Anschließend wird das Gas durch einen kontinuierlichen Filter geleitet, in dem es gereinigt und abgekühlt werden soll. Vorreaktor, Hauptreaktor und Nachreaktor werden ausschließlich von außen beheizt.

**[0003]** Bei der Apparatur nach EP 1447438 A1 wird nur ein geringer Umsatz durch Vergasung erreicht, was dadurch begründet ist, dass es an dem zur Vergasung notwendigen Gasfeststoffkontakt mangelt, da der Feststoff als Schüttung durch die Sohle des Schneckenreaktors geschoben wird und das Gas keinem Zwang unterliegt, die Schüttung zu durchströmen. Des Weiteren beinhaltet das Gas auch nach Durchgang durch den Filter noch erhebliche Anteile an längerkettigen Kohlenwasserstoffen, insbesondere Teeren.

**[0004]** EP-A-1 323 810 offenbart einen Doppelrohrvergaser.

### Aufgabe der Erfindung

**[0005]** Der vorliegenden Erfindung liegt davon ausgehend die Aufgabe zu Grunde, einen Biomassevergaser zu schaffen, der sowohl einen höheren Umsatz durch Vergasung erreicht, als auch ein vergleichsweise sauberes Brenngas mit hohem Wasserstoff- und/oder Kohlenmonoxid - Anteil und mit nur geringen Verunreinigungen, insbesondere an Teer, erzeugt, welches ggf. sogar ohne weitere Gasreinigung durch Reaktoren oder Wäscher, beispielsweise in einem Verbrennungsmotor, Stirlingmotor, einer Gasturbine oder Brennstoffzelle (insbesondere nach Abspaltung des Nicht-Wasserstoffanteils) eingesetzt werden kann.

### Zusammenfassung der Erfindung

**[0006]** Als technische Lösung dieser Aufgabe wird erfindungsgemäß ein Biomassevergaser mit den Merkmalen des Anspruchs 1 bzw. ein Verfahren nach Anspruch 7 vorgeschlagen. Vorteilhafte Weiterbildungen sind den jeweiligen Unteransprüchen zu entnehmen bzw. nach-

folgend erläutert.

**[0007]** Gegenstand des erfindungsgemäßen Verfahrens ist eine pyrolytische, allotherme Vergasung. Kennzeichen der vorliegenden Erfindung ist eine gestufte Umsetzung in eine Anlage mit Vor- und Hauptreaktor und Sekundärreaktor.

**[0008]** Biomasse im Sinne der vorliegenden Erfindung sind u.a. biogene und tierische Abfallprodukte oder industrielle Neben- oder Abfallprodukte aus biogenen Ausgangsstoffen. Insbesondere ist der Prozess für feuchte Biomasse geeignet, wobei in der Biomasse enthaltenes Wasser das im Hauptreaktor eingesetzte Vergasungsmittel darstellt und bei ausreichender Feuchte der Biomasse kein weiteres Vergasungsmittel zugegeben werden muss.

**[0009]** Das erhaltliche Brenngas ist besser zur Nutzung in der Verbrennung in Wärmekraftmaschinen geeignet, als das vergleichbarer bekannter Verfahren, im weiteren ist das Produkt des Prozesses ein fester kohlenstoffhaltiger Rückstand, der als hochwertiger Brennstoff geeignet ist.

**[0010]** Ein nach der erfindungsgemäßen Lehre ausgeführter Biomassevergaser hat den Vorteil, dass das Gas gemeinsam mit dem Feststoff in einer temperierten Förderleitung ausgetragen wird. Dabei hat es sich als vorteilhaft erwiesen, wenn die Austragsleitung über den ganzen Querschnitt mit der Feststoffschüttung gefüllt ist und somit das Gas durch diese Schüttung strömen muss. Durch den intensiven Gas-Feststoffkontakt bei hohen Temperaturen in dieser Austragsleitung erfolgt die Sekundärdegradation der höheren Kohlenwasserstoffe, insbesondere Teere. Diese Austragsleitung stellt im Sinne der Erfindung den Sekundärreaktor dar. Die erfindungsgemäße Verfahrensweise hat den Vorteil, dass der apparative Aufwand zur Erzeugung eines wirtschaftlich nutzbaren Produktgases gering gehalten werden kann.

**[0011]** Der Vorreaktor hat die Funktion Biomasse zu komprimieren, zu erwärmen und ggf. Wasser bis zu einer definierten Feuchte zu entziehen. Im Vorreaktor findet aber gleichzeitig eine Pyrolyse der Biomasse unter Sauerstoffmangel statt. Sauerstoffmangel bedeutet, dass nicht genügend Sauerstoff zur Verfügung gestellt wird, verglichen mit der Menge die erforderlich wäre zu einer Oxidation des Kohlenstoffs zu CO<sub>2</sub>, so dass die Reaktion in Bezug auf den Kohlenstoff im Wesentlichen zu CO geführt wird.

**[0012]** Der Hauptreaktor des Biomassevergasers weist erfindungsgemäß ein oder mehrere lang gestreckte Heizelemente in der Seele(n) der Transportschnecke(n) auf, die zusätzlich zu der Beheizung von außen den Innenraum des Hauptreaktors beheizt/beheizen ohne dass ein Austausch des Wärmeträgermediums mit dem Innenraum des Hauptreaktor erfolgt, d.h. der Wärmeübergang findet durch die Wandungen der Seele in das Reaktorinnere statt. Soweit erwünscht, kann auch der Sekundärreaktor und/oder der Vorreaktor derartige Heizelemente in der Seele(n) der Transportschnecke(n) aufweisen, insbesondere gilt dies für den Sekundärreak-

tor, weil in diesem höhere Temperaturen als im Vorreaktor benötigt werden.

**[0013]** Die Transportschnecke des Hauptreaktors hat eine Misch- und Förderfunktion und kann in Form eines Wendelförderers ausgebildet sein. Der Vorreaktor weist vorzugsweise eine Doppelschnecke auf und ggf. ein oder zwei langgestreckte Heizelemente in den Seelen der Doppelschnecke.

**[0014]** Durch die beheizte Seele ist es möglich, dem Prozess mehr Energie zuzuführen, als dieses allein durch die äußere Beheizung möglich wäre, und somit kann der durch den höheren Vergasungsumsatz des erfindungsgemäßen Biomassevergaser erhöhte Energiebedarf gedeckt werden, ohne die Temperatur der äußeren Mantelbeheizung anheben zu müssen, was in den heißen Randzonen zu Verkokungen, ungewünschten Spaltprodukten oder Materialermüdung führen würde.

