



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
26.09.2012 Patentblatt 2012/39

(51) Int Cl.:
F23N 5/00 (2006.01) **F23N 5/02** (2006.01)
F23C 10/28 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **12161218.8**

(22) Anmeldetag: **26.03.2012**

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

(30) Priorität: **24.03.2011 DE 102011014980**
28.10.2011 DE 102011117325

(71) Anmelder: **H S Beratung GmbH & Co. KG**
85356 Freising (DE)

(72) Erfinder: **Steer, Thomas, Dr.**
85356 Freising (DE)

(74) Vertreter: **Alber, Norbert**
Hansmann & Vogeser
Patent- und Rechtsanwälte
Albert-Roßhaupter-Straße 65
81369 München (DE)

(54) **Erhöhung des Heizwertbereichs von Brennstoffen sowie des Bereichs zwischen Minimal- und Maximallast in Wirbelschichtfeuerungen**

(57) Steuerungsverfahren für eine Wirbelschichtfeuerung (114) sowie eine Wirbelschichtfeuerung (114), die mit entsprechenden Steuerungselementen (1, 2) ausgestattet ist, die eine Vergrößerung des Bereichs des Heizwertes von Brennstoffen sowie des Bereichs zwischen Minimal- und Maximallast in Wirbelschichtfeuerungen ermöglicht, über deren Wirbelschicht (92) ein Feuerraum (Freeboard) (93) angeordnet ist und wobei Rauchgase der Wirbelschichtfeuerung (114) wenigstens z. T. in die Wirbelschichtfeuerung (114) rezirkuliert werden, zumindest bestehend aus einem Betttemperatur-Regelkreis (1) zur direkten oder indirekten Steuerung der Menge an Verbrennungsluft in die Wirbelschicht (92) und einem Rezgasmengen-Regelkreis (2) zur direkten oder indirekten Steuerung der Menge an Rezkulationsgas (Rezgas) in die Wirbelschicht (92), wobei eine übergeordnete Bettkontrolleinheit (39) automatisch die Soll-Werte von Betttemperatur-Regelkreis (1) und/oder Rezgasmengen-Regelkreis (2) in Abhängigkeit von repräsentativen Messwerten aus der Wirbelschichtfeuerung (114), insbesondere aus der Wirbelschicht (92), z. B. Temperatur oder eingebrachte Gasmengen, verändert.

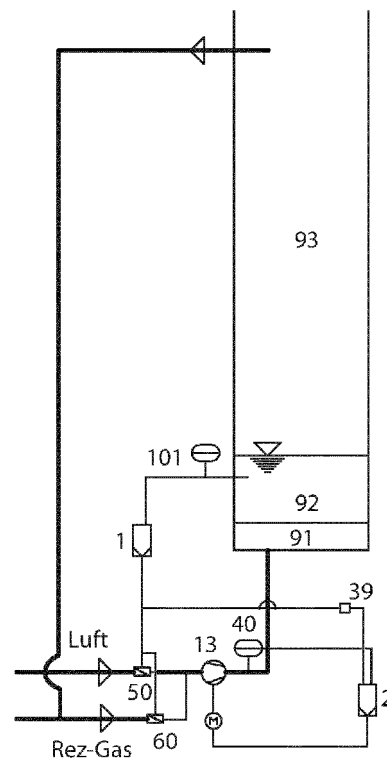


Bild 3

Beschreibung

I. Anwendungsgebiet

[0001] Die Erfindung betrifft ein Steuerungsverfahren für eine Wirbelschichtfeuerung sowie eine Wirbelschichtfeuerung, die mit entsprechenden Steuerungselementen ausgestattet ist.

II. Technischer Hintergrund

[0002] Wirbelschichtfeuerungen werden hauptsächlich benutzt zum Verbrennen von festen Brennstoffen, die in einer Wirbelschichtfeuerung auf Grund ihrer guten Durchmischung und großen Oberfläche eine sehr vollständige Verbrennung ermöglichen.

[0003] Stationäre Wirbelschichtfeuerungen werden heute in aller Regel unterstöchiometrisch betrieben, d.h. unter nur teilweiser Verbrennung der eingebrachten Brennstoffe in der Wirbelschicht. Die Restverbrennung findet in einem der Wirbelschicht nachgelagerten, meist darüber angeordneten, Feuerraum, auch Freeboard genannt, statt.

[0004] Die erforderliche Frischluft (Verbrennungsluft) wird aus der Umgebung angesaugt, üblicherweise aus dem Kesselhaus, in dem die Wirbelschichtfeuerung aufgestellt ist.

