



(10) **DE 10 2015 000 357 B4** 2021.01.07

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2015 000 357.7**
(22) Anmeldetag: **20.01.2015**
(43) Offenlegungstag: **21.07.2016**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **07.01.2021**

(51) Int Cl.: **C10B 53/00 (2006.01)**
C10B 47/32 (2006.01)
C10B 47/44 (2006.01)
C10J 3/66 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Artmann, Michael, 93185 Michelsneukirchen, DE

(74) Vertreter:
**Lehle, Josef, Dipl.-Ing.Univ., 86529
Schrobenhausen, DE**

(72) Erfinder:
gleich Patentinhaber

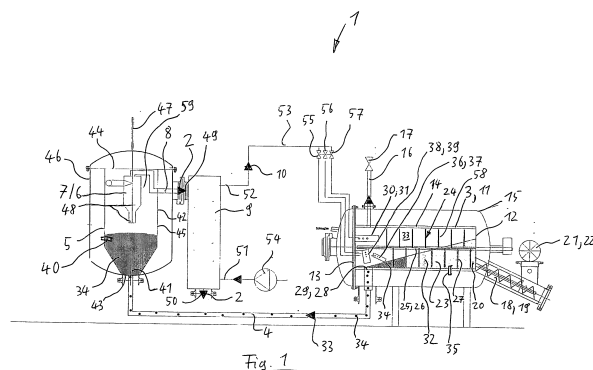
(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	29 27 240	C2
DE	10 2005 026 764	B3
DE	35 44 792	A1
DE	198 35 734	A1
DE	10 2007 012 452	A1
DE	88 09 195	U1
EP	0 263 339	A1
WO	2005/ 028 595	A1

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zur Erzeugung von Produktgas aus kohlenwasserstoffhaltigem Vergasungsmaterial**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung zur Erzeugung von Produktgas aus kohlenwasserstoffhaltigem Vergasungsmaterial, mit

- einer Pyrolysekammer (3) zur Pyrolyse des Vergasungsmaterials (23) durch Wärmeeinwirkung auf das Vergasungsmaterial (23), wobei Kohlenstoff oder Koks (34) und Pyrolysegase (33) gebildet werden,
- einer Reduktionskammer (5) und einer Verbindungsleitung (4) zwischen Pyrolysekammer (3) und Reduktionskammer (5), wobei Kohlenstoff oder Koks (34) und das Pyrolysegas (33) von der Pyrolysekammer (3) über die Verbindungsleitung (4) in die Reduktionskammer (5) derart transportierbar sind, dass sich die Reduktionskammer (5) mit Kohlenstoff oder Koks (34) anfüllt und das Pyrolysegas (33) durch den Kohlenstoff oder Koks (34) geführt wird,
- einer in der Pyrolysekammer (3) vorgesehenen Mischeinrichtung (58), um das Vergasungsmaterial (23) unter ständiger Durchmischung durch die Pyrolyse-Heizeinrichtung (30) zu erwärmen und vom Einbringungsbereich (20) der Pyrolysekammer (3) zum Ausbringungsbereich (29) der Pyrolysekammer (3) zu transportieren und dabei das Vergasungsmaterial (23) in Pyrolysegas (33) und Kohlenstoff oder Koks (34) umzusetzen, wobei die Mischeinrichtung (58) als ein rotierendes Rührwerk (24) mit Drehwelle (26) und daran angeordneten Rührarmen (27) ausgebildet ist, oder die Pyrolysekammer (3) als drehende Trommel mit an der Trommelwand angeordneten, nach innen gerichteten Armen oder Vorsprüngen ausgebildet ist,
- einer Pyrolysegas-Heizeinrichtung (38) zum Einstellen ...



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Erzeugung von Produktgas aus kohlenwasserstoffhaltigem Vergasungsmaterial.

[0002] Aus der DE 10 2005 026 764 B3 ist ein Verfahren zur Vergasung von Festbrennstoff und ein Festbettvergaser bekannt, der nach dem Gegenstromprinzip arbeitet. Vergasungsmaterial wird von oben zugeführt und von oben mit einem Strahlungsbrenner vorgewärmt. Oxidationsmittel wie Luft oder Dampf wird von unten durch das Koks Bett gegen die Brennstoff- bzw. die Vergasungsmaterialfließrichtung zugeführt.

Wenn das Koks Bett oder das Vergasungsmaterialbett zu kalt wird, muss man Luft (bzw. Luftsauerstoff) von unten durch das Koks Bett zuführen, um über die Oxidation von Kohle und Kohlenwasserstoffen Wärme zu erzeugen. Nachteilig dabei ist, dass es hierdurch zu unkontrollierten Temperaturspitzen, Ascheerweichung und damit zu Schlackebildung sowohl im unteren Koks Bett als auch im Vergasungsmaterialbett kommt. Die Schlackeklumpen führen zu einer starken Verringerung der Effizienz des Festbettvergaser, so dass bei zuviel Schlackebildung der Festbettvergaser heruntergefahren werden muss und die Schlacke entfernt werden muss. Diese häufigen Wartungsfälle führen zu langen Stillstandszeiten. Nachteilig ist weiterhin, dass bei Auftreten der Temperaturspitzen bei einer Oxidationsphase Bauteile, wie beispielsweise das Rührwerk übermäßig hohen Temperaturen ausgesetzt werden, so dass diese Bauteile vorzeitig ausfallen und erneuert werden müssen, was ebenso zu Stillstandszeiten und Reparaturkosten führt. Weiterhin ist es nachteilig, dass während der Oxidation im Koks Bett nicht reduziert werden kann, was zu ungleichmäßiger bzw. schlechter Produktgasqualität mit einem hohen Anteil an langkettigen Kohlenwasserstoffen sowie Teer führt. Dies hat wiederum zur Folge, dass die Einrichtungen, die das Produktgas weiter verwenden, stark verschmutzen.

[0003] Weiterhin zeigt die DE 10 2007 012 452 A1 einen Vergaser bei dem ein Vollstrom, der feste flüssige und gasförmige Materialanteile enthält, ausgehend von einer Pyrolyseeinheit über eine Oxidationseinheit in Richtung einer Reduktionseinheit transportiert wird. Zur Durchführung der Pyrolyse in der Pyrolyseeinheit wird eine externe Wärmequelle, wie Abwärme von einem Kraftwerk oder dergleichen verwendet, wobei das Temperaturniveau relativ niedrig ist. Die Wärme wird dabei hauptsächlich durch Wärmeleitung in das Vergasungsmaterial eingebracht. Nachteilig daran ist, dass der Pyrolysevorgang nur langsam abläuft und daher die Pyrolysevorrichtung groß dimensioniert werden muss. In der Oxidationseinheit wird zum Transport und zum Oxidieren insbesondere

re Luft oder Sauerstoff zugeführt. Der Oxidationsvorgang dient der Bereitstellung der notwendigen Energie bzw. Wärme für die nachfolgende Reduktion. Die Einbringung von Luft bzw. Sauerstoff erfolgt sowohl am Eingang der Oxidationseinheit als auch am Ausgang der Oxidationseinheit bzw. am Eingang der Reduktionseinheit, um somit die Temperatur für die Reduktionskammer einstellen zu können. Nachteilig an dieser Anordnung ist, dass sowohl in der Oxidationseinheit also auch am Eingang der Reduktionseinheit das Material direkt in Kontakt mit Luftsauerstoff bzw. Sauerstoff kommt. Hierdurch kommt es zu Temperaturspitzen, die zu Ascheerweichung und zum Verschlacken der Oxidationseinheit und/oder des Reduktionsreaktors führen. Die Temperaturspitzen belasten auch die mechanischen Bauteile der Oxidationseinheit und des Reduktionsreaktors.