**[0015]** Nach einer weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Biomassevergaser weist die Transportschnecke des Hauptreaktors Schaufeln auf, um die zu vergasenden Massen gegen die Schwerkraft anzuheben und um diese bei weiterlaufender bestimmter Schaufelstellung wieder in das Schüttbett zurückfallen zu lassen. Dadurch wird der Gasfeststoffkontakt deutlich erhöht, so dass die Vergasung besser und intensiver erfolgen kann.

**[0016]** Nach einer weiteren Ausgestaltung kann mittels des Ausmaßes des Abtransports im Sekundärreaktor, z.B. mit der Transportschnecke im Sekundärreaktor, der Füllungsgrad des Hauptreaktors beeinflusst werden, so dass sich am Ende des Hauptreaktors ein Rückstau einstellt und sich zumindest im Sekundärreaktor ein vollständig gefüllter Querschnitt einstellen lässt, so dass dort das Gas vollflächig durch die Feststoffschüttung strömen muss, was sowohl die Vergasungsreaktionen, als auch die Sekundärdegradation positiv beeinflusst.

**[0017]** Der Sekundärreaktor muss nicht zwangsläufig ein vom Hauptreaktor separater Reaktor sein, sondern Hauptreaktor und Sekundärreaktor können auch zwei Zonen eines Reaktors sein. Der Sekundärreaktor (bzw. in diesem Sinne gleichbedeutend mit der Sekundärreaktorzone) weist einen höheren Füllgrad (vorzugsweise 100 Vol.%) als der Hauptreaktor (bzw. die Hauptreaktorreaktorzone) auf, wobei der Hauptreaktor stets zuerst von dem Füllgut durchlaufen wird.

**[0018]** Der Vorteil des hohen Befüllungsgrades im Sekundärreaktor ist:

- a. Der hohe Füllungsgrad reduziert den Teeranteil im Synthesegas, durch das Durchströmen des Gases durch die volle heiße Koksschüttung.
- b. Die Vergasung funktioniert vollständiger, weil
  - der Wärmeübergang der allothermen Vergasung bei hohem Füllungsgrad besser ist,
  - die Verweilzeit im Sekundärreaktor ist höher und
  - die Mischwirkung von Pyrolysegas und Pyroly-

sekoks ist besser, denn das Gas durchströmt die volle Schüttung.

#### Details der Erfindung

**[0019]** Die Pyrolyse / Vergasung der Biomasse im erfindungsgemäßen Biomassevergaser verläuft wie folgt:

**[0020]** Im erfindungsgemäßen Biomassevergaser können sämtliche nachwachsenden Rohstoffe, biogenen Rest- und Abfallstoffe und Mischungen aus und mit diesen - im Sinne der vorliegenden Erfindung auch allgemein als Biomasse bezeichnet - vergast werden, solange diese in einer schüttfähigen Form vorliegen. Dabei spielt der Zustand, z.B. die Feuchte oder Korngrößenverteilung der Biomasse keine Rolle, da der Biomassevergaser auch feuchte und inhomogene Stoffe sehr gut und wirtschaftlich vergasen kann. Außerdem ist es möglich, der Biomasse andere, nicht biogene Stoffe beizumischen.

**[0021]** Dies können beispielsweise Haushaltsabfälle, Faulschlämme oder andere reaktionsfähige kohlenstoffhaltige Materialien sein. Auch eine Verunreinigung der Biomasse mit nichtreaktionsfähigem Material, wie beispielsweise Metallen, ist bis zu einem Anteil von 20 Masse%, vorzugsweise 5 Masse%, unschädlich für die Vergasung, wenn sie in einer Stückigkeit anfallen, die für die Fördereinrichtungen (Schnecken) unkritisch ist, da diese Materialien nach der Vergasung der eigentlichen Biomasse wieder ausgetragen werden. In der Praxis hat sich herausgestellt, dass auch eine Beimengung von bis zu 40 Gew.%, vorzugsweise bis zu 10 Gew.%, von Brennstoffen, die keine nachwachsenden Rohstoffe sind, möglich ist, und dass der Biomassevergaser dennoch wirtschaftlich betrieben werden kann. Somit können in dem erfindungsgemäßen Biomassevergaser auch Stoffe oder Mischungen aus verschiedenen Stoffen als Brennstoff verwendet werden, die in autothermen oder allothermen Vergasern nach dem Stand der Technik sowie in Feuerungsanlagen evtl. nicht als Brennstoff geeignet sind.

**[0022]** Die schüttgutfähige Biomasse wird in einem Bunker, Silo oder Vorlagebehälter zwischengelagert und über die Restenergie im Rauchgas beheizt.

**[0023]** Die vorbeheizte Biomasse wird über eine Schleuse und Fördereinrichtung in einen Vorreaktor gegeben. Im Vorreaktor findet vorzugsweise eine Trocknung, Entgasung und Pyrolyse statt. Der Vorreaktor wird z.B. auf Temperaturen von 200°C bis 700°C, insbesondere 200°C bis 400°C oder auch nur 200°C bis 300°C beheizt. Hierzu wird vorteilhaft das aus dem Hauptreaktor-Mantel austretendes Heizgas mit z.B. 700 bis 500°C als Heizmedium eingesetzt. Das Heizgas kann das Rauchgas des nachgeschalteten Prozesses der Verbrennung des Pyrolysekokes sein.

**[0024]** Der Vorreaktor weist vorzugsweise eine mehrwellige Förder- und Mischanlage auf, insbesondere als Doppelschnecke ausgebildet, um die Biomasse einzutragen und insbesondere Anbackungsprobleme zu ver-

meiden. Der Vorreaktor ist insbesondere als zwangsfördernde extern beheizte Doppelschnecke ausgebildet. Die Zwangsförderung hat den Vorteil, dass insbesondere komplexe, feuchte bis hin zu schlammiger Biomasse problemlos im Vorreaktor auf eine definierte Restfeuchte getrocknet und gleichzeitig pyrolysiert wird und somit zur Zufuhr eines Feststoffes (Pyrolysekoks) und Gases (Pyrolysegas, das bei der hohen Temperatur auch das Pyrolyseöl enthält) dem Hauptreaktor dient.

**[0025]** Eine Doppelschnecke oder allgemein mehrwellige Schnecken sind Schnecken, welche um mehrere Achsen rotieren, wobei die Schneckenflügel ineinander greifen.

**[0026]** Das den Vorreaktor verlassende Gas ist ein Pyrolysegas (im Wesentlichen wasserstofffrei), das aufgrund der hohen Temperaturen ebenfalls Pyrolyseöl enthält. Der Vorreaktor weist stets niedrigere Temperaturen als der Hauptreaktor und der Sekundärreaktor auf und wird vorzugsweise von der Restwärme des Hauptreaktors beheizt.

