



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
02.04.2008 Patentblatt 2008/14

(51) Int Cl.:
F23G 7/06 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **07017365.3**

(22) Anmeldetag: **05.09.2007**

(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
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU

(72) Erfinder:
• **Barth, Frank**
71384 Weinstadt (DE)
• **Hänel, Matthias**
74394 Hessigheim (DE)

(30) Priorität: **12.09.2006 DE 102006042708**
14.07.2007 DE 102007032952

(74) Vertreter: **Grosse, Rainer et al**
Gleiss Grosse Schrell & Partner
Patentanwälte Rechtsanwälte
Leitzstrasse 45
70469 Stuttgart (DE)

(71) Anmelder: **KBA-MetalPrint GmbH**
70435 Stuttgart (DE)

(54) **Verfahren zum Betreiben einer thermisch-regenerativen Abluftreinigungsanlage**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer thermisch-regenerativen Abluftreinigungsanlage, bei der mit flüchtigen Kohlenwasserstoffen belastete Abluft zum Aufheizen durch einen Wärmetauscher, insbesondere keramischen Wärmetauscher, und anschließend eine mit Brenner versehene Brennkammer geleitet wird, mit folgenden Schritten:
- Ermitteln der Wärmetauschertemperatur im Wärmetauscher,

- Ermitteln der Brennkammertemperatur in der Brennkammer und
- Einstellen der Brennerbetriebsweise in Abhängigkeit von der Wärmetauschertemperatur und der Brennkammertemperatur.

Insbesondere erfolgt ein Einstellen eines Bereichs der Reaktionstemperatur innerhalb der Anlage in Abhängigkeit von der Wärmetauschertemperatur und der Brennkammertemperatur.

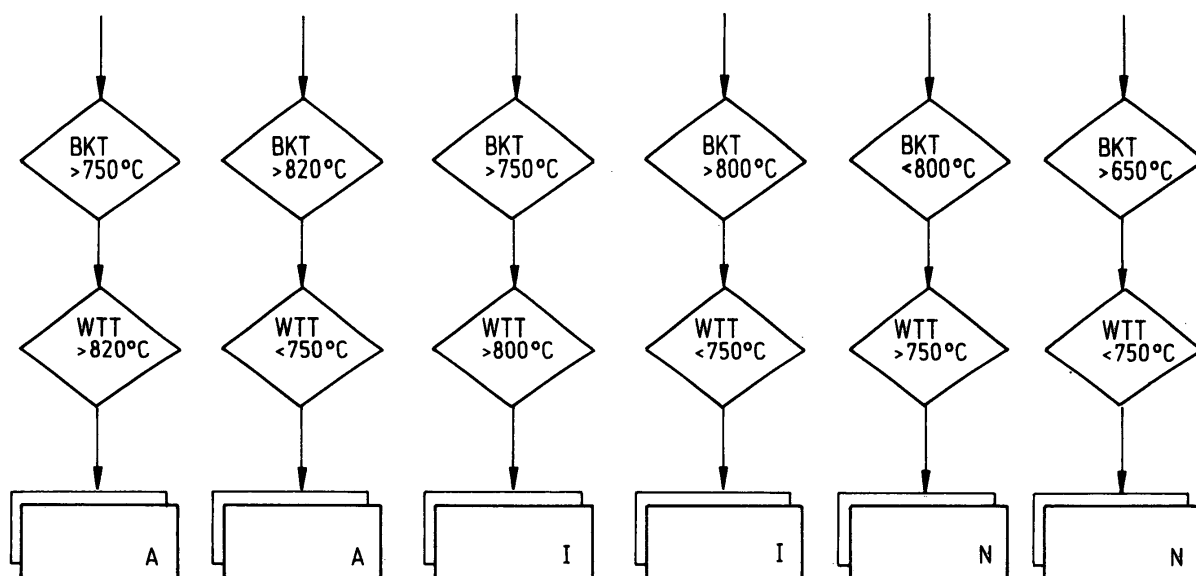


Fig.4

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer thermisch-regenerativen Abluftreinigungsanlage, bei der mit flüchtigen Kohlenwasserstoffen belastete Abluft zum Aufheizen durch einen Wärmetauscher, insbesondere keramischen Wärmetauscher, und anschließend durch eine mit Brenner versehene Brennkammer geleitet wird.

[0002] Ein Verfahren der vorstehenden Art ist bekannt. Es dient dazu, die Kohlenwasserstoffe aus der Abluft durch Totaloxidation zu entfernen, sodass die Rohgas darstellende, belastete Abluft als Reingas, also ohne Schadstoffe, in die Umwelt abgegeben werden kann. Der Wärmetauscher weist insbesondere mehrere Betten auf, die abwechselnd in verschiedenen Betriebsarten, nämlich Rohgasbetrieb, Reingasbetrieb und Spülbetrieb betrieben werden. Im Rohgasbetrieb wird die belastete Abluft durch das Bett hindurchgeleitet, wobei das Bett zuvor durch hindurchgeleitetes, heißes Reingas erhitzt wurde. Im Reingasbetrieb wird das heiße, aus der Brennkammer kommende Reingas durch das entsprechende Bett geleitet, sodass es aufgeheizt wird, um anschließend im Rohgasbetrieb die Oxidation der Kohlenwasserstoffe vornehmen zu können. Im Spülbetrieb wird ein Bett betrieben, um sicherzustellen, dass beim Übergang eines Bettes vom Rohgasbetrieb in den Reingasbetrieb kein Rohgas in die Atmosphäre gelangt, d.h., es muss sichergestellt sein, dass sich kein Rohgas mehr im Bett befindet. Hierzu wird aus der Brennkammer stammendes Reingas durch das zu spülende Bett geleitet und wieder dem Rohgasstrom zugeführt. Die vorstehenden Ausführungen zum Stand der Technik gelten ebenfalls für das entsprechende Vorgehen beim Gegenstand des erfindungsgemäßen Verfahrens, sodass bei der Erläuterung der Erfindung hierauf verwiesen wird. Wird belastete Abluft mit relativ hohen Beladungen von flüchtigen Kohlenwasserstoffen gereinigt, so ist festzustellen, dass unerwünschte Temperaturprofile in den Wärmetauscher, also in die Betten, hineinwandern. Diese "Übertemperatur" im Wärmetauscher (Bett) gegenüber der Brennkammer entsteht aufgrund frei werdender Reaktionsenergie des hoch beladenen Rohgases, das sich noch im Bett befindet, also noch nicht die Brennkammer erreicht hat. Dies kann dazu führen, dass ein relativ hoher Temperaturgradient nach dem Ablufteintritt beziehungsweise vor dem Reingasaustritt entsteht. Dies führt dazu, dass die Betten z.B. vom autothermen Betrieb, in dem keine Stützenergie durch den Brenner der Brennkammer notwendig ist, in einen überautothermen Betrieb übergehen, d.h., die Temperatur in den Betten erhöht sich, während die Brennkammertemperatur relativ niedrig ist. Es kann beispielsweise vorkommen, dass in den Betten Temperaturen über 1.000 °C entstehen, während im Brennraum nur 800 °C herrschen. Hohe Temperaturen in den Betten, insbesondere auch Hot-Spots in den Betten, können zu Beschädigungen der Wärmetauscherstruktur, insbesondere der Wärmetauscherkeramik, führen.