[0004] Die WO 2005/ 028 595 A1 zeigt eine Vorrichtung zur Erzeugung von Produktgas aus kohlenwasserstoffhaltigem Vergasungsmaterial. Die Vorrichtung hat eine im Wesentlichen vertikal angeordnete Reduktionskammer, an deren oberen Ende eine Pyrolysekammer angeordnet ist, die sich schräg nach unten erstreckt. Die Pyrolysekammer ist an ihrem Eingang mit einem Schneckenförderer versehen, mit dem Vergasungsmaterial von unten in die Pyrolysekammer gefördert wird. Benachbart zum Eingangsbereich der Pyrolysekammer ist ein Lufteinlass angeordnet, um das Vergasungsmaterial teilweise mit Luftsauerstoff zu verbrennen und dadurch die Pyrolyse zu bewerkstelligen. Im oberen Abschnitt der Reduktionskammer ist ein weiterer Lufteinlass angeordnet, über den Luft eingeblasen wird, um Pyrolysegas zu verbrennen und dadurch die Reduktionskammer zu beheizen.

[0005] Die DE 88 09 195 U1 zeigt eine Vorrichtung zur Erzeugung von Produktgas aus Vergasungsmaterial mit einer im Wesentlichen horizontal angeordneten Pyrolysekammer, in der eine Transportschnecke zum Transportieren des Vergasungsmaterials vom Eingangsbereich zum Ausgangsbereich angeordnet ist. Die Transportschnecke wird von innen über heißes Produktgas beheizt. Die festen Pyrolyseprodukte werden einer Reduktionskammer zugeführt, die über einen Brenner beheizt wird.

[0006] Die DE 29 27 240 C2 zeigt eine Vorrichtung zum Vergasen von Vergasungsmaterial mit Pyrolyse des Vergasungsmaterials und Cracken der Schwelgase. Die Vorrichtung hat eine im Wesentlichen horizontal angeordnete Pyrolysekammer, die an ihrem Eingangsbereich mit einer Förderschnecke zum Beschicken der Pyrolysekammer mit Vergasungsmaterial versehen ist. Die Pyrolysekammer ist an ihrer Innenwand mit hohlen Einbauten (Längsrippen oder Schaufeln) und an ihrer Außenwand mit einem Mantel versehen. Die Pyrolysekammer wird über den Mantel und den hohlen Einbauten von außen mittels

heißer Abgase beheizt. Am Ausgang der Pyrolysekammer ist die Reduktionskammer angeordnet, die über einen Brenner beheizt wird, bei dem Luft zugeführt wird, um Pyrolysegas zu verbrennen.

[0007] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Vorrichtung und ein entsprechendes Verfahren zur Erzeugung von Produktgas aus kohlenwasserstoffhaltigem Vergasungsmaterial zur Verfügung zu stellen, das autonom, sehr betriebsicher und effizient im kontinuierlichen Dauerbetrieb arbeitet, wobei eine hohe Produktgasqualität geliefert wird.

Diese Aufgabe wird bezüglich der Vorrichtung durch die Merkmale des Anspruchs 1 und bezüglich des Verfahrens durch die Merkmale des Anspruchs 8 gelöst.

[0008] Die Vorrichtung zur Erzeugung von Produktgas aus kohlenwasserstoffhaltigem Vergasungsmaterial, hat

eine Pyrolysekammer zur Pyrolyse des Vergasungsmaterials durch Wärmeeinwirkung auf das Vergasungsmaterial, wobei Kohlenstoff oder Koks und Pyrolysegas gebildet werden,

eine Reduktionskammer und eine Verbindungsleitung zwischen Pyrolysekammer und Reduktionskammer, wobei Kohlenstoff oder Koks und das Pyrolysegas von der Pyrolysekammer über die Verbindungsleitung in die Reduktionskammer derart transportierbar sind, dass sich die Reduktionskammer mit Kohlenstoff oder Koks anfüllt und das Pyrolysegas durch den Kohlenstoff oder Koks geleitet wird, wobei

eine Mischeinrichtung (58) in der Pyrolysekammer (3) vorgesehen ist, um das Vergasungsmaterial (23) unter ständiger Durchmischung durch die Pyrolyse-Heizeinrichtung (30) zu erwärmen und vom Einbringungsbereich (20) der Pyrolysekammer (3) zum Ausbringungsbereich (29) der Pyrolysekammer (3) zu transportieren und dabei das Vergasungsmaterial (23) in Pyrolysegas (33) und Kohlenstoff oder Koks (34) umzusetzen, wobei die Mischeinrichtung (58) als ein rotierendes Rührwerk (24) mit Drehwelle (26) und daran angeordneten Rührarmen (27) ausgebildet ist, oder

die Pyrolysekammer (3) als drehende Trommel mit an der Trommelwand angeordneten, nach innen gerichteten Armen oder Vorsprüngen ausgebildet ist, wobei

eine Pyrolysegas-Heizeinrichtung zum Einstellen der Temperatur des Pyrolysegases und damit der Temperatur in der Reduktionskammer auf eine geeignete Solltemperatur derart vorgesehen ist, dass der zugeführte Luftsauerstoff oder Sauerstoff nur in einem vorbestimmten Bereich, gesteuert mit Pyrolysegas und/oder Kohlenstoff oder Koks zur Wärmeerzeugung in Kon-

takt kommt und verbrannt wird, wobei die Schüttung von Vergasungsmaterial in der Pyrolysekammer einschließlich der Schüttung von Koks in der Pyrolysekammer und die Schüttung von Koks in der Reduktionskammer nicht mit Luftsauerstoff oder Sauerstoff in Kontakt kommt,

und/oder

eine Pyrolyse-Heizeinrichtung zum Einstellen der Pyrolysetemperatur in der Pyrolysekammer auf eine geeignete Solltemperatur derart vorgesehen ist, dass der zugeführte Luftsauerstoff oder Sauerstoff nur in einem vorbestimmten Bereich, gesteuert mit Pyrolysegas und/oder Kohlenstoff oder Koks zur Wärmeerzeugung in Kontakt kommt und verbrannt wird, wobei die Schüttung von Vergasungsmaterial in der Pyrolysekammer einschließlich der Schüttung von Koks in der Pyrolysekammer nicht mit Luftsauerstoff oder Sauerstoff in Kontakt kommt.

[0009] Dadurch, dass die Temperatur des Pyrolysegases und damit die Temperatur in der Reduktionskammer auf eine geeignete Solltemperatur durch eine separate Pyrolysegas-Heizeinrichtung eingestellt wird, wobei das Vergasungsmaterial oder das Gasgemisch oder der Kohlenstoff oder Koks nur in einem vorbestimmten Bereich, gesteuert mit Sauerstoff oder Luftsauerstoff in Berührung kommt, werden Temperaturspitzen in der Schüttung von Koks in der Reduktionskammer bzw. in dem in der Reduktionskammer befindlichen Koks Bett vermieden und somit Ascheerweichung und Schlackebildung in der Schüttung von Koks in der Reduktionskammer bzw. im Koks Bett vermieden. Das Verfahren läuft somit sehr betriebsicher ab, wobei eine kontinuierlich gute Produktgasqualität erzeugbar ist.