**[0027]** Der Hauptreaktor wird über eine Heizvorrichtung beheizt, so dass sich im Hauptreaktor eine heiße Reaktionszone ausbildet, in der Temperaturen von 700° bis 950°C, insbesondere 800 bis kleiner 900°C, vorzugsweise etwa 825°C, vorherrschen. In dem Hauptreaktor liegt eine durch einen Motor angetriebene und von innen durch eine zusätzliche Heizvorrichtung beheizte Transport- und Mischschnecke, die den Brennstoff axial durch den Hauptreaktor transportiert und dabei mischt.

**[0028]** Die Umsetzung im Hauptreaktor ist eine allotherme Vergasung in Gegenwart von Wasserdampf. Die Wärme wird von Außen zugeführt, wobei entweder ein Wärmeübergang durch die Reaktorwände erfolgt und/oder Wärme über Strahlung eingebracht wird. Heizgase werden nicht in den Reaktionsraum des Hauptreaktors geführt, zumindest nicht in dem Sinne als dass zugeführte Gase eine Temperatur aufweisen, die gleich oder höher ist als am Einspeiseort des Hauptreaktors. Erwünscht ist es aber ggf. im Sekundärreaktor, vorzugsweise am Ende des Sekundärreaktors Gase zur Sauerstoff-Bereitstellung, ggf. vorgewärmt, zuzuführen. Die Gase enthaltend oder bestehend aus Sauerstoff sind hierbei kein Heizgase sondern ein Reaktionsgas.

**[0029]** Der Hauptreaktor wird extern über heiße Rauchgase beheizt. Die Umsetzung erfolgt in Form einer allothermen Wasserdampfpreformierung, dabei wird vorzugsweise die Restfeuchte der zu vergasenden Biomasse aus dem Vorreaktor als Vergasungsmittel eingebracht, soweit erforderlich kann Wasser aber auch zugegeben werden. Das im Hauptreaktor und Sekundärreaktor gewonnene Synthesegas weist einen hohen Wasserstoffgehalt von z.B. bis zu 50 Vol.% (bezogen auf das Gas) auf oder auch darüber.

**[0030]** Zur Unterstützung der externen Beheizung insbesondere des Haupt- und Sekundärreaktors können auch andere Energieeintragsverfahren zusätzlich verwendet werden, wie Mikrowellen, Plasma, Induktion oder interne Wärmeträgermaterialien, die extern beheizt wer-

den und intern im Reaktor zur Wärmeabgabe herangezogen werden, z.B. CaO aus dem im Hauptreaktor CaCO<sub>3</sub> nach CO<sub>2</sub> Aufnahme wird.

**[0031]** Im Hauptreaktor findet eine weitere Pyrolyse des teilumgewandelte Biomasse aus dem Vorreaktor statt, bei der sich verschiedene gasförmige und kondensierbare Stoffe und ein festes im Wesentlichen aus Kohlenstoff bestehendes Pyrolysat bilden. Dies läuft im Hauptreaktor ohne Zugabe von Luft oder Sauerstoff ab. Des Weiteren findet die Vergasung des Pyrolyсата mit Wasser(dampf) aus der Trocknung und der Pyrolyse des Brennstoffs und mit Kohlendioxid aus der Pyrolyse des Brennstoffs statt.

**[0032]** Der Hauptreaktor ist so benannt, weil hier entsprechend des Verfahrenszieles die Hauptreaktion abläuft, nämlich die Vollpyrolyse und die Primärvergasung (anteilig Erzeugung der höchsten Wasserstoffmenge).

**[0033]** Der in den Hauptreaktor eingetragene Feststoff enthält Pyrolysekoks und Asche, welcher im Vorreaktor bei Temperaturen von 200°C bis 700°C neben Pyrolysegas und Pyrolyseöl entsteht.

**[0034]** Der Hauptreaktor weist einen Mantel auf, geeigneter Weise mit Heizgasführungsblechen im Mantel. Vorzugsweise wird Heizgas, z.B. heißes Rauchgas aus der Anlage, über den Reaktor verteilt eingespeist. Zusätzlich beheizend wirkt die in der Seele der Schnecke angeordnete "Hotpipe", die ebenfalls mit Heizgas beschickt wird.

**[0035]** Der im Hauptreaktor befindliche Feststoff kann als Pyrolyсаташüttung bezeichnet werden und enthält Asche und Koks. Die Schaufeln der Schnecke sind derart gestaltet, dass diese Schöpfschaufeln aufweisen mit parallel zur Reaktorwand angeordneten Schöpfkanten, um den wandnahen Feststoff aufzunehmen und nach oben zu fördern, wo sich die Schöpfschaufel wieder entleert.

**[0036]** Vergasungsmittel, das in den Hauptreaktor geführt wird, ist in erster Linie überhitzter Wasserdampf und stammt vorzugsweise aus dem Vorreaktor bzw. aus der Biomasse, die aus dem Vorreaktor in den Hauptreaktor eingetragen wird. Eine gesonderte Zufuhr von Luft bzw. Sauerstoff in den Hauptreaktor ist unerwünscht. Typisch für die Umsetzung im Hauptreaktor ist ein Mangel an Sauerstoff damit durch unterstöchiometrische Verbrennung des Kohlenstoffs Kohlenmonoxid bzw. durch allotherme Wasserdampfpreformierung Wasserstoff entsteht.

**[0037]** An den Hauptreaktor schließt sich der auf 600 bis 950°C, vorzugsweise 800°C bis 850°C, temperierte Sekundärreaktor an, durch den mittels einer Fördervorrichtung, z. B. einer Transportschnecke, der Restkohlenstaub mit einem Füllungsgrad von 80 bis 100 Vol.%, vorzugsweise 100 Vol.% (zumindest zum Ende hin), transportiert wird. Das Gas strömt durch die Vollfüllung

**[0038]** Haupt- und Sekundärreaktor können Zonen eines Reaktors sein, dahingehend, dass der Hauptreaktor dem Vorreaktor zugewandt ist und der sich dem Hauptreaktor anschließende Teil der Sekundärreaktor ist und z.B. beide Teil eines Rohrreaktors sind, wobei sich der

Sekundärreaktor vom Hauptreaktor durch seinen Füllungsgrad unterscheidet. Der Hauptreaktor weist im Mittel Füllungsgrade von vorzugsweise unter 80 Vol. % auf, während der Sekundärreaktor im Mittel Füllungsgrade von 80 Vol. % bis 100 Vol. % aufweist, vorzugsweise zumindest am Ende des Sekundärreaktors 100 Vol. %. Der zunehmende Füllungsgrad im Sekundärreaktor bzw. längs des Hauptreaktors kann durch Gravitation (Schrägstellung des Reaktorrohres), Geometrie (Verringerung des Reaktionsraumes) und/oder durch Förderwinkel der Schnecke bewirkt sein.