[0003] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Betreiben einer thermisch-regenerativen Abluftreinigungsanlage zu schaffen, bei der eine Überhitzung der Betten sowie ein zu hoher Temperaturunterschied zwischen den Betten vermieden wird. Vielmehr bleibt das gewünschte Verhältnis zwischen der jeweiligen Betttemperatur und der Brennkammertemperatur erhalten.

[0004] Zur Lösung dieser Aufgabe wird ein Verfahren mit folgenden Schritten durchgeführt:

- Ermitteln der Wärmetauschertemperatur im Wärmetauscher,
- Ermitteln der Brennkammertemperatur in der Brennkammer und
- Einstellen der Brennerbetriebsweise in Abhängigkeit von der Wärmetauschertemperatur und der Brennkammertemperatur.

[0005] Demzufolge wird der Brenner der Brennkammer in unterschiedlichen Betriebsweisen betrieben, wobei die jeweilige Betriebsweise sowohl von der Wärmetauschertemperatur als auch von der Brennkammertemperatur abhängig ist. Demzufolge werden zunächst die Temperaturen im Wärmetauscher und in der Brennkammer ermittelt. Diese Temperaturen stellen das Kriterium dar, wie der Brenner betrieben wird. Aufgrund der verschiedenen Brennerbetriebsweisen erfolgt ein mehr oder weniger großer Energieeintrag in die Brennkammer, wobei derart vorgegangen wird, dass ein zu starkes Aufheizen des Wärmetauschers nicht auftritt. Insbesondere ist der Verfahrensschritt vorgesehen, dass ein Einstellen eines Bereichs der Reaktionstemperatur innerhalb der Anlage in Abhängigkeit von der Wärmetauschertemperatur (Betttemperatur) und der Brennkammertemperatur erfolgt.

[0006] Insbesondere ist vorgesehen, dass der Brenner in den Brennerbetriebsweisen:

- Normalbetrieb mit kontinuierlicher, stöchiometrischer Beflammung oder
- Injektionsbetrieb mit abwechselnder, nicht stöchiometrischer Beflammung durch zeitweise erfolgreicher Zufuhr von Brennstoff mit Luft einerseits und zeitweise erfolgreicher Zufuhr von nur Brennstoff andererseits oder
- Autothermbetrieb ohne Beflammung durch Ausschalten der Brennstoffzufuhr betrieben wird.

[0007] Im Autothermbetrieb kann insbesondere eine Totaloxidation der Kohlenwasserstoffe der Abluft im Wärmetauscher erfolgen, ohne dass eine Stützbeflammung durch den Brenner notwendig ist. Im Normalbetrieb wird derart viel Brennstoff, insbesondere Gas, dem Bren-

ner zugeführt, dass ein stöchiometrischer Betrieb vorliegt. Dieser Betrieb erfolgt kontinuierlich, d.h., es wird zeitlich gleichbleibend beflammt. Im Injektionsbetrieb wird ein nicht kontinuierlicher Betrieb gefahren, der überdies nicht stöchiometrisch ist. Abwechselnd erfolgt eine Beflammung mit Brennstoff und Luft einerseits und nur Brennstoff andererseits. Es wird also zusätzlich Luft injiziert. Dies jedoch nicht kontinuierlich, sondern alternierend mit einem reinen Gasbetrieb.

[0008] Es ist vorteilhaft, wenn -wie erwähnt- als Brennstoff des Brenners Gas verwendet wird.

[0009] Nach einer Vorgehensart ist vorzugsweise vorgesehen, dass der Normalbetrieb in einem ersten Temperaturbereich der Wärmetauschartemperatur und in einem ersten Temperaturbereich der Brennkammertemperatur erfolgt, dass der Injektionsbetrieb in einem zweiten Temperaturbereich der Wärmetauschartemperatur und einem zweiten Temperaturbereich der Brennkammertemperatur erfolgt, wobei die zweiten Temperaturbereiche vorzugsweise oberhalb der ersten Temperaturbereiche liegen, und dass der Autothermbetrieb erfolgt, wenn ein dritter Temperaturbereich der Wärmetauschartemperatur und ein dritter Temperaturbereich der Brennkammertemperatur vorliegt, wobei die dritten Temperaturbereiche vorzugsweise oberhalb der zweiten Temperaturbereiche liegen.

[0010] In einer alternativen Vorgehensart ist vorgesehen, dass der Normalbetrieb erfolgt, wenn die Wärmetauschartemperatur und die Brennkammertemperatur innerhalb bestimmter Temperaturbereiche liegen oder der Injektionsbetrieb erfolgt, wenn die Wärmetauschartemperatur und die Brennkammertemperatur in entsprechend anderen Temperaturbereichen liegen oder der Autothermbetrieb erfolgt, wenn die Wärmetauschartemperatur und die Brennkammertemperatur in wiederum entsprechend anderen Temperaturbereichen liegen.

[0011] Vorzugsweise ist vorgesehen, dass in einem vierten Temperaturbereich der Wärmetauschartemperatur und in einem vierten Temperaturbereich der Brennkammertemperatur ein Überautothermbetrieb erfolgt, wobei die vierten Temperaturbereiche oberhalb der dritten Temperaturbereiche liegen. Hierbei ist insbesondere vorgesehen, dass im Überautothermbetrieb trotz ausgeschaltetem Brenner die Temperatur im Wärmetauscher und/oder in der Brennkammer ansteigt. Durch die Oxidation, insbesondere Totaloxidation, der Kohlenwasserstoffe der Abluft im Wärmetauscher erfolgt im Überautothermbetrieb - ohne dass eine Stützbeflammung durch den Brenner erfolgt - eine Wärmeentwicklung, die derart groß ist, dass der erwähnte weitere Temperaturanstieg beziehungsweise die weiteren Temperaturanstiege erfolgen.