[0010] Dadurch, dass die Wärme zur Durchführung der Pyrolyse in der Pyrolysekammer zwar unter Verbrennung von Pyrolysegasen mit Luftsauerstoff oder Sauerstoff jedoch derart erfolgt, dass das Vergasungsmaterial oder das Pyrolysegas oder der Kohlenstoff oder Koks nur in einem vorbestimmten Bereich, gesteuert mit Luftsauerstoff oder Sauerstoff in Kontakt kommt, werden Temperaturspitzen in der in der Pyrolysekammer befindlichen Schüttung von Vergasungsmaterial und Koks vermieden und somit Ascheerweichung und Schlackebildung in der in der Pyrolysekammer befindlichen Schüttung von Vergasungsmaterial und Koks vermieden. Das Verfahren läuft somit sehr betriebsicher ab, wobei eine kontinuierlich gute Produktgasqualität erzeugbar ist.

[0011] In einer bevorzugten Ausführung ist die Pyrolysegas-Heizeinrichtung als ein Gasbrenner oder als ein Strahlungsbrenner ausgebildet, wobei der Brenner Pyrolysegas aus der Pyrolysekammer mit von außen zugeführter Luft oder Sauerstoff oxidiert. Hierbei werden Oxidationsgase gebildet, die in die Pyro-

lysekammer und/oder in die Verbindungsleitung und/oder in den Eingangsbereich der Reduktionskammer eingeleitet werden können. Weiterhin ist die Pyrolyse-Heizeinrichtung als ein Strahlungsbrenner ausgebildet, wobei dieser Strahlungsbrenner Pyrolysegas aus der Pyrolysekammer mit von außen zugeführter Luft oder Sauerstoff oxidiert. Hierbei werden Oxidationsgase gebildet, die in die Pyrolysekammer und/oder in die Verbindungsleitung und/oder in den Einbringungsbereich der Reduktionskammer eingeleitet werden können. Durch die Verwendung von einem Strahlungsbrenner bei der Pyrolyse-Heizeinrichtung wird die Wärme in die Schüttung von Vergasungsmaterial und sich bildendem Koks über Strahlung eingeleitet, was den Vorteil hat, dass das zu erwärmende Vergasungsmaterial oder Kohlenstoff oder Koks nicht mit Sauerstoff oder Luftsauerstoff oder einer Flamme, die Restsauerstoff enthalten kann, in Berührung kommt, wie dies beim direkten Oxidieren mittels direkter Zufuhr von Luft oder Sauerstoff in das Vergasungsmaterial oder in den Koks der Fall wäre. Somit wird eine partielle Überhitzung und eine Ascheerweichung und Schlackebildung in der in der Pyrolysekammer befindlichen Schüttung von Vergasungsmaterial und Koks vermieden.

[0012] Durch die Verwendung von einem Gasbrenner oder einem Strahlungsbrenner bei der Pyrolyse-Heizeinrichtung wird das Pyrolysegas aufgeheizt, das dann weiter in die Reduktionskammer strömt und dort die Schüttung von Koks über den Strom von heißem Pyrolysegas auf die Solltemperatur aufheizt, wo der in der Reduktionskammer befindliche Kohlenstoff oder Koks nicht mit Sauerstoff oder Luftsauerstoff oder einer Flamme in Berührung kommt, wie dies beim direkten Oxidieren mittels direkter Zufuhr von Luft oder Sauerstoff die in der Reduktionskammer befindlichen Koksschüttung der Fall wäre. Somit wird eine partielle Überhitzung und eine Ascheerweichung und Schlackebildung in der in der Reduktionskammer befindlichen Schüttung von Koks vermieden.

[0013] Die bei den Strahlungsbrennern oder Gasbrennern erzeugten Oxidationsgase enthalten keinen freien Sauerstoff mehr, da in den Brennern der Pyrolyse-Heizeinrichtung und der Pyrolysegas-Heizeinrichtung eine vollständige Umsetzung des von außen zugeführten Sauerstoffs erfolgt. Das bei den Brennern erzeugte Oxidationsgas kann daher direkt in die Pyrolysekammer abgegeben werden, ohne dass die Gefahr einer Nachoxidation besteht. Beim Durchlaufen der Reduktionskammer wird dieses Oxidationsgas wieder reduziert.

[0014] In einer bevorzugten Ausführung hat die Pyrolysekammer einen Ausbringungsbereich für Pyrolysegas und Kohlenstoff oder Koks und die Reduktionskammer einen Einbringungsbereich für Pyrolysegas und Kohlenstoff oder Koks, wobei die Verbindungslei-

tung den Ausbringungsbereich der Pyrolysekammer mit dem Einbringungsbereich der Reduktionskammer verbindet. Die Pyrolysegas-Heizeinrichtung ist am Ausbringungsbereich der Pyrolysekammer und/oder an der Verbindungsleitung zwischen Pyrolysekammer und Reduktionskammer und/oder am Einbringungsbereich der Reduktionskammer angeordnet, wobei die Oxidationsgase der Pyrolyse-Heizeinrichtung und/oder der Pyrolysegas-Heizeinrichtung stromauf der Pyrolysegas-Heizeinrichtung in den Pyrolysegasstrom eingeleitet werden, so dass sich die Oxidationsgase mit den Pyrolysegasen vermischen und ein Gasgemisch ausbilden und das Gasgemisch durch die Pyrolysegas-Heizeinrichtung auf die Solltemperatur geheizt und das Gasgemisch durch den in der Reduktionskammer befindlichen Kohlenstoff oder Koks geführt wird, wobei Oxidationsgase reduziert werden und langkettige Kohlenwasserstoffe des Pyrolysegases gekrackt werden.

[0015] In einer bevorzugten Ausführung ist die Pyrolyse-Heizeinrichtung in der Pyrolysekammer angeordnet. Der Einbringungsbereich für Vergasungsmaterial und der Ausbringungsbereich für Pyrolysegas und Kohlenstoff oder Koks sind innerhalb der Pyrolysekammer horizontal voneinander beabstandet. Weiterhin ist erfindungsgemäß eine Mischeinrichtung in der Pyrolysekammer vorgesehen, um das Vergasungsmaterial unter ständiger Durchmischung durch die Pyrolyse-Heizeinrichtung zu erwärmen und vom Einbringungsbereich der Pyrolysekammer zum Ausbringungsbereich der Pyrolysekammer zu transportieren und dabei das Vergasungsmaterial in Pyrolysegas und Kohlenstoff oder Koks umzusetzen.

[0016] In einer bevorzugten Ausführung ist eine Zünd-Heizeinrichtung zum Starten und Hochfahren des Pyrolyseprozesses in der Pyrolysekammer vorgesehen. Die Zünd-Heizeinrichtung ist bevorzugt als Gasbrenner oder als Strahlungsbrenner ausgebildet, in dem Luftsauerstoff und Pyrolysegas oder andere Brennstoffe oxidiert werden, um Wärme zum Starten der Pyrolyse zu erzeugen.