**[0039]** Im Einzelnen sind es z.B. folgende Maßnahmen, welche einen erhöhten Füllungsgrad bewirken:

- Durch Einstellen eines Anstellwinkels des gesamten Vergasungsreaktors, dergestalt, dass die Pyrolyseprodukte mit Unterstützung der Schwerkraft sich in Richtung Sekundärreaktor bewegen und dort den gesamten Raum ausfüllen.
- Durch Verringerung der Steigung der Misch- und Fördereinrichtungen, so dass im Bereich des Sekundärreaktors eine leichte Pressung der Pyrolyseprodukte stattfindet.
  - o Eine Veränderung der Förder- und Mischelemente, dahingehend, dass weniger gefördert und mehr gemischt wird und daher sich eine Art Stau bildet.

**[0040]** Durch diesen Stau, bzw. durch den hohen Füllungsgrad ist das Gas gezwungen den Feststoff zu durchqueren, wodurch eine optimale Gasmenge und eine optimale Gasqualität erreicht werden kann.

**[0041]** Im Sekundärreaktor wird Wasserdampf benötigt. Dieser Wasserdampf kann auch durch ein Drehventil in die Vergasermisch- und Förderwelle dergestalt eingebracht werden, dass der Wasserdampf optimal von innen zentral (z.B. entlang der Drehachse mit ggf. mehreren Auslassstellen) in den Sekundärreaktor für den Wasserdampfreformierungs- und Vergasungsprozess eingebracht wird.

**[0042]** Durch die gleiche Leitung und/oder eine zweite Leitung von der Gegenseite kann zusätzlich reiner Sauerstoff als Vergasungsmittel hinzugemischt werden

**[0043]** In dem Sekundärreaktor kann als Vergasungsmittel Luft (bzw. Heißluft), Wasser (bzw. Heißdampf) oder sogar reiner Sauerstoff bzw. deren Mischung zugesetzt werden, vorzugsweise am Ende des Sekundärreaktors. Bevorzugt und eher typisch für die Umsetzung im Sekundärreaktor ist aber ebenfalls ein Mangel an Sauerstoff, damit durch unterstöchiometrische Verbrennung des Kohlenstoffs Kohlenmonoxid entsteht.

**[0044]** Der Auslass der Wasserstoff und/oder Kohlenmonoxid reichen Gases befindet sich am Ende des Sekundärreaktors oder im Anschluss an den Sekundärreaktor. Gas und Feststoff können gemeinsam aus dem Sekundärreaktor geführt werden. Im Anschluss werden Gas und Feststoff getrennt und ihrer weiteren Verwendung zugeführt.

**[0045]** Der Feststoff liegt in Pulverform vor und kann mittels Verbrennung zur Heißgaserzeugung genutzt werden. Hiefür ist es vorteilhaft, dass die Anlage so betrieben wird, dass das Feststoffpulver noch Kohlenstoff enthält, um einen gewissen Brennwert zur Heißgaserzeugung aufzuweisen.

**[0046]** Aufgrund der Tatsache, dass der Sekundärreaktor temperiert wird, erfolgt eine Sekundärdegradation der längerkettigen Kohlenwasserstoffe, z.B. Teer, des Produktgases innerhalb des Sekundärreaktors, so dass das fertige Produktgas fast keine Verunreinigungen und nur sehr wenig Teer aufweist. Dieses Produktgas kann nach Filterung ohne weitere Nachbehandlung in Reaktoren oder Wäschern zum Beispiel in einem Verbrennungsmotor genutzt werden, um Strom zu erzeugen. Der ausgetragene Reststoff kann ggf. verwendet werden, um die Heizvorrichtung zu betreiben. Alternativ, oder falls ein Überschuss vorhanden ist, kann der Reststoff als Brenn- oder Wertstoff anderweitig wirtschaftlich genutzt werden.

**[0047]** Im Anschluss an den Sekundärreaktor werden austretendes Gas und Feststoff getrennt. Das Gas wird anschließend einer Heißgasentstaubung zugeführt und der Kohlenstaub und die Asche werden zur Heizgasherstellung nutzbar gemacht. Durch Luftverbrennung kann die Heißluft hergestellt werden. Die Anlage kann sogar so eingestellt werden, dass immer eine ausreichende Menge an Restkoks aus dem Sekundärreaktor ausgehenden Feststoff vorhanden ist, die zur externen Beheizung des Haupt- und Sekundärreaktors über das Heizgas genutzt werden kann.

**[0048]** Soweit gewünscht, kann ein Wärmeträgermaterial eingesetzt werden. Wird CaO eingesetzt, so wird dieses z.B. von dem Verbrennungsprozess erwärmt, der mit ausgetragenen Biokoks oder Pyrolysekoks aus der Anlage unterhalten wird, und in den Hauptreaktor eingebracht oder ggf. auch über den Vorreaktor. Hieraus entsteht durch Umsetzung mit CO<sub>2</sub> CaCO<sub>3</sub> und (Pyrolyse)Koks, der wiederum verbrannt, bzw. das CaCO<sub>3</sub> beheizt wird, wobei CaO erneut gewonnen wird, so dass CaO / CaCO<sub>3</sub> im Kreislauf gefahren werden können. Hierdurch wird CO<sub>2</sub> aus dem Prozess ausgeht, weil CaO als chemisch aktiver Wärmeträger fungiert. Damit erhöht sich der Anteil der brennbaren Gase bzw. der Heizwert des Synthesegases (reicher an Kohlenmonoxid und Wasserstoff). Durch Zumischung von Kalkpulver kann überdies die Teerreduzierung zusätzlich gefördert werden.

**[0049]** Der erfindungsgemäße Biomassevergaser wird weiter beispielhaft erläutert durch die beigefügten Figuren. Es zeigen:

Figur 1 ein Schema der Umsetzung und

Figur 2 den schematischen Aufbau des Reaktors.

**[0050]** Fig. 1 zeigt die Materialfluss und die Heizströme. Die schüttgutfähige Biomasse wird in einem Bunker,

Silo oder Vorlagebehälter zwischengelagert und über die Restenergie des Heizgases beheizt. Über eine Schleuse wird die Biomasse in den Vorreaktor (1) dosiert und dort durch den Heizstrom aus dem Hauptreaktor bis zur Pyrolysetemperaturen aufgeheizt. Die teilpyrolysierte Biomasse wird durch eine nicht gezeigte Doppelschnecke in den Hauptreaktor getragen, wo Sie weiter erhitzt wird zum Zwecke der allothermen Vergasung. Das Heizgas, erzeugt durch Verbrennung von Kohlestaub oder Pyrolysekoks, wird in den Heizmantel des Hauptreaktor geleitet, wobei sich Hauptreaktor und Sekundärreaktor mit Heizgas austauschen und das Heizgas abgekühlt zur Beheizung des Vorreaktors eingesetzt wird. Die Produktgase (Synthesegas) werden über einen Heißgasfilter geleitet und sind dem Sekundärreaktor entnommen.