[0005] Zur Kontrolle der Verbrennungstemperatur im Freeboard und/ oder in der Wirbelschicht ist es üblich, Rauchgas vom Ende der Feuerung und zumeist nach einer nachgelagerten Wärmenutzung des Rauchgases, abzusaugen und der Wirbelschicht oder dem Freeboard wieder zuzugeben. Dieses Verfahren ist als Rauchgasrezirkulation bekannt, die so rezirkulierten Rauchgase werden Rezirkulationsgas (Rez-gas) genannt.

Betrieb des Wirbelbettes:

[0006] Die Wirbelschicht besteht hierbei zumeist aus einem erheblichen Teil an nicht brennbarem Inertmaterial, z. B. Sand (meist 98 - 99%) und einem kleinen Teil an Brennstoff.

[0007] Die stationäre Wirbelschicht selbst unterliegt hierbei der Anforderung, dass die Gasmenge, die von unten in die Wirbelschicht eingeblasen wird, ausreichend sein muss, um die Wirbelschicht sicher zu fluidisieren und andererseits auch klein sein muss, um nicht das Inertmaterial aus der Wirbelschicht auszutragen. Die Vorrichtung, durch die diese Gasmenge, insbesondere die Luft in die Wirbelschicht geblasen wird, heißt Düsenboden. Dem Düsenboden zur Luftversorgung vorgeschaltet ist der Primärluftkasten.

[0008] Weiterhin bestimmt die Menge an Verbrennungsluft, die in die Wirbelschicht geblasen wird, im Zusammenspiel mit dem in der Wirbelschicht enthaltenen Brennstoff auch die Verbrennungstemperatur.

[0009] Es bestehen somit im Betrieb einer Wirbelschichtfeuerung unterschiedliche, teilweise konkurrierende,

Anforderungen, die auch nicht in jedem Betriebspunkt eine positive Schnittmenge haben:

[0010] Der Betriebspunkt einer Wirbelschichtfeuerung wird durch die momentan gefahrene Leistung der Wirbelschicht bestimmt, wobei die Obergrenze der Leistung der Brennwert (Heizwert) des momentan in die Feuerung eingebrachten Brennstoffes pro Zeiteinheit ist. Da eine möglichst vollständige Verbrennung des Brennstoffes in der Summe von Wirbelschicht und Freeboard gewünscht ist, bestimmt sich die Menge des für die vollständige Verbrennung benötigten Sauerstoffes aus dem Brennwert und der Menge des eingebrachten Brennstoffes.

[0011] Um eine Wirbelschichtfeuerung möglichst flexibel betreiben zu können, ist es natürlich gewünscht, einerseits die Feuerung mit unterschiedlichen Leistungen betreiben zu können, andererseits auch Brennstoffe mit unterschiedlichen Heizwerten verwenden zu können.

[0012] Man ist deshalb dazu übergegangen, die Wirbelschicht mit einer Mischung aus sauerstoffreicher Verbrennungsluft und sauerstoffarmem Rezirkulationsgas zu betreiben. Mit dieser Maßnahme erhält man einen zusätzlichen Freiheitsgrad beim Betrieb einer Wirbelschichtfeuerung, die den Betriebsbereich erweitert.

[0013] Als Sollwerte für eine selbsttätige Regelung der Wirbelschicht können z.B. folgende Größen verwendet werden.

- Betttemperatur
- Frischluftmenge in die Wirbelschicht
- Rezirkulationsgasmenge in die Wirbelschicht
- Druckverlust über den Düsenboden und/oder die Wirbelschicht bzw. zumindest Teile der Wirbelschicht oder
- Gesamtgasmenge, die in die Wirbelschicht eingeblasen wird

Nachverbrennung im Freeboard:

[0014] Die aus der Wirbelschicht austretenden, teilverbrannten Rauchgase werden im Freeboard unter Zugabe von weiterer Verbrennungsluft nachverbrannt. Zur Einstellung von Verbrennungstemperaturen wird in das Freeboard oftmals sauerstoffarmes Rezirkulationsgas eingeblasen.

[0015] Ebenso kann die Nach-Verbrennung im Freeboard in mehrere nebeneinander liegende und/oder in Abzugsrichtung der Rauchgase nacheinander liegende Sektionen eingeteilt werden, in die separat Verbrennungsluft und Rezirkulationsgas eingeblasen wird. Jede Sektion wird im folgenden als Luftebene oder einfach als Ebene bezeichnet.