[0017] Erfindungsgemäß ist die Mischeinrichtung als ein rotierendes Rührwerk mit Drehwelle und daran angeordneten Rührarmen ausgebildet. Die Mischeinrichtung kann auch als eine in der Pyrolysekammer angeordnete, sich drehende Trommel mit an der Trommelwand angeordneten, nach innen gerichteten Armen oder Vorsprüngen ausgebildet sein.

[0018] In einer bevorzugten Ausführung ist eine Reinigungseinrichtung zum Reinigen des Produktgases im Ausbringungsbereich der Reduktionskammer vorgesehen. Die Reinigungseinrichtung ist bevorzugt als Zyklon ausgebildet.

[0019] In einer bevorzugten Ausführung ist ein Wärmetauscher zum Abkühlen des Produktgases vorge-

sehen, der durch Luft gekühlt wird. Beim Durchströmen der Luft durch den Wärmetauscher erwärmt sich die Luft, die nun vorteilhaft als vorgewärmte Luft der Pyrolyse-Heizeinrichtung und/oder der Pyrolysegas-Heizeinrichtung als Verbrennungsluft zugeführt werden kann.

[0020] Das Verfahren zum Betreiben der Vorrichtung zur Erzeugung von Produktgas aus kohlenwasserstoffhaltigem Vergasungsmaterial, hat die Schritte:

- Pyrolyse des Vergasungsmaterials in einer Pyrolysekammer durch Wärmeeinwirkung auf das Vergasungsmaterial, wobei Kohlenstoff oder Koks und Pyrolysegase gebildet werden;
- Transportieren des Kohlenstoffs oder Koks und des Gasgemischs in eine Reduktionskammer über eine Verbindungsleitung zwischen Pyrolysekammer und Reduktionskammer derart, dass die Reduktionskammer sich mit Kohlenstoff oder Koks anfüllt und das Pyrolysegas durch den Kohlenstoff oder Koks geführt wird, und
- Einstellen der Temperatur des Pyrolysegases und damit der Temperatur in der Reduktionskammer auf eine geeignete Solltemperatur durch eine separate Pyrolyse-Heizeinrichtung derart, dass der zugeführte Luftsauerstoff oder Sauerstoff nur in einem vorbestimmten Bereich, gesteuert mit Pyrolysegas und/oder Kohlenstoff oder Koks zur Wärmeerzeugung in Kontakt kommt und verbrannt wird, wobei die Schüttung von Vergasungsmaterial in der Pyrolysekammer einschließlich der Schüttung von Koks in der Pyrolysekammer und die Schüttung von Koks in der Reduktionskammer nicht mit Luftsauerstoff oder Sauerstoff in Kontakt kommt, und/oder
- Einstellen der Pyrolysetemperatur in der Pyrolysekammer auf eine geeignete Solltemperatur durch eine Pyrolyse-Heizeinrichtung derart, dass der zugeführte Luftsauerstoff oder Sauerstoff nur in einem vorbestimmten Bereich, gesteuert mit Pyrolysegas und/oder Kohlenstoff oder Koks zur Wärmeerzeugung in Kontakt kommt und verbrannt wird, wobei die Schüttung von Vergasungsmaterial in der Pyrolysekammer einschließlich der Schüttung von Koks in der Pyrolysekammer nicht mit Luftsauerstoff oder Sauerstoff in Kontakt kommt.

[0021] Vorteilhafterweise laufen die Schritte des Verfahrens als kontinuierlicher Vorgang oder unter kontinuierlicher Zufuhr kleiner Einheiten (Chargen) ab.

[0022] Die Erfindung wird nachstehend in Form eines bevorzugten Ausführungsbeispiels anhand der Zeichnung näher erläutert.

[0023] Es zeigt:

Fig. 1 eine erfindungsgemäße Ausführungsform der Vorrichtung zur Erzeugung von Produktgas aus kohlenwasserstoffhaltigem Vergasungsmaterial.

[0024] Gemäß **Fig. 1** hat die Vorrichtung **1** zum Erzeugen von Produktgas **2** aus kohlenwasserstoffhaltigem Material bzw. Vergasungsmaterial **23** eine Pyrolysekammer **3**, die über eine Verbindungsleitung **4** mit einer Reduktionskammer **5** verbunden ist. In der Reduktionskammer **5** ist eine Reinigungseinrichtung **6** für das Produktgas **2** in Form eines Zyklons **7** angeordnet. Das Produktgas **2** wird über eine Produktgasleitung **8** aus der Reinigungseinrichtung **6** ausgeleitet und durch einen Wärmetauscher **9** geleitet, der mit Luft **10** gekühlt wird. Die sich im Wärmetauscher **9** erwärmende, das Produktgas **2** abkühlende Luft **10** dient als vorgewärmte Luft **10** für Verbrennungsvorgänge in der Vorrichtung **1** zur Erzeugung von Produktgas **2**.

[0025] Die Pyrolysekammer **3** ist als horizontal angeordneter Zylinder **11** mit einer ersten Stirnwand **12** und einer zweiten Stirnwand **13** und einer Mantelwand **14** ausgebildet, der von einem druckresistenten Kessel **15** umgeben ist. An einem oberen Abschnitt der Mantelfläche **14** ist eine Abgasleitung **16** angeordnet, die über ein Abgasventil **17** geöffnet und geschlossen werden kann. An der ersten Stirnwand **12** des Zylinders **11** ist eine in Form eines Schneckenförderers **19** ausgebildete Fördereinrichtung **18** angeordnet und definiert einen Einbringungsbereich **20** in die als Zylinder **11** ausgebildete Pyrolysekammer **3**. Stromauf ist an der Fördereinrichtung **18** eine als Zellschleuse **22** ausgebildete Schleuse **21** angeordnet, über die in den Zylinder **11** bzw. die Pyrolysekammer **3** Vergasungsmaterial **23** kontinuierlich bzw. in kleinen durch die Größe der Zellen der Schleuse **21** vorgegebenen Chargen zugeführt werden kann.

[0026] Im Zylinder **11** ist eine Mischeinrichtung **58** in Form eines Rührwerks **24** zum Durchmischen des Vergasungsmaterials **23** angeordnet. Das Rührwerk **24** hat eine horizontal, bevorzugt konzentrisch zur Mittelachse **25** des Zylinders **11** angeordnete Drehwelle **26** von der sich radial eine Vielzahl von Rührarmen **27** erstrecken. Die Rührarme **27** können mit angeordneten Schaufeln versehen sein, um das im Zylinder **11** befindliche Vergasungsmaterial **23** von der ersten Stirnwand **12** des Zylinders **11** in Richtung zur zweiten Stirnwand **13** des Zylinders **11** zu transportieren.