**[0051]** In Fig. 2 ist der Hauptreaktor (2) und der Sekundärreaktor (3) detailliert. Aus dem Vorreaktor kommend wird die getrocknete und teilpyrolysierte Biomasse in den Hauptreaktor (2) über einen Schacht dosiert. Der Hauptreaktor ist mit einer Transportschnecke (4) versehen, die in der Seele mit einer Hotpipe (5) durchsetzt ist.

**[0052]** Die Hotpipe erstreckt sich über die Länge des Rohrreaktors ggf. wie gezeigt bis hinein in den Sekundärreaktor. Die Schnecke fördert das Vergasungsprodukt und komprimiert dies zum Ende des Hauptreaktors hin. Hauptreaktor und Sekundärreaktor sind Teil eines Rohrreaktors und von einem Heizmantel umgeben. Die Hotpipe ist als Lanze ausgeprägt. Das Heizgas (6) wird in der Mitte eingeleitet, prallt gegen das Lanzenende (heißester Punkt entlang der Hotpipe) und wird im Inneren außen entlang der Innenoberfläche der Lanze abgeleitet. Über ein Drehventil (7) können in den Sekundärreaktor Vergasungsmittel (Wasserdampf, Sauerstoff und/oder Luft) zudosiert werden, um im Sekundärreaktor, wenn gewünscht auch eine partielle autotherme Oxidation durch die Anwesenheit von Sauerstoff zu bewirken. Der Sekundärreaktor weist über zumindest die Hälfte der Förderstrecke einen Füllungsgrad von etwa 100% auf. Mit schwarzen Pfeilen ist der Eintrag und der Austrag aus dem Rohrreaktor gekennzeichnet. Graue Pfeile geben die Heizgasströme (6) wieder. Hauptreaktor und Sekundärreaktor haben ein unterschiedliches Temperaturprofil sind, aber von einem gemeinsamen Heizmantel (8) umgeben.

## Patentansprüche

### 1. Biomassevergaser aufweisend,

- einen Vorreaktor (1), wobei der Vorreaktor (1) eine Außenbeheizung aufweist,
- eine Befüllung des Vorreaktors (1) mit Biomasse,
- einen Feststoff beinhaltenden Hauptreaktor (2), wobei der Hauptreaktor zumindest eine Transportschnecke (4) und eine außen angebrachte Heizvorrichtung aufweist,

- einen Sekundärreaktor und
- Feststoff in Form einer Feststoffschüttung im Sekundärreaktor,

### dadurch gekennzeichnet, dass

- der Vorreaktor (1) zumindest zum Teil mit umzuwandelnder und zu trocknender Biomasse zur Zufuhr eines Feststoffes und eines Gases in den Hauptreaktor (2) gefüllt ist,
- der Hauptreaktor (2) mindestens in einem Abschnitt ein oder mehrere langgestreckte Heizelemente (5) in der/den Seele(n) zumindest einer der Transportschnecken (4) aufweist,
- der Biomassevergaser weiterhin einen Sekundärreaktor (3) aufweist und der Sekundärreaktor (3) zumindest an einer Stelle längs des Transportweges des Feststoffes über den ganzen Reaktorquerschnitt eine Feststoffschüttung mit einem Füllungsgrad von 95 bis 100 Vol. % aufweist, und
- der Sekundärreaktor (3) einen höheren Füllungsgrad an Feststoff aufweist als der Hauptreaktor (2),

wobei der Hauptreaktor (2) und nachfolgend der Sekundärreaktor (3) im Gleichstrom einen Feststoffstrom als auch einen Gas-Strom des im Prozess entstehenden Gases aufweist, wobei Hauptreaktor (2) und Sekundärreaktor (3) ggf. Zonen eines Reaktors sind.

2. Biomassevergaser nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Füllungsgrad am Ende des Sekundärreaktors (3) 95 bis 100%, vorzugsweise etwa 100% beträgt.
3. Biomassevergaser nach einem oder mehreren der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das/die Heizelement(e) (5) in der/den Seele(n) im Reaktor als geschlossene Lanze ausgeführt ist(sind), in der(denen) ein Heizgas (6) innen eingeführt wird, bis zum Ende der Lanze innen strömt und dann außen an den Innenwänden der Lanze zurückströmt.
4. Biomassevergaser nach einem oder mehreren der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Vorreaktor (1) eine oder mehrere Transportschnecke(n) ausweist, vorzugsweise eine Doppelschnecke.
5. Biomassevergaser nach einem oder mehreren der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sekundärreaktor (3) eine zusätzliche innere Heizvorrichtung (5) aufweist, vorzugsweise als beheizte Seele ausgebildet, wobei die innere Heizvorrichtung insbesondere nur die vorde-