[0016] Mit Hilfe einer intelligenten, selbsttätigen Freeboard-Kontroll-Steuerung der Menge der Verbrennungsluft und der Menge der rezirkulierten Rauchgase im Freeboard lässt sich die Verbrennungstemperatur im Bereich des Freeboards unter verschiedenen Last- und Brennstoffbedingungen konstant halten.

[0017] Die Freeboard-Kontroll-Steuerung wird insbe-

sondere dadurch charakterisiert, dass die gesamte, dem Freeboard zugegebene Rezirkulationsgasmenge durch die Temperatur am Ende des Feuerraums bestimmt wird:

[0018] Die Gesamtmenge an Frischluft wird durch einen Regler für den Restsauerstoffgehalt am Ende des Feuerraums bestimmt.

[0019] Die Menge und Aufteilung von Frischluft und Rezirkulationsgas ins Freeboard auf verschiedene Ebenen im Freeboard erfolgt mit Hilfe von Temperaturmessungen, die die Freeboardtemperatur in den verschiedenen Ebenen charakterisiert. Die einzelnen Ebenen können auch zu- und abgeschaltet werden, also im Extremfall weder Luft noch Rezgas in eine Ebene eingebracht werden, was sich insbesondere bei Teillastbetrieb als vorteilhaft erweist.

[0020] Die gemessenen und z. T. errechneten Größen, mit deren Hilfe die Steuerung arbeitet, sind unter anderem

- die gesamte Rauchgasmenge, die aus dem Feuerraum austritt,
- die Leistung, mit der die Feuerung betrieben wird,
- die einzelnen Temperaturmessungen und somit die Temperaturverteilung im Freeboard sowie
- die gemessenen Luft- und Rezirkulationsgasmen- gen in die einzelnen Luftebenen des Freeboards.

[0021] Es hat sich aber gezeigt, dass diese Art der selbsttätigen Freeboard-Kontroll-Steuerung bei extrem niedrigen oder extrem hohen Heizwerten an ihre Grenzen stößt und eine intensive Interaktion mit dem Betrieb der Wirbelschicht erforderlich ist, um eine größere Bandbreite an Heizwerten der Brennstoffe beim Betrieb von Wirbelschichtfeuerungen zu ermöglichen. Gleiches gilt, wenn man den Leistungsbereich erweitern, insbesondere hinsichtlich der Minimallast auf möglichst niedrige Werte absenken will.

III. Darstellung der Erfindung

a) Technische Aufgabe

[0022] Es ist daher die Aufgabe gemäß der Erfindung, ein Steuerungsverfahren für eine Wirbelschichtfeuerung, sowie eine mit entsprechenden Steuerungselementen ausgestattete Wirbelschichtfeuerung zu schaffen, die eine Vergrößerung des Bereichs des Heizwertes von Brennstoffen sowie des Bereichs zwischen Minimal- und Maximallast in Wirbelschichtfeuerungen ermöglicht, die die Nachteile des Standes der Technik nicht aufweist.

b) Lösung der Aufgabe

[0023] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der Ansprüche 1 und 8 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0024] Zunächst soll klar gestellt werden, dass die einzuhaltenden Randbedingungen in der Wirbelschicht ei-

nerseits und im Freeboard andererseits unterschiedlich sind:

[0025] In der Wirbelschicht ist ein entscheidender Parameter die - ggf. aus Verbrennungsluft und Rezgas zusammengesetzte - Gesamtgasmenge, die in die Wirbelschicht eingebracht wird, sowie der Druck, mit dem sie in die Wirbelschicht eingebracht wird, denn davon hängt das Maß der Fluidisierung der Wirbelschicht ab.

[0026] Diese Fluidisierung muss einerseits ausreichend groß sein, um eine gute Durchmischung und hohe Oberfläche des aufgemahlenen Brennstoffes zu bewirken, andererseits nicht zu hoch sein, damit kein Inertmaterial und kein unverbrannter Fest-Brennstoff aus der Wirbelschicht ausgetragen wird.

[0027] Deshalb muss die Gesamtgasmenge in einem relativ engen Bereich - der sich z. B. abhängig von dem spezifischen Gewicht des Brennstoffes und dessen Menge ändern kann - gehalten werden. Innerhalb der Gesamtgasmenge kann in der Wirbelschicht die Gewichtung in Richtung mehr Luft verlagert werden, wodurch der Grad des Brennstoffes in der Wirbelschicht erhöht wird, was jedoch wegen der gewünschten unterstöchiometrischen Verbrennung in der Wirbelschicht nicht zu einem Luftüberschuss führen darf.