[0027] An der zweiten Stirnwand **13** oder benachbart zur zweiten Stirnwand **13** des Zylinders **11** ist eine Öffnung **28** an der unteren Mantelwand **14** des liegenden Zylinders **11** ausgebildet, die einen Ausbringungsbereich **29** definiert. An der Öffnung **28** ist die Verbindungsleitung **4** zur Reduktionskammer **5** angeordnet. Benachbart zur zweiten Stirnwand **13** des Zy-

linders **11** ist eine als Pyrolyse-Strahlungsbrenner **31** ausgebildete Pyrolyse-Heizeinrichtung **30** derart angeordnet, dass die mit dem Pyrolyse-Strahlungsbrenner **31** erzeugte Wärme auf die vom Einbringungsbereich **20** zum Ausbringungsbereich **29** hin abfallende Schüttung **32** von Vergasungsmaterial **23** gerichtet ist. Durch das ständige Rühren durch das Rührwerk **24** wird das Vergasungsmaterial **23** gleichmäßig durchwärmt, so dass das Vergasungsmaterial **23** auf dem Weg vom Einbringungsbereich **20** zum Ausbringungsbereich **29** vergast bzw. pyrolysiert wird, wobei Pyrolysegase **33** und Koks **34** oder Kohlenstoff gebildet werden. Der Pyrolyse-Strahlungsbrenner **31** wird mit extern zugeführter, aus dem Wärmetauscher **9** stammender, vorgewärmter Luft und mit Pyrolysegas **33**, das der Pyrolysekammer **3** entnommen wird, betrieben. Die hierbei entstehenden Oxidationsgase enthalten keinen Sauerstoff mehr und werden in die Pyrolysekammer **3** abgegeben und vermischen sich mit Pyrolysegas **33**.

In der Pyrolysekammer **3** ist an einem mittleren Abschnitt ein Temperaturfühler **35**, der die Temperatur im inneren der Schüttung **32** des Vergasungsmaterials **23** erfasst.

[0028] Benachbart zur zweiten Stirnwand **13** des Zylinders **11** bzw. zum Ausbringungsbereich **29** ist eine Zünd-Heizeinrichtung **36** in Form eines Zünd-Gasbrenners **37** angeordnet, der zum Starten und Hochfahren der Pyrolyse in der Pyrolysekammer **3** dient und auf die abfallende Schüttung **32** von Vergasungsmaterial **23** gerichtet ist. Die Zünd-Heizeinrichtung **36** kann auch als Strahlungsbrenner ausgebildet sein. Während der Hochlaufphase der Vorrichtung **1** zum Vergasen von kohlenwasserstoffhaltigem Material bzw. Vergasungsmaterial **23** wird der Zünd-Gasbrenner **37** bzw. die Zünd-Heizeinrichtung **36** mit externem Brennmateriel, bevorzugt gasförmige oder flüssige Brennstoffe und mit (vorgewärmter) Luft (bevorzugt aus dem Wärmetauscher **9**) versorgt, bis sich über die beginnenden Pyrolyse Pyrolysegase **33** bilden. Sobald sich genügend Pyrolysegas **33** in der Pyrolysekammer **3** bildet, kann der Zünd-Gasbrenner **37** mit Pyrolysegas **33** betrieben werden, das der Pyrolysekammer **3** entnommen wird. Das beim Zünd-Gasbrenner **37** entstehende Oxidationsgas enthält keinen Sauerstoff mehr und kann daher in die Pyrolysekammer **3** abgegeben werden und vermischt sich mit dem Pyrolysegas **33**.

[0029] Der Pyrolyse-Strahlungsbrenner **31** und auch bei Bedarf der Zünd-Gasbrenner **37** werden in Abhängigkeit der durch den Temperaturfühler **35** erfassten Temperatur des Vergasungsmaterials **23** derart gesteuert, dass das Vergasungsmaterial **23** permanent auf einer Vergasungstemperatur von bevorzugt 500 bis 600°C und die Pyrolysekammer **3** auf 750 - 850°C gehalten werden kann.

[0030] Benachbart bzw. über dem Ausbringungsbereich **29** bzw. der Öffnung **28** ist eine Pyrolysegas-Heizeinrichtung **38** in Form eines Pyrolysegas-Gasbrenners **39** angeordnet, der die Gase insbesondere Pyrolysegas und Oxidationsgase aus den Brennern der Pyrolysekammer **3** und das sich gebildete Koks bzw. Kohlenstoff auf eine geeignete Solltemperatur von bevorzugt 800-1000°C erwärmt bevor das Gemisch aus Gasen (wie Pyrolysegas und Oxidationsgase) und Koks und Kohlenstoff über die Verbindungsleitung **4** durch pneumatischen, in der Pyrolysekammer **3** sich ausbildenden Überdruck gefördert wird. Die Pyrolysegas-Heizeinrichtung **38** heizt somit über die in die Reduktionskammer **5** geförderten Materialien die Reduktionskammer **5** auf die vorbestimmte Solltemperatur für die in der Reduktionskammer **5** ablaufenden Prozesse auf. Um die Temperatur in der Reduktionskammer **5** einzustellen, ist die Reduktionskammer **5** mit einem Temperaturfühler **40** versehen, wobei die Leistung des Pyrolysegas-Gasbrenners **39** in Abhängigkeit der vom Temperaturfühler **40** erfassten Temperatur gesteuert wird. Die Oxidationsgase des Pyrolysegas-Gasbrenners **39** enthalten keinen unverbrannten Sauerstoff mehr, daher können die Oxidationsgase des Pyrolysegas-Gasbrenners **39** in die Pyrolysekammer **3** abgegeben werden, so dass sie sich mit Pyrolysegas **33** vermischen und ein Gasgemisch ausbilden.

[0031] Der Pyrolysegas-Gasbrenner **40** kann anstatt benachbart zur Öffnung **28** auch in der Verbindungsleitung **4** oder im Einbringungsbereich **41** der Reduktionskammer **5** angeordnet sein. Die Oxidationsgase des Pyrolysegas-Gasbrenners **39** und auch bevorzugt des Zünd-Gasbrenners **37** und des Pyrolyse-Strahlungsbrenners **31** werden vorteilhaft stromauf der Pyrolysegas-Heizeinrichtung **38** in den Pyrolysegasstrom eingeleitet, da dann das so entstehende Gasgemisch zusammen mit dem Pyrolysekoks und dem Pyrolysegas mit lediglich einem, nämlich dem Pyrolysegas-Gasbrenner **39** auf Solltemperatur geheizt werden.

[0032] Die Reduktionskammer **5** ist als ein vertikal angeordneter Zylinder **42** mit einer unteren Stirnwand **43** und einer oberen Stirnwand **44** und einer Mantelwand **45** ausgebildet. Der untere Abschnitt des Zylinders **42** ist kegelförmig nach unten hin sich verjüngend ausgebildet. Die Verbindungsleitung **4** ist in einem mittigen Abschnitt der unteren Stirnwand **43** angeordnet und definiert somit den Einbringungsbereich **41** der Reduktionskammer **5**. Der als Reinigungseinrichtung **6** für Produktgas **2** dienende Zyklon **7** ist zentral im oberen Abschnitt der Reduktionskammer **5** angeordnet. Die Reduktionskammer **5** ist mit einem äußeren Druckkessel **46** umgeben. Am oberen Abschnitt des äußeren Druckkessels **46** der Reduktionskammer **5** ist eine Betätigungseinrichtung bevorzugt in Form eines Druckluftzylinders **47** angeordnet. Im mittleren unteren Abschnitt des Zyklons **7** ist ein

Ventil **48** vorgesehen, das das untere Rohr des Zyklons **7** durch Aktivieren des Druckluftzylinders öffnen und schließen kann. Immer wenn sich im unteren Abschnitt des Zyklons **7** genügend Koks **34** abgeschieden hat, wird das Ventil **48** geöffnet und der abgeschiedene Koks **34** wird wieder in die Reduktionskammer **5** zurückgeführt.