- ren 2/3, vorzugsweise 50%, des Sekundärreaktors (3) einnimmt.
6. Biomassevergaser nach einem oder mehreren der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Transportschnecke (4) des Hauptreaktors (2) mit Schaufeln ausgestattet ist mit denen der Feststoff aus der Pyrolysatschüttung heraushebbar und wieder zurückfallbar ist.
7. Verfahren zur Vergasung von Biomasse in einem Biomassevergaser mit einem Vorreaktor (1), einem Hauptreaktor (2) und einem Sekundärreaktor (3), **dadurch gekennzeichnet, dass** die Biomasse in dem als Rohrreaktor ausgebildeten Vorreaktor (1) bei Temperaturen von 200 bis 700°C getrocknet, pyrolysiert, durchmischt, transportiert und hierbei ggf. verdichtet wird, und der pyrolysierte bzw. teilpyrolysierte Feststoff in den von außen beheizten Hauptreaktor dosiert wird, der ebenfalls als Rohrreaktor ausgebildet ist, wo eine oder mehrere Transportschnecken (4) mit zumindest einem von außen beheizten langgestreckten Heizelement (5) in einer Seele in zumindest einer der Transportschnecken (4) den Feststoff aufnehmen, der Feststoff auf 700 bis 950 °C erwärmt wird und hierbei unter Umsetzung mit Wasserdampf allotherm unter Mangel an Sauerstoff vergast wird, wobei der Feststoff in den Sekundärreaktor (3) transportiert wird, wo dieser verdichtet wird und wobei der Sekundärreaktor (3) einen Füllungsgrad durch den das Gas strömt von 80 bis 100 Vol.% zumindest zum Ende hin aufweist, der Sekundärreaktor (3) einen höheren Füllungsgrad an Feststoff aufweist als der Hauptreaktor (2) und die entstehenden Gase den Feststoff im Hauptreaktor (2) und Sekundärreaktor (3) im Gleichstrom durchströmen und dem Sekundärreaktor (3) ein Wasserstoff und/oder Kohlenmonoxid reiches Synthesegas zusammen mit Pyrolysekoks entnommen wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Sekundärreaktor (3) eine Temperatur von 600 bis 950 °C, vorzugsweise 800°C bis 850°C herrscht.
9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sekundärreaktor (3) einen Füllungsgrad von 95 bis 100 Vol.% zumindest zum Ende hin, aufweist, durch den das Gas strömt.
10. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** dem Hauptreaktor (2) Calciumoxid zugeführt wird, dass nach Aufnahme von Kohlendioxid im Hauptreaktor (2) u.a. durch Erhitzen recycelt wird, um Calciumoxid zurückzugewinnen.
11. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 7, 8 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass**
- das Verfahren in dem Biomassevergaser nach einem der Ansprüche 1 bis 6 durchgeführt wird.
12. Verfahren nach Anspruch 7 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** aus dem Vorreaktor (1) Biomasse mit einer Restfeuchte in den Hauptreaktor (2) eingebracht wird, die als Vergasungsmittel zur Wasserdampf-Reformierung für den Hauptreaktor (2) dient und erforderlichenfalls Wasser zudosiert wird.
13. Verfahren nach Anspruch 7 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sekundärreaktor (3) einen Ascheausgang im hinteren Bereich aufweist und die austretende Asche zur Heißlufterzeugung einer Luftverbrennung ausgesetzt wird.
14. Verfahren nach Anspruch 7 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch Zufuhrleitungen ein oder mehrere weitere Vergasungsmittel, wie insbesondere Wasserdampf, Luft oder ein Gasgemisch enthaltend oder bestehend aus Sauerstoff, derart, insbesondere in den Sekundärreaktor (3), zugegeben werden, dass diese direkt in die Pyrolysatschüttung eingebracht werden.
15. Verfahren nach Anspruch 7 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Vorreaktor (1), insbesondere in einem Abschnitt den Feststoff derart verdichtet, insbesondere mittels einer Transportschnecke, dass der Durchgangswiderstand für das Gas in Form einer Gasschleuse mindestens auf das doppelte gegenüber dem Durchgangswiderstand am Anfang des Hauptreaktors (2) erhöht wird.

## Claims

### 1. Biomass gasifier, comprising,

- a pre-reactor (1), wherein the pre-reactor (1) comprises an external heating,
- a filling of the pre-reactor (1) with biomass,
- a main reactor (2) containing a solid material, wherein the main reactor comprises at least one screw conveyor (4) and an externally mounted heating device,
- a secondary reactor and,
- solid material in the form of a bulk solids in the secondary reactor, **characterised in that**
- the pre-reactor (1) is at least partially filled with biomass to be transformed and to be dried for feeding a solid material and a gas into the main reactor (2),
- at least one section of the main reactor (2) comprises one or several elongated heating element(s) (5) in the core(s) of at least one of the screw conveyors (4),
- the biomass gasifier furthermore comprises a

secondary reactor (3), wherein the secondary reactor (3) comprises bulk solids with a filling ratio of between 95 and 100 vol.% at least at one point along the transport path of the solid material over the entire cross-section of the reactor, and

- the secondary reactor (3) has a higher solid material filling ratio than the main reactor (2),

wherein the main reactor (2) and subsequently the secondary reactor (3) comprise in parallel flow a solid material flow in addition to a gas flow of the gas generated during the process, wherein the main reactor (2) and the secondary reactor (3) are, if appropriate, areas of a reactor.

2. Biomass gasifier according to claim 1, **characterised in that** the filling ratio at the end of the secondary reactor (3) is between 95 and 100%, preferably approximately 100%.
3. Biomass gasifier according to any of the above claims, **characterised in that** the heating element(s) (5) in the core(s) within the reactor is/are executed as a sealed lance into which a heating gas (6) is introduced, flows inside to the end of the lance and subsequently flows back outside on the internal walls of the lance.
4. Biomass gasifier according to any of the above claims, **characterised in that** the pre-reactor (1) comprises one or several screw conveyor(s), preferably a twin screw.
5. Biomass gasifier according to any of the above claims, **characterised in that** the secondary reactor (3) comprises an additional internal heating device (5), preferably designed as a heated core, wherein the internal heating device in particular only occupies the front 2/3rds, preferably 50%, of the secondary reactor (3).
6. Biomass gasifier according to any of the above claims, **characterised in that** the screw conveyor (4) of the main reactor (2) is equipped with vanes with which the solid material can be lifted out of and allowed to fall back into the pyrolysate bulk.
7. Method for gasification of biomass in a biomass gasifier having a pre-reactor (1), a main reactor (2) and a secondary reactor (3), **characterised in that** the biomass in the pre-reactor (1) designed as a plug flow tube reactor is dried, pyrolysed, blended, transported and in so doing, compacted if necessary at temperatures of between 200 and 700°C and that the pyrolysed and/or partly pyrolysed solid material is dispensed to the externally heated main reactor, which is likewise designed as a plug flow tube reac-

tor, where one or several screw conveyors (4) with at least one externally heated elongated heating element (5) in a core in at least one of the screw conveyors (4) gather the solid material, the solid material is heated to between 700 and 950°C and is in the process gasified allothermically by conversion with steam under lack of oxygen, wherein the solid material is conveyed into the secondary reactor (3), where this material is compacted and wherein the secondary reactor (3) has a filling ratio through which the gas flows of between 80 and 100 vol.% at least towards the end, the secondary reactor (3) has a higher solid material filling ratio than the main reactor (2) and the gases generated flow through the solid material in the main reactor (2) and secondary reactor (3) in parallel flow and a synthesis gas rich in hydrogen and/or carbon monoxide is extracted together with pyrolytic coke from the secondary reactor (3).

8. Method according to claim 7, **characterised in that** a temperature of between 600 and 950°C, preferably between 800°C and 850°C prevails in the secondary reactor (3).
9. Method according to claim 7 or 8, **characterised in that** the secondary reactor (3) has a filling ratio of between 95 and 100 vol.% at least towards the end, through which the gas flows.
10. Method according to claim 7, **characterised in that** calcium oxide is fed to the main reactor (2), that following uptake of carbon dioxide in the main reactor (2), recycling is performed among other means by heating in order to recover calcium oxide.
11. Method according to any of claims 7, 8 or 10, **characterised in that** the method is executed in the biomass gasifier according to one of claims 1 to 6.
12. Method according to claim 7 or 11, **characterised in that** biomass from the pre-reactor (1) with a residual humidity is introduced into the main reactor (2) where it serves as a gasification medium for water vapour reformation for the main reactor (2) and to which water is added if necessary.
13. Method according to claim 7 or 11, **characterised in that** the secondary reactor (3) comprises an ash outlet at the rear and the emerging ash is exposed to generate hot air for air combustion.
14. Method according to claim 7 or 11, **characterised in that** one or several further gasification media, such as in particular water vapour, air or a gas mixture containing or consisting of oxygen is/are added through supply lines, particularly to the secondary reactor (3), such as to be introduced directly into the

pyrolysate bulk.