[0028] Da bei einer Verschiebung innerhalb der Gesamtgasmenge in Richtung Luft durch die stärkere Verbrennung die Temperatur ansteigt, und durch die abnehmende Rezgasmenge, deren Kühlungseffekt stark abnimmt, ist eine insgesamt ansteigende Temperatur in der Wirbelschicht die Folge.

[0029] In dem Feuerraum (Freeboard) ist dagegen der im Rauchgas am Ende des Freeboards vorhandene Restsauerstoff die vorhandene Größe, denn wenn kein Restsauerstoff vorhanden ist bzw. der Restsauerstoff unter einen vorgegebenen Wert fällt, besteht die Gefahr, dass nicht der gesamte Brennstoff verbrannt wurde, also sein Heizwert nicht vollständig ausgenutzt wurde.

[0030] Eine vorgegebene Gesamtgasmenge, die das Freeboard durchströmen muss, gibt es jedoch nicht, da hier keine Fluidisierung mehr am Laufen gehalten werden muss.

[0031] Deshalb kann das kühlende Rezgas im Freeboard in seiner Menge verändert werden, ohne Rückwirkung auf die dort eingebrachte Menge an Verbrennungsluft. Somit kann die Einhaltung von Idealen Verbrennungstemperaturen im Freeboard, wie sie für eine vollständige Verbrennung einerseits und die gewünschte Zusammensetzung der Rauchgase andererseits optimal ist, mittels der temperatursteigernden Sauerstoffzufuhr (bis zum Sauerstoffüberschuss) und der temperatursenkenden Rezgaszufuhr gesteuert werden.

[0032] Die Nachteile des Standes der Technik werden erfindungsgemäß dadurch überwunden, dass die ermittelten Messwerte, die die Verbrennung in der Wirbelschicht und im Freeboard charakterisieren, dazu verwendet werden, die Sollwerte der selbsttätigen Steuerung von Wirbelschicht und Freeboard zu verändern. Die Messwerte aus der Wirbelschicht und dem Freeboard

ändern somit die Sollwerte der Regler der Wirbelschicht und auch die Sollwerte der Regler des Freeboards, auch überkreuzweise, also im jeweils anderen Bereich.

[0033] Das Wirbelbett wird daher nicht wie bisher mit konstanten Sollwerten betrieben, die durch den Operator eingestellt werden, sondern mit variablen Sollwerten, die sich aus dem momentanen Lastpunkt, also der Leistung, mit der die Feuerung momentan betrieben wird, dem Gesamtzustand der Anlage (momentane Temperaturverteilung und Brennstoffmenge etc.) und/oder der momentanen Brennstoffzusammensetzung, insbesondere deren Heizwert, ergeben.

[0034] Der bisherige Arbeitspunkt, vor allem der der Wirbelschicht gemäß der bisherigen Betriebsweise, wird somit zu einem Arbeitsbereich erweitert.

[0035] Zum ersten werden die Regelkreise des Wirbelbettes, insbesondere Bretttemperatur-Regelkreis (1) und Rezgasmengen-Regelkreis (2), in ihrem Stellverhalten und/oder ihren Sollwerten durch eine übergeordnete Bettkontrolleinheit überwacht. Änderungen in den Stellgrößen wie z. B. zugeführte Menge an Luft und/oder Rezgas sowie deren Druck führen daher zu Veränderungen der Sollwerte dieser Regelkreise, um einen breiteren Arbeitsbereich sicherzustellen.

[0036] So wird durch die Bettkontrolleinheit beispielsweise der Sollwert der Rezgasmenge des Rezgasmengen-Regelkreises erhöht, wenn die Betttemperatur zu niedrig ist, und umgekehrt. Der Rezgasmengen-Regelkreis regelt dabei entweder direkt die Einzelmengen von eingebrachter Luft oder Rezgas in die Wirbelschicht, oder die eingebrachte Gesamtgasmenge, die jeweils auch gemessen werden, oder eine aus anderen Messwerten errechnete Gesamtgasmenge.

[0037] Der Rezgasmengen-Regelkreis kann jedoch stattdessen oder auch zusätzlich den Druck im Düsenboden regeln und/oder den Differenzdruck über dem Düsenboden und/oder den Differenzdruck über zumindest einen Teil des Wirbelbettes.