[0012] Bevorzugt ist vorgesehen, dass insbesondere im Überautothermbetrieb zum Stoppen oder Verringern des Temperaturanstiegs im Wärmetauscher und/oder in der Brennkammer die Abluft oder ein Anteil davon aus der Brennkammer direkt, insbesondere nach außen abgeleitet wird, ohne dass der Wärmetauscher oder ein Be-

reich/Bett von ihm durch die Abluft aufgeheizt wird. Demzufolge wird Wärme nach außen, also an die Außenatmosphäre abgeführt, sodass diese nicht in der Abluftreinigungsanlage verbleibt, wodurch es zu einem Stoppen oder Verringern des erwähnten Temperaturanstiegs beziehungsweise der erwähnten Temperaturanstiege kommt. Die abgeführte Wärme steht demzufolge nicht mehr zur Verfügung, um den Wärmetauscher oder einen Bereich/Bett von ihm und/oder die Brennkammer weiter zu erhitzen. Die abgeleitete Abluft, die Reingas darstellt, also nicht mehr durch Kohlenwasserstoffe belastet ist, gelangt vorzugsweise direkt ins Freie, wird also nicht dazu verwendet, um einen Bereich/ein Bett des Wärmetauschers aufzuheizen, das heißt, sie wird von der Brennkammer nicht in diesen Bereich/in dieses Bett geleitet, sondern daran vorbei (mittels Bypass beziehungsweise Kurzschluss) direkt nach außen. Wird - zu einem späteren Zeitpunkt - dieser Bereich des Wärmetauschers beziehungsweise das Bett genutzt, um noch nicht gereinigte Abluft aufzuheizen, bevor diese in die Brennkammer einströmt, so trifft diese Abluft beim Durchströmen des Bereichs/Betts auf eine entsprechend weniger stark vorgeheizte Wärmetauschersubstanz. Hieraus wird deutlich, dass insgesamt das Gesamtsystem weniger stark erhitzt wird.

[0013] Vorzugsweise kann vorgesehen sein, dass der den erwähnten Bypass/Kurzschluss durchströmende Abluftvolumenstrom (Reingas) der Abluft mittels einer Stelleinrichtung/Verschließeinrichtung einstellbar/einregelbar ist. Demzufolge lässt sich die direkt nach außen abgeführte Wärme einstellen/einregeln.

[0014] Insbesondere ist vorgesehen, dass der Wärmetauscher mehrere, insbesondere drei Betten aufweist, die abwechselnd in den Betriebsarten Rohgasbetrieb, Reingasbetrieb und Spülbetrieb betrieben werden. Auf die verschiedenen Betriebsarten wurde eingangs bereits zum Stand der Technik eingegangen, wobei dies auch für den Gegenstand der Erfindung gilt. Ferner ist es vorteilhaft, wenn die Betttemperatur in jedem der Betten ermittelt wird. Hierzu werden in den Betten entsprechende Temperaturerfassungseinrichtungen installiert.

[0015] Bevorzugt wird derart vorgegangen, dass in Abhängigkeit der jeweiligen Betttemperatur der Betten die Betten derart unterschiedlich betrieben werden, dass sich Temperaturunterschiede der Betttemperaturen möglichst verkleinern oder zu Null werden. Das unterschiedliche Betreiben erfolgt insbesondere derart, dass die unterschiedlichen Betriebsarten angewendet werden, also für den Rohgasbetrieb, den Reingasbetrieb und/oder den Spülbetrieb dasjenige Bett ausgewählt wird, das beispielsweise gegenüber den anderen oder mindestens einem anderen Betten heißer oder kühler ist, derart, dass sich die Temperaturen der Betten möglichst schnell aneinander angleichen. Auch hierdurch wird ein effektiver und langlebiger Betrieb ohne dass Beschädigungen auftreten garantiert.

[0016] Insbesondere erfolgt die Anwendung der verschiedenen Betriebsarten, um die Betttemperatur zu

vergleichmäßigen, wenn mindestens der Temperaturunterschied zwischen einem Bett und einem anderen Bett > 250°C ist.

[0017] Nach einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass das Betreiben der Abluftreinigungsanlage in Abhängigkeit von einer Reaktionstemperatur in einem vorgegebenen Temperaturbereich erfolgt. Insbesondere ist es dabei vorteilhaft, wenn bei der Reaktionstemperatur sowohl die Brennkammertemperatur als auch die Betttemperatur berücksichtigt wird. Demzufolge erfolgt die Betriebsführung nicht wie bisher nur unter Berücksichtigung der Brennkammertemperatur, sondern unter Berücksichtigung aller Temperaturen, d.h., also nicht nur der Brennkammertemperatur, sondern auch der Betttemperatur. Demzufolge werden dann nicht mehr die Festlegungen zur Einstellung der Abluftreinigungsanlage in Abhängigkeit von der Brennkammertemperatur -wie heute üblich- getroffen, sondern in Abhängigkeit der Brennkammertemperatur und der Betttemperatur. Sofern es sich um eine Mehrbettenanlage handelt, kann die Temperatur eines Betts oder es können die Temperaturen mehrerer Betten herangezogen werden.

[0018] Ferner ist es vorteilhaft, wenn die Zeitdauern, in denen die Betriebsarten Rohgasbetrieb, Reingasbetrieb oder Spülbetrieb vorliegen, Zykluszeiten sind und dass insbesondere im Überautothermbetrieb zum Stoppen oder Verringern des Temperaturanstiegs im Wärmetauscher die Zykluszeit des Reingasbetriebs verlängert wird, sodass sich die Temperatur der an die Umgebung/Außenatmosphäre abgeführten Abluft erhöht. Diese Maßnahme führt zu einer Temperaturverringerung im Gesamtsystem, da durch ein längeres Hindurchleiten von aus der Brennkammer stammenden Reingases durch den entsprechenden Bereich/das entsprechende Bett des Wärmetauschers die Wärme durch die Schüttung des Wärmetauschers weiter hindurchgetragen wird, das heißt, die aus dieser Schüttung austretende und an die Außenatmosphäre abgegebene Abluft (Reingas) wird eine umso höhere Ablufttemperatur aufweisen, je länger diese Zykluszeit des Reingasbetriebs ist. Die Folge ist, dass demnach eine entsprechende Wärmemenge an die Außenatmosphäre abgeführt wird, quasi "über den Schornstein herausgefahren" wird. Wird die Zykluszeit beispielsweise von drei Minuten Reingasbetrieb auf fünf Minuten Reingasbetrieb erhöht, so führt dies zu dem genannten Wärmeaustrag aus dem System, sodass insgesamt die Abluftreinigungsanlage dementsprechend "kühl" bleibt, also ein weiterer Temperaturanstieg verhindert oder abgeschwächt wird.