[0033] Der Zyklon **7** ist bevorzugt in einem Ausbringungsbereich **59** innerhalb der Reduktionskammer **5** angeordnet, weil dann die abgeschiedenen Koks - Partikel gleich wieder in die Reduktionskammer **5** zurück fallen. Der Zyklon **7** bzw. die Reinigungseinrichtung **6** kann jedoch auch außerhalb der Reduktionskammer **5** angeordnet werden.

[0034] Der Wärmetauscher **9** hat einen Produktgas-einlass **49**, einen Produktgasauslass **50**, einen Luft-einlass **51** und einen Luftauslass **52**. Der Wärmetauscher **9** arbeitet nach dem Gegenstromprinzip. Stromauf des Lufteinlasses **51** ist in einer Luftleitung **53** eine Luftfördereinrichtung **54** angeordnet. Die Luft wird über die Luftleitung **53** und über ein Zündluft-ventil **55** dem Zünd-Gasbrenner **37** und über ein Pyrolysegasluftventil **56** dem Pyrolysegas-Gasbrenner **39** und über ein Pyrolyseluftventil **57** dem Pyrolyse-Strahlungsbrenner **31** zugeführt.

[0035] Die Verbrennung von Luft mit Pyrolysegas erfolgt im Pyrolyse-Strahlungsbrenner **31**, im Pyrolysegas-Gasbrenner **39** und im Zünd-Gasbrenner **37** nur innerhalb des jeweiligen Brenners bei Brennstoffüberschuß, so dass kein freier Sauerstoff oder Luftsauerstoff den jeweiligen Brenner verlässt. Abgas bzw. Oxidationsgase aus den Brennern **31**, **39**, **37** enthalten keinen Sauerstoff mehr und werden in die Pyrolysekammer **3** geleitet. Die Wärmeübertragung des Pyrolyse-Strahlungsbrenners **31** zur in der Pyrolysekammer befindlichen Schüttung von Vergasungsmaterial **23** erfolgt über Strahlung, was den Vorteil hat, dass das Vergasungsmaterial **23** nicht mit einer Flamme in Berührung kommt, sondern gleichmäßig an der Oberfläche durch Wärmestrahlung erwärmt wird. Das Rührwerk **24** sorgt dabei dafür, dass die Schüttung von Vergasungsmaterial **23** gleichmäßig durchwärmt wird und die Pyrolyse in der gesamten Schüttung von Vergasungsmaterial **23** erfolgt. Bei dieser Methode zum Erwärmen des Vergasungsmaterials **23** wird vermieden, dass Luft oder Sauerstoff durch die Schüttung des Vergasungsmaterials geleitet wird, so dass Temperaturspitzen und damit Schlackebildung in der Schüttung von Vergasungsmaterial **23** eliminiert sind. Da es keine Temperaturspitzen gibt, werden auch die mechanischen Bauteile der Pyrolysekammer geschont und haben somit eine lange Lebensdauer und lange Wartungsintervalle.

[0036] Der Pyrolysegas-Gasbrenner **39** heizt das sich in der Pyrolysekammer gebildete Pyrolysegas auf, das sich mit Oxidationsgas insbesondere aus

den Brennern **31** und **39** vermischt hat. In dem Gasgemisch aus Pyrolysegas **33** und Oxidationsgas schweben auch Kohlenstoff oder Koksteilchen **34**. Das Gasgemisch mit darin schwebenden Koks **34** strömt durch Überdruck in die Reduktionskammer **5**, so dass die Reduktionskammer über einen Wärmestrom beheizt wird und dass sich eine Schüttung von Koks **34** im unteren Abschnitt der Reduktionskammer **5** bildet. Somit wird vermieden, dass die Schüttung aus Koks in der Reduktionskammer über direkte Einleitung von Luft oder Sauerstoff in die Schüttung von Koks **34** beheizt werden muss, was zur Vermeidung von Temperaturspitzen in der Schüttung von Koks **34** und damit Schlackebildung in der Reduktionskammer führt. Durch die Vermeidung von Temperaturspitzen werden auch die mechanischen Bauteile geschont, was eine lange Lebensdauer der Bauteile und lange Wartungsintervalle bedingt.

[0037] Die Inbetriebnahme und das Hochfahren der Vorrichtung zum Vergasen von kohlenwasserstoffhaltigen Vergasungsmaterial erfolgt, wie nachstehend erläutert.

[0038] Über die Schleuse **21** und die Fördereinrichtung **18** wird die Pyrolysekammer **3** über den Einbringungsbereich **20** mit Vergasungsmaterial **23** befüllt, bis eine schräge Schüttung **32** von Vergasungsmaterial **23**, die ausgehend vom Einbringungsbereich **20** hin zum Ausbringungsbereich **29** schräg abfällt, innerhalb der Pyrolysekammer **3** ausgebildet ist. Als Vergasungsmaterial **23** werden kohlenwasserstoffhaltige Feststoffe wie Holz, bevorzugt in Form von Hackschnitzel, Pellet, Hobelspäne oder dergleichen oder auch Autoreifenschnitzel oder anderes Biomaterial, wie gehäckseltes Stroh, Gras, Elefantengras usw. verwendet.

[0039] Unter Verwendung von extern zugeführtem gasförmigem oder flüssigem Brennmaterial und über das Zündluftventil **55** zugeführte Luft wird der Zünd-Strahlungsbrenner **37** in Gang gesetzt. Wenn sich genügend Pyrolysegas **33** gebildet hat, wird auch der Pyrolyse-Strahlungsbrenner **31** gestartet, der mit Luft über das Pyrolyseluftventil **57** versorgt wird, und der sich aus der Pyrolysekammer **3** Pyrolysegas entnimmt. Ebenso wird der Pyrolysegas-Strahlungsbrenner **39** in Betrieb gesetzt, der sich Pyrolysegas aus der Pyrolysekammer **3** entnimmt und mit Luft über das Pyrolysegasluftventil **56** versorgt wird. Da beim Hochfahren zuviel Oxidationsgas durch die drei Brenner **31**, **37** und **39** gebildet wird, kann das Rauchgas über das Abgasventil **17** und über die Abgasleitung **16** abgeführt werden, bis sich ein Gleichgewicht und ein kontinuierlicher Prozess eingestellt hat. Das Abgasventil **17** ist bei normalem Betrieb geschlossen. Über sich in der Pyrolysekammer **3** bildenden Überdruck werden die Produkte der Pyrolyse, wie Pyrolysegas **33** und Koks **34** oder Kohlenstoff zusammen mit dem Oxidationsgas aus den Brennern **31**, **37** und

39 über die Verbindungsleitung **4** in die Reduktionskammer **5** gefördert und die Reduktionskammer **5** füllt sich von unten mit Koks **34** oder Kohlenstoff an. Dieser Koks **34** wird nun von Pyrolysegas und Oxidationsgas durchströmt. Beim Durchströmen von Pyrolysegas und Oxidationsgas durch den Koks **34** wird das Oxidationsgas reduziert, wobei sich Kohlenmonoxid, Wasserstoff und Methan bildet und es werden die Pyrolysegase gekrackt, so dass langkettigen Kohlenwasserstoffen in kurzkettigen Kohlenwasserstoffen umgesetzt werden.