[0038] Die Einwirkungen können stetig realisiert werden oder über Schaltpunkte mit und ohne Hysterese, bei denen besondere Sollwertänderungen eingeleitet werden. In der übergeordneten Bettkontrolle ist auch der zulässige Sollwertbereich für den Betttemperatur-Regelkreis (1) und den Rezgasmengen-Regelkreis (2) hinterlegt.

[0039] Zum zweiten können die Regelkreise für das Freeboard ihr Stellverhalten und/oder ihre Sollwerte durch eine übergeordnete Freeboardkontrolleinheit verändern, um einen breiteren Arbeitsbereich sicherzustellen. In der übergeordneten Freeboardkontrolleinheit ist der zulässige Sollwertbereich für diese Regelkreise hinterlegt.

[0040] Eine Lösung für die Freeboard-Kontrolleinheit stellt z.B. die TopCOM-Steuerung dar, in der - abhängig vom jeweiligen Zustand der Anlage - zur Sicherstellung konstanter Verbrennungsbedingungen die Luft- und Rezirkulationsgasmengen im Freeboard verändert und Luftebenen zu- und abgeschaltet werden.

[0041] Eine solche Freeboard-Kontrolleinheit kann beispielsweise einen Restsauerstoff-Regelkreis aufweisen, der den Restsauerstoff am Ende der Wirbelschichtfeuerung regelt, indem er die Gesamtluftmenge in die Wirbelschichtfeuerung oder zumindest die ins Freeboard eingebrachte Luftmenge entsprechend regelt.

[0042] Eine solche Freeboard-Kontrolleinheit kann auch, insbesondere zusätzlich, einen Feuerraumtemperatur-Regelkreis aufweisen, der die Feuerraumtemperatur regelt, indem entweder die gesamte Rezirkulationsgasmenge, die in die Wirbelschichtfeuerung eingebracht wird, oder nur die ins Freeboard eingebrachte Menge an Rezgas regelt.

[0043] Beides kann an unterschiedlichen Stellen, also für unterschiedliche Ebenen des Freeboards, jeweils separat geregelt werden.

[0044] Die Freeboard Kontrollleinheit, die dem Restsauerstoff-Regelkreis und dem Feuerraumtemperatur-Regelkreis übergeordnet ist, kann deren Steuerungsverhalten und der Sollwerte verändern:

[0045] So wird bei zu niedrigem Restsauerstoffgehalt die Sauerstoffzufuhr zumindest im Freeboard erhöht und die dadurch ansteigende Temperatur muss dann unter Umständen durch eine größere Menge an zugegebenem kühlen Rezgas kompensiert werden.

[0046] Zum dritten werden die übergeordnete Bettkontrolleinheit und die übergeordnete Freeboardkontrolleinheit derart regelungstechnisch über eine Master-Kontrolleinheit verbunden, dass sie sich gegenseitig im Anlagenstellverhalten und/oder ihren Sollwerten beeinflussen.

[0047] Dadurch wird zumindest ein Sollwert des Betttemperatur-Regelkreises oder des Rezgasmengen-Regelkreises der Wirbelschicht durch die Freeboard-Kontrolleinheit automatisch verändert und/oder ebenso zumindest ein Sollwert eines der Regelkreise aus der Freeboard-Kontrolleinheit z. B. des Restsauerstoff-Regelkreises (3) oder des Feuerraumregelkreises (4), durch die Bettkontrolleinheit automatisch verändert.

[0048] Die Beeinflussung stellt ein optimales Verhalten des Verbrennungssystems Wirbelschicht / Freeboard in allen Lastpunkten und bei einem möglichst breiten Bereich an Heizwerten des Brennstoffs sicher, indem abhängig von den Stellgrößen der Regelkreise der Bett- und Freeboardkontrolleinheit jeweils auch die andere übergeordnete Kontrollleinheit sowie dessen Regler beeinflusst werden.

[0049] So ist es beispielsweise sinnvoll, den Sollwert der Betttemperatur zu erhöhen, wenn der Rezgas-Mengenregler des Freeboards einen zu geringen Wert stellen will. Weiterhin ist es sinnvoll, bei zu niedrigen Betttemperaturen den Sollwert des Temperaturreglers im Freeboard zu erhöhen, um eine sichere Zündung und Verbrennung der teilverbrannten Gase aus der Wirbelschicht zu gewährleisten.

[0050] Alle genannten Kontrollleinheiten können entweder nach festen Kennlinien arbeiten, oder mittels Zeitgliedern arbeiten, also insbesondere PID-Regler sein,

oder mittels Fuzzi-Logik arbeiten oder eine Kombination aus diesen Funktionsprinzipien aufweisen.