[0019] Die Figuren veranschaulichen die Erfindung und zwar zeigt:

Figur 1 eine schematische Ansicht einer thermischregenerativen Abluftreinigungsanlage in einer ersten Betriebsart,

Figur 2 die Darstellung der Figur 1 in einer anderen Betriebsart,

Figur 3 ein Diagramm,

Figur 4 verschiedene Flussbilder und

5 Figur 5 ein weiteres Diagramm.

[0020] Die Figur 1 zeigt eine Abluftreinigungsanlage 1, die einen Wärmetauscher 2 in Form von drei Betten 3, 4 und 5 aufweist, die mit keramischen Wabenkörpern ausgestattet sind. Um mit flüchtigen Kohlenwasserstoffen belastete Abluft K, die Rohgas darstellt, zu reinigen, also von den Kohlenwasserstoffen zu befreien, wird diese durch eines der Betten 3 bis 5, in Figur 1 momentan Bett 4, geleitet. Das Bett 4 ist auf eine hohe Temperatur, beispielsweise 800 °C, vorgeheizt. Anschließend gelangt das Abgas K in eine Brennkammer 6 der Abluftreinigungsanlage 1, wobei in der Brennkammer 6 ein Brenner 7 mit einer Flamme 8 angeordnet ist. Der Brenner 7 erzeugt eine Stütztemperatur. Durch die Beaufschlagung der Abluft K mit der im Bett 4 herrschenden Temperatur werden die Kohlenwasserstoffe oxidiert, sodass aus dem Rohgas Reingas wird. Dieses in der Brennkammer vorhandene Reingas wird anschließend durch das Bett 5 geleitet, um es aufzuheizen. Anschließend erfolgt eine Abgabe des Reingases gemäß Pfeil 9 an die Umgebung/Außenatmosphäre. Mittels gestrichelter Pfeile ist angedeutet, dass es in einer anderen Betriebsart auch möglich ist, dass Reingas sowohl durch das Bett 5 als auch durch das Bett 3 zu leiten. Nach einer gewissen Zeit erfolgt eine Umtaktung, d.h., die Abluft K wird nicht mehr durch das Bett 4 geleitet, sondern durch das Bett 3 oder durch das Bett 5. Dementsprechend wird das Bett 4 nunmehr verwendet, um das Reingas hindurchzuleiten, damit es sich wieder aufheizt, da es zuvor Energie an das Rohgas gegeben hatte.

[0021] Um zu verhindern, dass bei einem Übergang von dem Rohgasbetrieb eines Betts 3, 4 oder 5 in den Reingasbetrieb Rohgas in das Reingas gelangt, erfolgt -gemäß Figur 2- ein sogenannter Spülbetrieb. Hierbei wird Reingas gemäß Pfeil 10 aus der Brennkammer 6 durch ein Bett (z.B. Bett 3) geleitet, das zuvor Rohgas geführt hat, um Rohgasreste auszuspülen, die gemäß Pfeil 11 zusammen mit dem Reingas in den belasteten Abluftstrom K rückgeführt werden, sodass sich ein Kreislauf ergibt, der solange aufrechterhalten wird, bis das Bett 3 keine Rohgasreste mehr aufweist.

[0022] Insbesondere bei einer hohen Belastung der Abluft mit Kohlenwasserstoffen kann es vorkommen, dass sich die Wärmetauschertemperatur WTT, also die Temperatur in mindestens einem Bett 3 bis 5 des Wärmetauschers 2 unzulässig stark erhöht, insbesondere größer ist, als die Brennkammertemperatur BKT in der Brennkammer 6. Im Zuge mehrerer Reinigungszyklen, kann das Temperaturprofil immer weiter in die Betten 3 bis 5 hineinwandern, sodass beispielsweise in den Betten oder in mindestens einem Bett 3 bis 5 oder in einem Bereich eines Bettes 3 bis 5 eine Wärmetauschertemperatur WTT von 1.000 °C herrscht, während in der

Brennkammer eine Brennkammertemperatur BKT von 800 °C vorliegt. Zu hohe Temperaturen im Wärmetauscher 2 kann zu Zerstörungen der keramischen Bauteile führen.

[0023] Um dies zu verhindern ist vorgesehen, dass die Wärmetauschertemperatur WTT im Wärmetauscher 2, insbesondere in den einzelnen Betten 3 bis 5, ermittelt wird. Vorzugsweise wird in jedem Bett 3 bis 5 die jeweilige Wärmetauschertemperatur WTT ermittelt. Ferner wird in der Brennkammer 6 die Brennkammertemperatur BKT ermittelt. Die Ermittlung der Wärmetauschertemperatur und der Brennkammertemperatur erfolgt jeweils mittels mindestens eines geeigneten Temperatursensors.

[0024] Der Brenner 7 kann in unterschiedlichen Brennerbetriebsweisen betrieben werden. Im Normalbetrieb des Brenners 7 wird dieser mit kontinuierlicher, stöchiometrischer Beflammung durch Zufuhr eines Brennstoffs, insbesondere Gases, betrieben. Ferner ist ein Injektionsbetrieb möglich, bei dem abwechselnd ein Betrieb des Brenners mit Brennstoff und mit Brennstoff und Luft erfolgt. Es wird also zusätzlich Luft injiziert. Die Luft kann mit einer Brennerlanze eingedüst werden. Dies jedoch nicht kontinuierlich, sondern abwechselnd mit dem reinen Brennstoffbetrieb, wobei wiederum als Brennstoff insbesondere Gas verwendet wird. Die Verbrennung erfolgt demnach nicht stöchiometrisch und wie erwähnt alternierend. Schließlich ist auch noch ein Autothermbetrieb der Abluftreinigungsanlage 1 möglich, in dem ohne Beflammung gearbeitet wird, d.h., der Brenner 7 ist nicht in Betrieb. Die Brennstoffzufuhr wird also ausgeschaltet. Dennoch behält die Anlage eine entsprechend hohe, der Abgasreinigung dienende Temperatur dadurch, dass insbesondere eine Totaloxidation der Kohlenwasserstoffe in dem entsprechenden Bett 3 bis 5 des Wärmetauschers 2 ohne die Stützbeflammung des Brenners 7 erfolgt, wobei durch diese Oxidation Wärme entsteht.

[0025] Um nun die Abluftreinigungsanlage 1 derart erfindungsgemäß zu betreiben, dass eine Überhitzung der Betten 3 bis 5 vermieden wird, erfolgt eine Einstellung der Brennerbetriebsweise in Abhängigkeit von der Wärmetauschertemperatur WTT und der Brennkammertemperatur BKT, d.h., je nach dem, welche Temperaturen vorliegen, wird der Brenner entweder im Normalbetrieb, im Injektionsbetrieb oder im Autothermbetrieb betrieben. Das Diagramm der Figur 3 verdeutlicht eine erste Vorgehensart, bei welchen Temperaturen der Brenner 7 in welcher Brennerbetriebsweise betrieben wird.