[0040] Im Hochgefahren Zustand ist der Prozess bzw. das Verfahren zum Vergasen oder Pyrolysieren von Vergasungsmaterial **23** in Gleichgewicht und das Abgasventil **17** ist geschlossen. Das Vergasungsmaterial **23** wird kontinuierlich bzw. in den kleinen Chargen über die Schleuse **21** und über die Fördereinrichtung **18** zugeführt. Unter Einwirkung der Strahlungswärme aus dem Pyrolyse-Strahlungsbrenner **31** wird das Vergasungsmaterial **23** unter ständigem Rühren des Rührwerks **24** auf der Pyrolysetemperatur von bevorzugt 500°C bis 600°C gehalten. Diese Pyrolysetemperatur wird eingestellt, indem die Leistung des Pyrolyse-Strahlungsbrenner **31** und bei Bedarf auch der Zünd-Strahlungsbrenner **37** in Abhängigkeit von der durch den Temperaturfühler **35** für Vergasungsmaterial erfassten Temperatur des Vergasungsmaterials **23** geregelt wird.

[0041] Bei der Pyrolyse des Vergasungsmaterials **23** entsteht Pyrolysegas **33**, das vor allem Kohlenwasserstoffe, Kohlenstoff, Methanol, Wasserdampf und auch Kohlendioxid enthält. Pyrolysegas **33** und Koks **34** zusammen mit den Oxidationsgasen aus dem Pyrolyse-Strahlungsbrenner **31**, dem Zünd-Strahlungsbrenner **37** und dem Pyrolysegas-Strahlungsbrenner **39** werden über die Verbindungsleitung **4** mittels in die Reduktionskammer herrschendem pneumatischem Überdruck in die Reduktionskammer **5** geleitet. Der Pyrolysegas-Strahlungsbrenner **39**, der am Ausbringungsbereich **29** bzw. über der Öffnung **28** zur Verbindungsleitung **4** angeordnet ist, heizt das Pyrolysegas **33**, den Koks **34** oder Kohlenstoff und die Oxidationsgase aus den Strahlungsbrennern **31**, **37** und **39** auf die Solltemperatur von bevorzugt 800°C bis 1000°C für die Prozesse in der Reduktionskammer **5** in Abhängigkeit der durch den Temperaturfühler **40** erfassten Temperatur der Reduktionskammer **5** auf. Die Reduktionskammer **5** füllt sich dabei bis zu einem vorbestimmten Niveau mit Koks **34** oder Kohlenstoff auf, der zum Reduzieren von Oxidationsgasen und zum Cracken von langkettigen in kurzkettigen Kohlenwasserstoffen dient. Beim Reduzieren von Oxidationsgasen entstehen aus Kohlendioxid, Wasser oder Wasserdampf und glühendem Kohlenstoff insbesondere die Produkte Kohlenmonoxid, Wasserstoff und Methan. Diese Stoffe bilden zusammen mit den gekrackten kurzkettigen Kohlenwasserstoffen im Wesentlichen das Produktgas **2**.

[0042] Indem in der Vorrichtung **1** insbesondere in der Pyrolysekammer **3** das Vergasungsmaterial **23** nicht dadurch beheizt wird, dass in das Vergasungsmaterial **23** direkt Sauerstoff oder Luft eingeleitet wird und es so zur Teilverbrennung des Vergasungsmaterials **23** kommt, sondern, dass das Vergasungsmaterial **23** unter ständiger Vermischung über den Pyrolyse-Strahlungsbrenner **31** ausschließlich indirekt, bevorzugt über Strahlungswärme beheizt wird, kommt es nicht zu Temperaturspitzen im Vergasungsmaterial **23** und damit nicht zur Ascherweichung und zur Schlackebildung. Das gleich trifft für die Reduktionskammer **5** zu. Indem in der Vorrichtung **1** insbesondere in der Reduktionskammer **5** das Material wie Koks **34** oder Kohlenstoff und das Pyrolysegas **33** nicht dadurch beheizt wird, dass in dieses Material direkt Sauerstoff oder Luft eingeleitet wird und es so zur Teilverbrennung von Pyrolysegas und Kohlenstoff kommt, sondern, dass der Kohlenstoff und das Pyrolysegas zusammen mit den Oxidationsgasen (nämlich Kohlendioxid und Wasserdampf) aus dem Pyrolyse-Strahlungsbrenner **31**, dem Pyrolysegas-Gasbrenner **39** und dem Zünd-Gasbrenner **37** ausschließlich über indirekte Beheizung durch die Beheizung des Stroms aus Pyrolysegas und Oxidationsgas (Gasgemisch) durch den Pyrolysegas-Gasbrenner **39** beheizt werden, kommt es nicht zu Temperaturspitzen im Koks Bett und damit nicht zur Ascherweichung und zur Schlackebildung. Die Beheizung von Vergasungsmaterial, Pyrolysegas, Koks oder Kohlenstoff und Oxidationsgase erfolgt immer dadurch dass das Material indirekt beheizt wird und nie direkt mit Sauerstoff in Kontakt kommt.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Erzeugung von Produktgas aus kohlenwasserstoffhaltigem Vergasungsmaterial, mit
 - einer Pyrolysekammer (3) zur Pyrolyse des Vergasungsmaterials (23) durch Wärmeeinwirkung auf das Vergasungsmaterial (23), wobei Kohlenstoff oder Koks (34) und Pyrolysegase (33) gebildet werden,
 - einer Reduktionskammer (5) und einer Verbindungsleitung (4) zwischen Pyrolysekammer (3) und Reduktionskammer (5), wobei Kohlenstoff oder Koks (34) und das Pyrolysegas (33) von der Pyrolysekammer (3) über die Verbindungsleitung (4) in die Reduktionskammer (5) derart transportierbar sind, dass sich die Reduktionskammer (5) mit Kohlenstoff oder Koks (34) anfüllt und das Pyrolysegas (33) durch den Kohlenstoff oder Koks (34) geführt wird,
 - einer in der Pyrolysekammer (3) vorgesehenen Mischeinrichtung (58), um das Vergasungsmaterial (23) unter ständiger Durchmischung durch die Pyrolyse-Heizeinrichtung (30) zu erwärmen und vom Einbringungsbereich (20) der Pyrolysekammer (3) zum Ausbringungsbereich (29) der Pyrolysekammer (3) zu transportieren und dabei das Vergasungsmaterial (23) in Pyrolysegas (33) und Kohlenstoff oder Koks (34) umzusetzen, wobei die Mischeinrichtung (58) als

ein rotierendes Rührwerk (24) mit Drehwelle (26) und daran angeordneten Rührarmen (27) ausgebildet ist, oder

die Pyrolysekammer (3) als drehende Trommel mit an der Trommelwand angeordneten, nach innen gerichteten Armen oder Vorsprüngen ausgebildet ist,

- einer Pyrolysegas-Heizeinrichtung (38) zum Einstellen der Temperatur des Pyrolysegas (33) und damit der Temperatur in der Reduktionskammer (5) auf eine geeignete Solltemperatur derart, dass der zugeführte Luftsauerstoff oder Sauerstoff nur in einem vorbestimmten Bereich, gesteuert mit Pyrolysegas und/oder Kohlenstoff oder Koks zur Wärmeerzeugung in Kontakt kommt und verbrannt wird, wobei die Schüttung von Vergasungsmaterial (23) in der Pyrolysekammer (3) einschließlich der Schüttung von Koks (34) in der Pyrolysekammer (3) und die Schüttung von Koks (34) in der Reduktionskammer (5) nicht mit Luftsauerstoff oder Sauerstoff in Kontakt kommt, und/oder