15. Method according to claim 7 or 11, **characterised in that** the pre-reactor (1), particularly a section thereof, compacts the solid material, particularly by means of a screw conveyor, such that the resistance for the gas is increased at least two-fold in the form of a gas lock in relation to the resistance at the beginning of the main reactor (2).

## Revendications

1. Gazéificateur de biomasse, comprenant

- un préréacteur (1), ledit préréacteur (1) présentant un chauffage extérieur,
- un chargement du préréacteur (1) avec de la biomasse,
- un réacteur principal (2) contenant de la matière solide, ledit réacteur principal présentant au moins une vis transporteuse (4) et un dispositif de chauffage disposé à l'extérieur,
- un réacteur secondaire et
- de la matière solide sous la forme d'un lit de matière solide dans le réacteur secondaire,

### caractérisé en ce que

- le préréacteur (1) est rempli au moins en partie avec de la biomasse à transformer et à sécher pour l'amenée d'une matière solide et d'un gaz dans le réacteur principal (2),
- le réacteur principal (2) présente au moins sur une portion un ou plusieurs éléments chauffants allongés (5) dans l'âme/les âmes d'au moins une des vis transporteuses (4),
- le gazéificateur de biomasse présente en outre un réacteur secondaire (3) et le réacteur secondaire (3) présente au moins en un endroit le long de la voie de transport de la matière solide, sur toute la section transversale du réacteur, un lit de matière solide à un degré de remplissage de 95 à 100 % en volume, et
- le réacteur secondaire (3) présente un degré de remplissage en matière solide plus élevé que le réacteur principal (2),

le réacteur principal (2), et par la suite le réacteur secondaire (3), présente aussi bien un courant de matière solide qu'un courant gazeux du gaz se dégageant au cours du procédé dans le même sens de circulation, le réacteur principal (2) et le réacteur secondaire (3) étant le cas échéant des zones d'un même réacteur.

2. Gazéificateur de biomasse selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le degré de remplissage at-

teint 95 à 100 %, de préférence environ 100 % à l'extrémité du réacteur secondaire (3).

3. Gazéificateur de biomasse selon une ou plusieurs des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'élément chauffant/les éléments chauffants (5) dans l'âme/les âmes du réacteur est/sont conçu(s) sous la forme de lances fermées, dans lesquelles un gaz chauffant (6) est introduit à l'intérieur, lequel circule à l'intérieur jusqu'à l'extrémité de la lance et puis revient vers l'extérieur contre les parois intérieures de la lance.

4. Gazéificateur de biomasse selon une ou plusieurs des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le préréacteur (1) présente une ou plusieurs vis transporteuses, de préférence une double vis.

5. Gazéificateur de biomasse selon une ou plusieurs des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le réacteur secondaire (3) présente un dispositif de chauffage intérieur supplémentaire (5), de préférence conçu sous la forme d'une âme chauffée, le dispositif de chauffage intérieur occupant seulement les 2/3 avant, de préférence les 50 % avant du réacteur secondaire (3).

6. Gazéificateur de biomasse selon une ou plusieurs des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la vis transporteuse (4) du réacteur principal (2) est munie d'aubes grâce auxquelles la matière solide peut être soulevée hors du lit de pyrolysat et peut y retomber à nouveau.

7. Procédé de gazéification de la biomasse dans un gazéificateur de biomasse comprenant un préréacteur (1), un réacteur principal (2) et un réacteur secondaire (3), **caractérisé en ce que** la biomasse présente dans le préréacteur (1) conçu sous la forme d'un réacteur tubulaire est séchée, pyrolysée, mélangée, transportée et le cas échéant compressée, à des températures allant de 200 à 700°C, et la matière solide pyrolysée ou partiellement pyrolysée est alimentée dans le réacteur principal chauffé depuis l'extérieur, lequel est également conçu sous la forme d'un réacteur tubulaire, où une ou plusieurs vis transporteuses (4), comprenant au moins un élément chauffant (5) allongé chauffé depuis l'extérieur dans l'âme d'au moins l'une des vis transporteuses (4), prennent la matière solide, la matière solide est chauffée à une température de 700 à 950°C et est alors gazéifiée de manière allothermique en l'absence d'oxygène par conversion avec de la vapeur d'eau, la matière solide étant transportée dans le réacteur secondaire (3) où celle-ci est compressée et le réacteur secondaire (3), à travers lequel le gaz circule, présentant un degré de remplissage de 80 à 100 % en volume au moins jusqu'à son extrémité,

- le réacteur secondaire (3) présentant un degré de remplissage en matière solide plus élevé que le réacteur principal (2) et les gaz dégagés traversant la matière solide dans le réacteur principal (2) et secondaire (3) dans le même sens de circulation et un gaz de synthèse riche en hydrogène et/ou en monoxyde de carbone étant retiré du réacteur secondaire (3), conjointement avec les cokes de pyrolyse. 5
8. Procédé selon la revendication 7, **caractérisé en ce qu'il** règne dans le réacteur secondaire (3) une température de 600 à 950°C, de préférence de 800°C à 850°C. 10
9. Procédé selon la revendication 7 ou 8, **caractérisé en ce que** le réacteur secondaire (3) présente un degré de remplissage de 95 à 100 % en volume au moins jusqu'à son extrémité, à travers lequel le gaz circule. 15  
20
10. Procédé selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** de l'oxyde de calcium est amené au réacteur principal (2) de manière à permettre, après absorption du dioxyde de carbone dans le réacteur principal (2), son recyclage entre autres par chauffage, pour réobtenir de l'oxyde de calcium. 25
11. Procédé selon une ou plusieurs des revendications 7, 8 ou 10, **caractérisé en ce qu'il** est réalisé dans le gazéificateur de biomasse selon l'une des revendications 1 à 6. 30
12. Procédé selon la revendication 7 ou 11, **caractérisé en ce que** de la biomasse provenant du pré-réacteur (1) et ayant une humidité résiduelle est introduite dans le réacteur principal (2), celle-ci servant d'agent de gazéification pour le reformage de la vapeur d'eau pour le réacteur principal (2), et de l'eau est additionnée en cas de nécessité. 35  
40
13. Procédé selon la revendication 7 ou 11, **caractérisé en ce que** le réacteur secondaire (3) présente une sortie de cendre dans sa zone arrière et la cendre sortante est soumise à une combustion aérienne pour produire de l'air chaud. 45
14. Procédé selon la revendication 7 ou 11, **caractérisé en ce qu'un** ou plusieurs autres agents de gazéification, comme en particulier de la vapeur d'eau, de l'air ou un mélange gazeux contenant ou se composant d'oxygène, sont additionnés par le biais de conduites d'alimentation, en particulier dans le réacteur secondaire (3), de manière à les introduire directement dans le lit de pyrolysat. 50  
55
15. Procédé selon la revendication 7 ou 11, **caractérisé en ce que** le pré-réacteur (1), en particulier sur une portion, compresse la matière solide, notamment au moyen d'une vis transporteuse, de sorte que la résistivité volumique pour le gaz, sous la forme d'une écluse à gaz, soit augmentée au moins du double par rapport à la résistivité volumique à l'entrée du réacteur principal (2).