[0026] Gemäß Figur 3 wird erfindungsgemäß wie folgt vorgegangen: Unterschieden wird ein erster Temperaturbereich der Wärmetauschertemperatur WTT und ein erster Temperaturbereich der Brennkammertemperatur BKT von einem zweiten Temperaturbereich der Wärmetauschertemperatur WTT und einem zweiten Temperaturbereich der Brennkammertemperatur BKT sowie ein dritter Temperaturbereich der Wärmetauschertemperatur WTT und ein dritter Temperaturbereich der Brennkammertemperatur BKT. Der erste Temperaturbereich der Wärmetauschertemperatur beträgt 750 °C bis 800

°C. Der erste Temperaturbereich der Brennkammertemperatur BKT beträgt 750 °C bis 800 °C. Der zweite Temperaturbereich der Wärmetauschertemperatur WTT beträgt 800 °C bis 820 °C. Der zweite Temperaturbereich der Brennkammertemperatur beträgt 800 °C bis 820 °C. Der dritte Temperaturbereich der Wärmetauschertemperatur WTT beträgt 820 °C bis 850 °C und der dritte Temperaturbereich der Brennkammertemperatur BKT beträgt 820 °C bis 850 °C. Sofern die Wärmetauschertemperatur WTT und die Brennkammertemperatur BKT im jeweils ersten Temperaturbereich liegen, erfolgt der Normalbetrieb. Liegen die Wärmetauschertemperatur WTT und die Brennkammertemperatur BKT innerhalb des jeweiligen zweiten Temperaturbereichs, so wird der Injektionsbetrieb des Brenners 7 gefahren. Liegen die Wärmetauschertemperatur WTT und die Brennkammertemperatur BKT jeweils innerhalb des dritten Temperaturbereichs, so wird der Autothermbetrieb vorgenommen, d.h., der Brenner 7 wird abgeschaltet. Wird das Verfahren zum Betreiben der thermisch-regenerativen Abluftreinigungsanlage 1 nach den vorstehenden Regeln durchgeführt, so wird ein Überhitzen der Betten 3 bis 5 vermieden.

[0027] Nach einer alternativen, zweiten Vorgehensart des erfindungsgemäßen Betriebes der thermisch-regenerativen Abluftreinigungsanlage 1 ist vorgesehen, dass die verschiedenen Brennerbetriebsweisen in Abhängigkeit von Schwellwerten der Brennkammertemperatur BKT und der Wärmetauschertemperatur WTT durchgeführt werden und zwar wenn diese Schwellwerte überschritten beziehungsweise unterschritten werden. Die Figur 4 verdeutlicht das Vorgehen. Ihr ist zu entnehmen, dass -von links nach rechts betrachtet- ein Autothermbetrieb erfolgt, wenn die Brennkammertemperatur BKT > 750 °C und die Wärmetauschertemperatur WTT > 820 °C ist. Dieser Autothermbetrieb wird auch dann durchgeführt, wenn die Brennkammertemperatur BKT > 820 °C und die Wärmetauschertemperatur WTT < 750 °C ist. Der Autothermbetrieb ist mit dem Bezugszeichen A gekennzeichnet.

[0028] Der Induktionsbetrieb I wird durchgeführt, wenn die Brennkammertemperatur BKT > 750 °C und die Wärmetauschertemperatur > 800 °C ist. Ferner wird der Injektionsbetrieb I durchgeführt, wenn die Brennkammertemperatur BKT > 800 °C und die Wärmetauschertemperatur WTT < 750 °C ist.

[0029] Der Normalbetrieb N erfolgt, wenn die Brennkammertemperatur BKT < 800 °C und die Wärmetauschertemperatur WTT > 750 °C ist. Ferner erfolgt der Normalbetrieb N wenn die Brennkammertemperatur BKT > 650 °C und die Wärmetauschertemperatur WTT < 750 °C ist.

[0030] Zusätzlich oder alternativ ist vorgesehen, dass in Abhängigkeit der jeweiligen Betttemperatur der Betten 3 bis 5 die Betten derart unterschiedlich betrieben werden, dass sich Unterschiede der Betttemperaturen möglichst verkleinern oder zu Null werden. Es ist also angestrebt, dass in den Betten 3 bis 5 etwa gleiche Tempe-

raturen (innerhalb bestimmter Bereiche) vorliegen, nicht jedoch sehr große Unterschiede. Hierzu ist vorgesehen, dass die Betten nicht nach einem festen Zyklus betreffend den Rohgasbetrieb, den Reingasbetrieb und den Spülbetrieb betrieben werden, sondern dass die jeweilige Betriebsart Rohgasbetrieb, Reingasbetrieb und Spülbetrieb in Abhängigkeit von bestehenden Temperaturdifferenzen zwischen den Betten 3 bis 5 gewählt wird. Bei den verschiedenen Betriebsarten werden unterschiedlich große Energiemengen, die zu einer Erwärmung führen, in die Betten 3 bis 5 eingetragen. Es wird nun so vorgegangen, dass ein gegenüber den anderen Betten relativ warmes Bett möglichst mit einer Betriebsart betrieben wird, die nicht zu einem weiteren Erwärmen des Bettes führt. Andersherum wird ein gegenüber den anderen Betten relativ kühles Bett mit einer Betriebsart betrieben, dass sich dieses Bett möglichst aufheizt, sodass ein Temperaturangleich an die anderen Betten erfolgt. Dennoch erfolgt stets nach einer gewissen Zeit eine Umtaktung, um die Funktionsfähigkeit der Anlage zu erhalten. Auch diese Zeit kann derart variiert werden, um die erwähnte Temperaturangleichung herbeizuführen.

[0031] Die Figur 5 zeigt ein der Figur 3 entsprechendes Diagramm, das neben dem Normalbetrieb, Induktionsbetrieb und Autothermbetrieb, so, wie diese Betriebsarten zur Figur 3 erläutert wurden, ferner auch noch einen Überautothermbetrieb ausweist. Ein Überautothermbetrieb liegt dann vor, wenn durch die Oxidation, insbesondere Totaloxidation, der Kohlenwasserstoffe der Abluft im Wärmetauscher derart viel Wärme frei wird, dass ein weiterer Temperaturanstieg im Wärmetauscher und/oder in der Brennkammer 6 erfolgt, also kein Gleichgewichtszustand vorliegt, sondern trotz ausgeschaltetem Brenner 7 ein Temperaturanstieg im System vorliegt.

[0032] Zusätzlich zur Figur 3, auf die sowie den zugehörigen Text verwiesen wird, zeigt die Figur 5 einen vierten Temperaturbereich der Wärmetauschertemperatur WTT und einen vierten Temperaturbereich der Brennkammertemperatur BKT. In der Figur 5 beträgt der erste Temperaturbereich der Wärmetauschertemperatur 750°C bis 800°C. Der erste Temperaturbereich der Brennkammertemperatur BKT beträgt 750°C bis 800°C. Der zweite Temperaturbereich der Wärmetauschertemperatur WTT beträgt 800°C bis 820°C. Der zweite Temperaturbereich der Brennkammertemperatur beträgt 800°C bis 820°C.