- einer Pyrolyse-Heizeinrichtung (30) zum Einstellen der Pyrolysetemperatur in der Pyrolysekammer (3) auf eine geeignete Solltemperatur derart, dass der zugeführte Luftsauerstoff oder Sauerstoff nur in einem vorbestimmten Bereich, gesteuert mit Pyrolysegas und/oder Kohlenstoff oder Koks zur Wärmeerzeugung in Kontakt kommt und verbrannt wird, wobei die Schüttung von Vergasungsmaterial (23) in der Pyrolysekammer (3) einschließlich der Schüttung von Koks (34) in der Pyrolysekammer (3) nicht mit Luftsauerstoff oder Sauerstoff in Kontakt kommt.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Pyrolysegas-Heizeinrichtung (38) als ein Gasbrenner oder als ein Strahlungsbrenner (39) ausgebildet ist und dass die Pyrolysegas-Heizeinrichtung (38) Pyrolysegas aus der Pyrolysekammer (3) mit von außen zugeführter Luft oder Sauerstoff oxidiert, wobei Oxidationsgase gebildet werden, und dass die Oxidationsgase der Pyrolysegas-Heizeinrichtung (38) in die Pyrolysekammer (3) und/oder in die Verbindungsleitung (4) und/oder in den Eingangsbereich der Reduktionskammer (5) einleitbar sind, und/oder dass die Pyrolyse-Heizeinrichtung (30) als ein Strahlungsbrenner (31) ausgebildet ist und dass der Strahlungsbrenner (31) Pyrolysegas aus der Pyrolysekammer (3) mit von außen zugeführter Luft oder Sauerstoff oxidiert, wobei Oxidationsgase gebildet werden, und dass die Oxidationsgase der Pyrolyse-Heizeinrichtung (30) in die Pyrolysekammer (3) und/oder in die Verbindungsleitung (4) und/oder in den Einbringungsbereich der Reduktionskammer (5) einleitbar sind.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Pyrolysekammer (3) einen Ausbringungsbereich (29) für Pyrolysegas (33) und Kohlenstoff oder Koks (34) und dass die Reduktionskammer (4) einen Einbringungsbereich (41) für Pyrolysegas (33) und Kohlenstoff oder Koks (34) hat,

wobei die Verbindungsleitung (4) den Ausbringungsbereich (29) der Pyrolysekammer (3) mit dem Einbringungsbereich (41) der Reduktionskammer (5) verbindet, und dass die Pyrolysegas-Heizeinrichtung (38) am Ausbringungsbereich (29) der Pyrolysekammer (3) und/oder an der Verbindungsleitung (4) zwischen Pyrolysekammer (3) und Reduktionskammer (5) und/oder am Einbringungsbereich (41) der Reduktionskammer (5) angeordnet ist, wobei die Oxidationsgase der Pyrolyse-Heizeinrichtung (30) und/oder der Pyrolysegas-Heizeinrichtung (38) stromauf der Pyrolysegas-Heizeinrichtung (38) in den Pyrolysegasstrom einleitbar sind, so dass die Oxidationsgase mit den Pyrolysegasen (33) vermischt werden und ein Gasgemisch ausbilden und das Gasgemisch durch die Pyrolysegas-Heizeinrichtung (38) auf die Solltemperatur geheizt und das Gasgemisch durch den in der Reduktionskammer (5) befindlichen Kohlenstoff oder Koks (34) geführt wird.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Pyrolyse-Heizeinrichtung (30) in der Pyrolysekammer (3) angeordnet ist und dass der Einbringungsbereich (20) für Vergasungsmaterial (23) und der Ausbringungsbereich (29) für Pyrolysegas (33) und Kohlenstoff oder Koks (34) innerhalb der Pyrolysekammer (3) horizontal voneinander beabstandet sind.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Zünd-Heizeinrichtung (36) zum Starten und Hochfahren des Pyrolyseprozesses in der Pyrolysekammer (3) vorgesehen ist, und dass die Zünd-Heizeinrichtung (36) als ein Gasbrenner (37) oder als ein Strahlungsbrenner (37) ausgebildet ist, in denen Luftsauerstoff und Pyrolysegas oder andere Brennstoffe oxidiert werden.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Reinigungseinrichtung (6) zum Reinigen des Produktgases (2) im Ausbringungsbereich (59) der Reduktionskammer (5) vorgesehen ist, wobei die Reinigungseinrichtung (6) bevorzugt als Zyklon (7) ausgebildet ist.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Wärmetauscher (9) zum Abkühlen des Produktgases (2) vorgesehen ist, der durch Luft gekühlt wird, wobei die derart vorgewärmte Luft der Pyrolyse-Heizeinrichtung (30) und/oder der Pyrolysegas-Heizeinrichtung (38) als Verbrennungsluft zugeführt wird.

8. Verfahren zum Betreiben der Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7 zur Erzeugung von Produktgas aus kohlenwasserstoffhaltigem Vergasungsmaterial, durch die Schritte:

- Pyrolyse des Vergasungsmaterials (23) in einer Pyrolysekammer (3) durch Wärmeeinwirkung auf das

Vergasungsmaterial (23), wobei Kohlenstoff oder Koks (34) und Pyrolysegase (33) gebildet werden;

- Transportieren des Kohlenstoffs oder Koks (34) und des Pyrolysegases (33) in eine Reduktionskammer (5) über eine Verbindungsleitung (4) zwischen Pyrolysekammer (3) und Reduktionskammer (5) derart, dass die Reduktionskammer (5) sich mit Kohlenstoff oder Koks (34) anfüllt und das Pyrolysegas (33) durch den Kohlenstoff oder Koks (34) geführt wird, **gekennzeichnet durch**

- Einstellen der Temperatur des Pyrolysegases (33) und damit der Temperatur in der Reduktionskammer (5) auf eine geeignete Solltemperatur durch eine separate Pyrolysegas-Heizeinrichtung (38) derart, dass der zugeführte Luftsauerstoff oder Sauerstoff nur in einem vorbestimmten Bereich, gesteuert mit Pyrolysegas und/oder Kohlenstoff oder Koks zur Wärmeerzeugung in Kontakt kommt und verbrannt wird, wobei die Schüttung von Vergasungsmaterial (23) in der Pyrolysekammer (3) einschließlich der Schüttung von Koks (34) in der Pyrolysekammer (3) und die Schüttung von Koks (34) in der Reduktionskammer (5) nicht mit Luftsauerstoff oder Sauerstoff in Kontakt kommt, und/oder

- Einstellen der Pyrolysetemperatur in der Pyrolysekammer (3) auf eine geeignete Solltemperatur durch eine Pyrolyse-Heizeinrichtung (30) derart, dass der zugeführte Luftsauerstoff oder Sauerstoff nur in einem vorbestimmten Bereich, gesteuert mit Pyrolysegas und/oder Kohlenstoff oder Koks zur Wärmeerzeugung in Kontakt kommt und verbrannt wird, wobei die Schüttung von Vergasungsmaterial (23) in der Pyrolysekammer (3) einschließlich der Schüttung von Koks (34) in der Pyrolysekammer (3) nicht mit Luftsauerstoff oder Sauerstoff in Kontakt kommt.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schritte des Verfahrens als kontinuierlicher Vorgang oder unter kontinuierlicher Zufuhr kleiner Einheiten ablaufen.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