Fig. 1

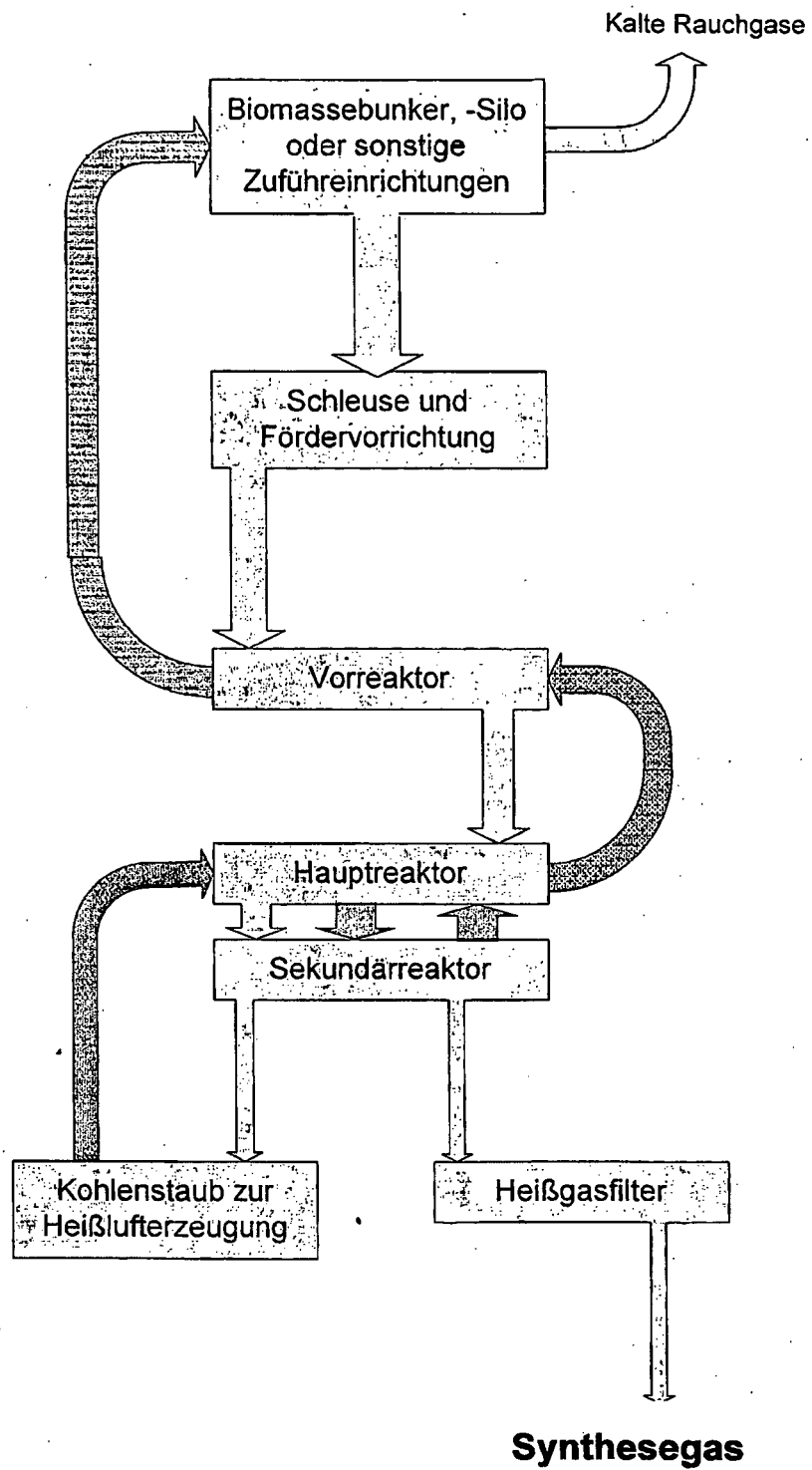
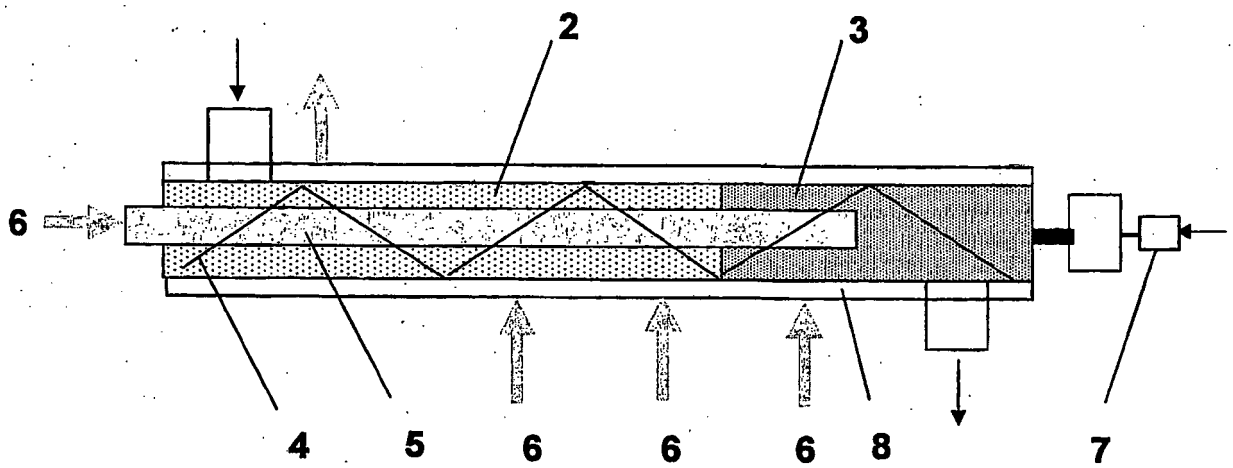


Fig. 2



**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- EP 1447438 A1 [0002] [0003]
- EP 1323810 A [0004]