[0033] Der dritte Temperaturbereich der Wärmetauschertemperatur WTT beträgt 820°C bis 840°C und der dritte Temperaturbereich der Brennkammertemperatur BKT beträgt 820°C bis 840°C. Der vierte Temperaturbereich der Wärmetauschertemperatur WTT beträgt 840°C bis 860°C. Der vierte Temperaturbereich der Brennkammertemperatur BKT beträgt 840°C bis 860°C. Sofern die Wärmetauschertemperatur WTT und die Brennkammertemperatur BKT im jeweils ersten Temperaturbereich liegen, erfolgt der Normalbetrieb. Liegen die Wärmetauschertemperatur WTT und die Brennkammertemperatur BKT innerhalb des jeweiligen zweiten Temperaturbe-

reichs, so wird der Injektionsbetrieb des Brenners 7 gefahren. Liegt die Wärmetauschertemperatur WTT und die Brennkammertemperatur BKT jeweils innerhalb des dritten Temperaturbereichs, so wird der Autothermbetrieb vorgenommen, das heißt, der Brenner 7 wird abgeschaltet. Sofern die Wärmetauschertemperatur WTT und die Brennkammertemperatur BKT im jeweils vierten Temperaturbereich liegen, erfolgt ein Überautothermbetrieb, in dem trotz ausgeschaltetem Brenner 7 die Temperatur in der Brennkammer 6 und/oder dem Wärmetauscher weiter stark ansteigen würde, wenn nicht mindestens eine der folgenden Maßnahmen ergriffen wird. Die erste Maßnahme sieht vor, dass Wärme dadurch an die Außenatmosphäre abgeführt wird, dass ein Anteil des Reingases aus der Brennkammer 6 direkt nach außen geleitet wird, also nicht mehr dazu verwendet wird, den Wärmetauscher für ein späteres Erwärmen von noch nicht gereinigter Abluft aufzuheizen. Hierzu ist ein nicht dargestellter Bypass/Kurzschluss vorgesehen, das heißt, hierdurch wird ein Anteil des Reingases aus der Brennkammer 6 - gemäß Figur 1 - nicht über das Bett 5 und/oder das Bett 3 geleitet, sondern direkt in die Umgebung Außenatmosphäre (Pfeil 9, Figur 1). Das übrige Reingas der Brennkammer wird -wie üblich- zum Aufheizen des Betts 3 und/oder des Betts 5 eingesetzt. Zusätzlich oder alternativ ist es möglich, dass zur Vermeidung eines weiteren Temperaturanstiegs oder zur Verringerung eines Temperaturanstiegs die Zykluszeit verlängert wird, während der (momentan) aus der Brennkammer 6 Reingas durch das Bett 3 beziehungsweise 5 strömt, so dass das Bett 3 beziehungsweise 5 entsprechend - über seine Schüttungshöhe betrachtet - über eine größere Wegstrecke aufgeheizt wird, das heißt die Temperaturen wandern - gemäß Figur 1 - weiter von oben nach unten durch das Bett hindurch, sodass insgesamt die das jeweilige Bett 3 beziehungsweise 5 verlassende, gereinigte Abluft mit höherer Temperatur unten austritt und demzufolge Abluft mit höherer Temperatur gemäß Pfeil 9 an die Außenatmosphäre abgegeben wird. Damit wird Wärmeenergie aus dem System ausgetragen, sodass sich insgesamt ein Überhitzen vermeiden lässt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer thermisch-regenerativen Abluftreinigungsanlage, bei der mit flüchtigen Kohlenwasserstoffen belastete Abluft zum Aufheizen durch einen Wärmetauscher, insbesondere keramischen Wärmetauscher, und anschließend durch eine mit Brenner versehene Brennkammer geleitet wird, mit folgend Schritten:

- Ermitteln der Wärmetauschertemperatur im Wärmetauscher,
- Ermitteln der Brennkammertemperatur in der Brennkammer und
- Einstellen der Brennerbetriebsweise in Abhän-

- gigkeit von der Wärmetauschertemperatur und der Brennkammertemperatur.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Brenner folgende Brennerbetriebsweisen aufweist:
 - Normalbetrieb mit kontinuierlicher, stöchiometrischer Beflammung durch Brennstoffzufuhr,
 - Injektionsbetrieb mit abwechselnder, nicht stöchiometrischer Beflammung durch zeitweise erfolgreicher Zufuhr von Brennstoff mit Luft einerseits und zeitweise erfolgreicher Zufuhr von nur Brennstoff andererseits und
 - Autothermbetrieb ohne Beflammung durch Ausschalten der Brennstoffzufuhr.
 3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Brennstoff des Brenners Gas verwendet wird.
 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einem ersten Temperaturbereich der Wärmetauschertemperatur und in einem ersten Temperaturbereich der Brennkammertemperatur der Normalbetrieb erfolgt.
 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einem zweiten Temperaturbereich der Wärmetauschertemperatur und in einem zweiten Temperaturbereich der Brennkammertemperatur der Injektionsbetrieb erfolgt, wobei die zweiten Temperaturbereiche oberhalb der ersten Temperaturbereiche liegen.
 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einem dritten Temperaturbereich der Wärmetauschertemperatur und in einem dritten Temperaturbereich der Brennkammertemperatur der Autothermbetrieb erfolgt, wobei die dritten Temperaturbereiche oberhalb der zweiten Temperaturbereiche liegen.
 7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Temperaturbereich der Wärmetauschertemperatur etwa 750 °C bis 800 °C beträgt.
 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Temperaturbereich der Brennkammertemperatur etwa 750 °C bis 800 °C beträgt.
 9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zweite Temperaturbereich der Wärmetauschertemperatur etwa 800 °C bis 820 °C beträgt.
 10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zweite Temperaturbereich der Brennkammertemperatur etwa 800 °C bis 820 °C beträgt.
 11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der dritte Temperaturbereich der Wärmetauschertemperatur etwa 820 °C bis 850 °C beträgt.
 12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der dritte Temperaturbereich der Brennkammertemperatur etwa 820 °C bis 850 °C beträgt.
 13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Normalbetrieb erfolgt, wenn die Wärmetauschertemperatur < 750 °C und Brennkammertemperatur > 650 °C oder wenn die Wärmetauschertemperatur > 750 °C und die Brennkammertemperatur < 800 °C ist.
 14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Injektionsbetrieb erfolgt, wenn die Wärmetauschertemperatur < 750 °C und die Brennkammertemperatur > 800 °C oder wenn die Wärmetauschertemperatur > 800 °C und die Brennkammertemperatur > 750 °C ist.
 15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Autothermbetrieb erfolgt, wenn die Wärmetauschertemperatur < 750 °C und die Brennkammertemperatur > 820 °C oder wenn die Wärmetauschertemperatur > 820 °C und die Brennkammertemperatur > 750 °C ist.
 16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einem vierten Temperaturbereich der Wärmetauschertemperatur und in einem vierten Temperaturbereich der Brennkammertemperatur ein Überautothermbetrieb erfolgt, wobei die vierten Temperaturbereiche oberhalb der dritten Temperaturbereiche liegen.
 17. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Überautothermbetrieb trotz ausgeschaltetem Brenner die Temperatur im Wärmetauscher und/oder in der Brennkammer ansteigt, sofern keine entgegengerichteten Maßnahmen ergriffen werden.
 18. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** insbesondere im Überautothermbetrieb zum Stoppen oder Verringern des Temperaturanstiegs im Wärmetauscher und/oder in der Brennkammer die Abluft oder ein

Anteil davon aus der Brennkammer direkt, insbesondere nach außen, abgeleitet wird, ohne dass der Wärmetauscher oder ein Bereich/Bett von ihm durch diese Abluft/diesen Abluftanteil aufgeheizt wird.

5

19. Verfahren nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Ableiten mittels eines Bypasses erfolgt, der von der Brennkammer in die Umgebung/Außenatmosphäre führt.

10

20. Verfahren nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** der den Bypass durchströmende Ableitvolumenstrom der Abluft mittels einer Stelleinrichtung/Verschlusseinrichtung einstellbar/einregelbar ist.

15

21. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wärmetauscher mehrere, insbesondere drei Betten aufweist, die abwechselnd in den Betriebsarten Rohgasbetrieb, Reingasbetrieb und Spülbetrieb betrieben werden.

20

22. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Betttemperatur in jedem der Betten ermittelt wird.

25

23. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Abhängigkeit der jeweiligen Betttemperatur der Betten die Betten derart unterschiedlich betrieben werden, dass sich Temperaturunterschiede der Betttemperaturen möglichst verkleinern oder zu Null werden.

30

24. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das unterschiedliche Betreiben durch Anwendung der unterschiedlichen Betriebsarten erfolgt.

35

25. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Betreiben der Abluftreinigungsanlage in Abhängigkeit von einer Reaktionstemperatur in einem vorgegebenen Temperaturbereich erfolgt.

40

45

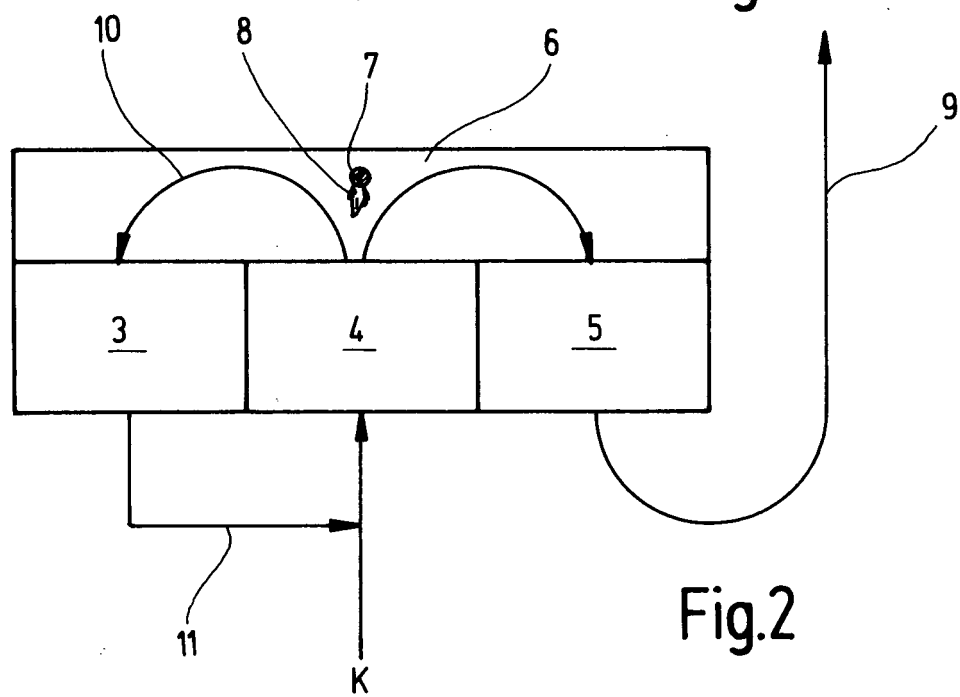
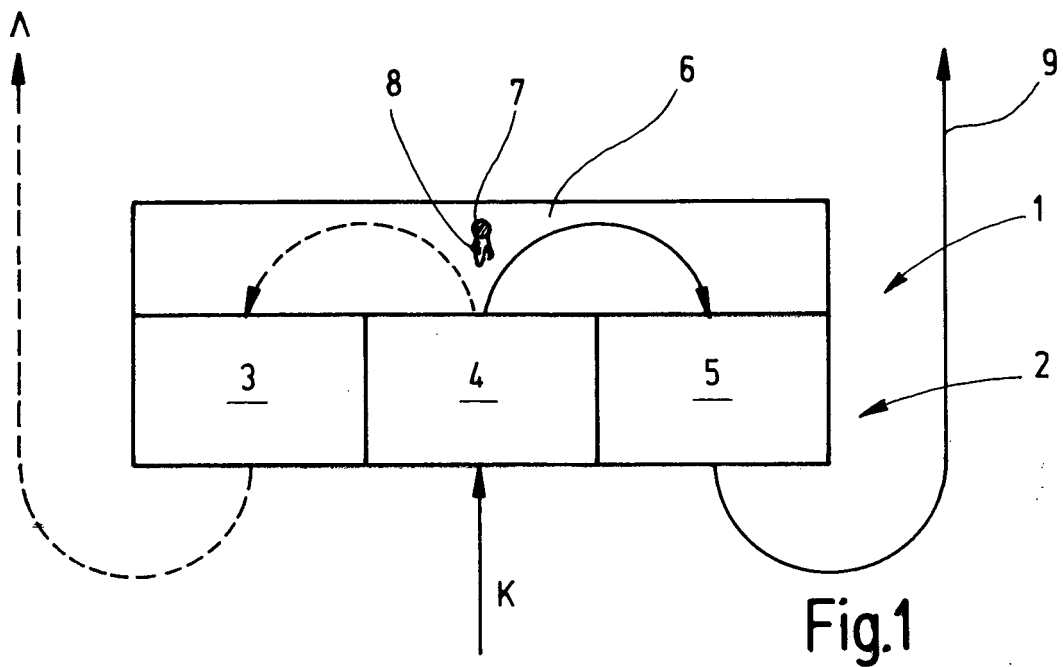
26. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei der Reaktionstemperatur sowohl die Brennkammertemperatur als auch die Betttemperatur berücksichtigt wird.

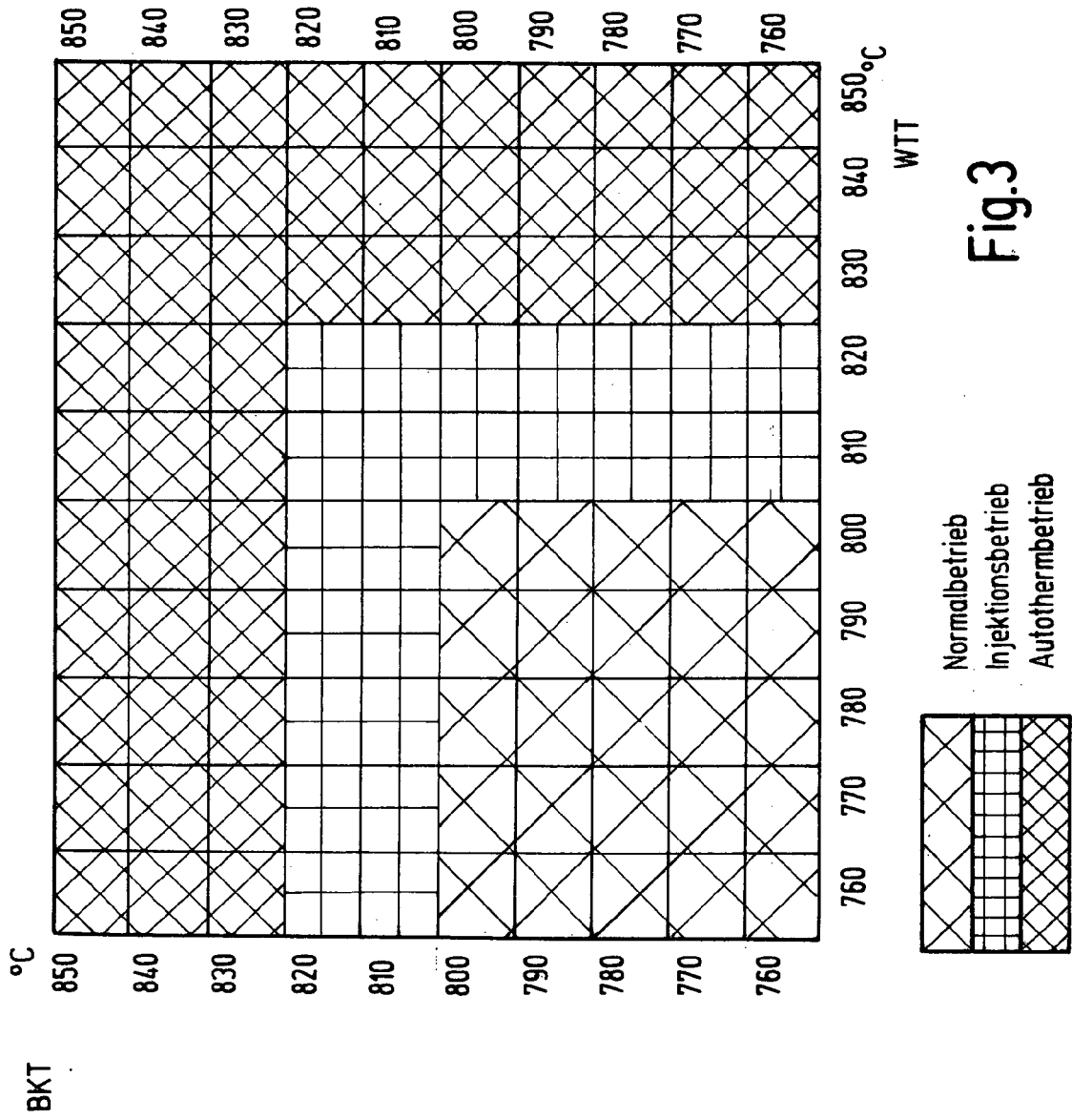
50

27. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zeitdauern, in denen die Betriebsarten Rohgasbetrieb, Reingasbetrieb oder Spülbetrieb vorliegen, Zykluszeiten sind und dass insbesondere im Überautothermbetrieb zum Stoppen oder Verringern eines Temperaturanstiegs im Wärmetauscher und/oder in der Brennkammer die Zykluszeit des Reingasbe-

55

triebs verlängert wird, sodass sich die Temperatur der an die Umgebung/Atmosphäre abgeführten Abluft erhöht.





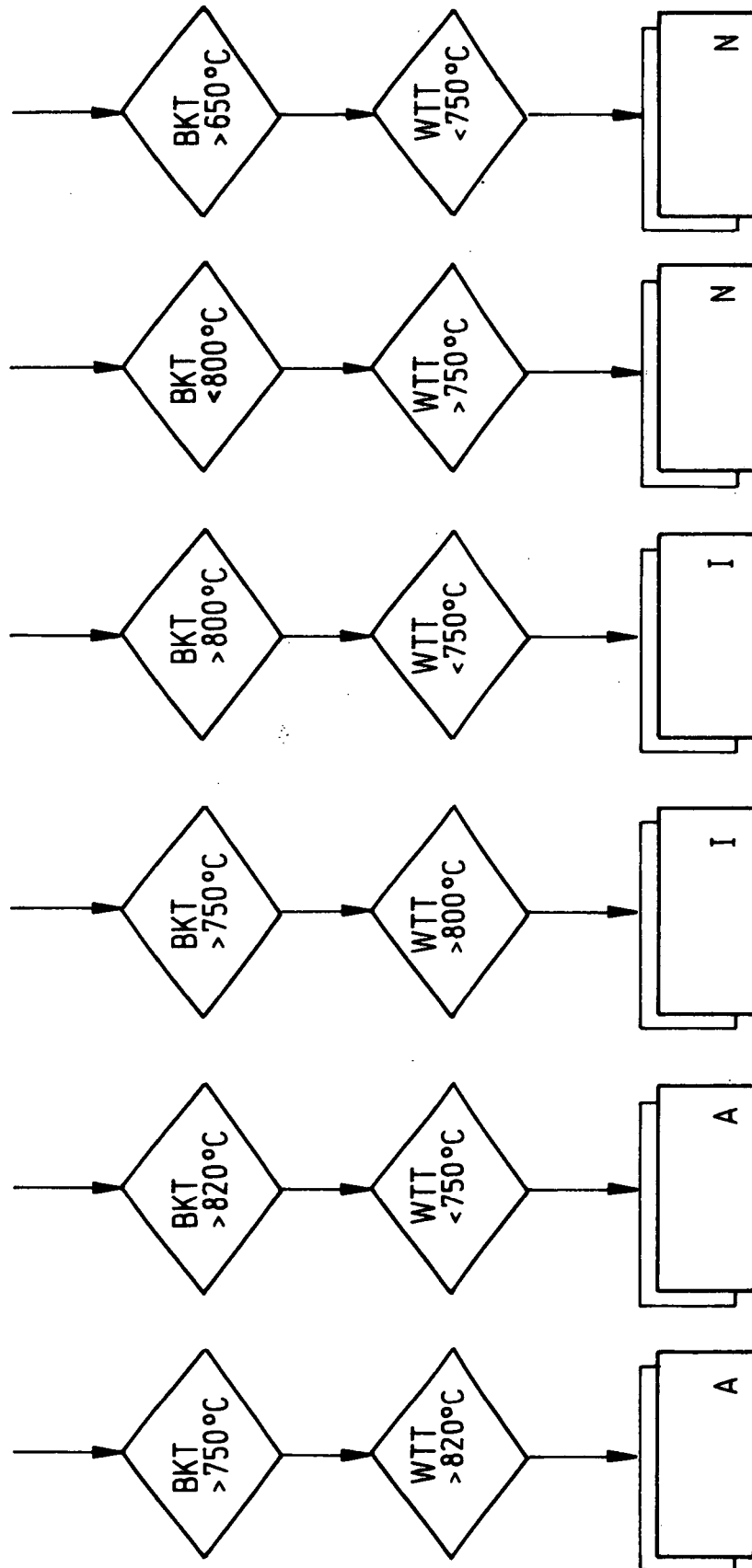


Fig.4