[0051] Die Erfindung umfasst ferner eine Wirbelschichtfeuerung mit Reglern und Controllern entsprechend der vorgenannten Funktionen.

c) Ausführungsbeispiele

[0052] Ausführungsformen gemäß der Erfindung sind im Folgenden beispielhaft näher beschrieben. Es zeigen:

Bild 1: eine Bettregelung mit getrennten Gebläsen für Frischluft und Rezirkulationsgas;

Bild 2: eine Bettregelung mit gemeinsamem Gebläse und Klappen zur Einstellung des Verhältnisses zwischen Frischluft und Rezirkulationsgas;

Bild 3: eine übergeordnete Bettkontrolleinheit;

Bild 4: eine übergeordnete Freeboard-Kontrolleinheit,

Bild 5: eine Master-Kontrolleinheit vom Freeboard ins Wirbelbett; und

Bild 6: Master-Kontrolleinheit vom Wirbelbett ins Freeboard.

[0053] In **Bild 1** ist eine mögliche Regelung für vor allem die Wirbelschicht 92 einer Wirbelschicht-Feuerung 114 dargestellt:

[0054] Der Wirbelschicht 92 werden über den darunter angeordneten Düsenboden 91 einerseits Luft L zum zur Verfügung stellen des notwendigen Sauerstoffs für die Verbrennung über das Gebläse 11 und andererseits aus dem Freeboard 93 oberhalb der Wirbelschicht 92, vorzugsweise am Auslauf des Freeboards 93, entnommene und rezirkulierte Rauchgase, das so genannte Rezgase R, über das Gebläse 12 zugeführt.

[0055] Dabei wird die zugeführte Luftmenge über einen Frischluft-Mengensensor 21 und die zugeführte Menge an Rezgase über einen Rezgase-Mengensensor 31 gemessen. Wenn von Mengen die Rede ist, so bezieht sich dies immer auf zugeführte Mengen pro Zeiteinheit.

[0056] Das Gebläse 11 für die Verbrennungsluft L wird angesteuert von dem Betttemperatur-Regler 1, der als Eingangssignal die in der Wirbelschicht 92 vorliegende Temperatur vom Temperatursensor 101 erhält und danach die Menge der zugeführten Frischluft L verändert, da die Reduzierung zugeführter Frischluft als Verbrennungsluft L den Verbrennungsvorgang reduziert und damit die Temperatur in der Wirbelschicht 92 senkt.

[0057] Das Gebläse 12 für die zugeführte Menge an Rezgase R wird von dem Rezgasmengen-Regler 2 angesteuert. Dieser Rezgasmengen-Regler 2 hat als Sollwert die geplante, in die Wirbelschicht 92 einzubringende Gesamtgasmenge aus Frischluft L und Rezgase R und als

Istwert vom Summenbildner 6, der die Messwerte des Frischluft-Sensors 21 und Rezgasmengen-Sensors 31 addiert, den Istwert der eingebrachten Gesamtgasmenge in die Wirbelschicht 92.

[0058] Ist diese zu niedrig, wird durch Erhöhen der Leistung des Gebläses 12 die Menge der einen Komponente der Gesamtgasmenge und damit auch die Gesamtgasmenge auf den gewünschten Wert gebracht.

[0059] **Bild 2** zeigt eine andere Variante der Regelung, die sich dadurch unterscheidet, dass nur ein Gebläse 13 existiert, welches das Gemisch aus Verbrennungsluft L und Rezgase R in den Düsenboden 91 und damit die Wirbelschicht 92 hineinfördert und diese eingebrachte Menge über einen Gesamtgasmenge-Sensor 40 gemessen wird. In den beiden getrennten Zufuhrleitungen zu dem Gebläse 13 für Frischluft L und Rezgase R befinden sich verstellbare Klappen 50 bzw. 60.

[0060] Beide Klappen 50 und 60 werden jeweils von dem Betttemperatur-Regler 1 aus angesteuert, der wiederum als Eingangssignal die vom Temperatursensor 101 gemessene Temperatur in der Wirbelschicht 92 erhält. Der Betttemperatur-Regler 1 stellt somit die Zusammensetzung des von der Pumpe 13 geförderten Gesamtgasgemisches ein.

[0061] Die Leistung und damit der Durchsatz des Gebläses 13 wird von dem Gesamtgasmenge-Regler 2 aus gesteuert, welcher als Eingangssignal die momentan tatsächlich in die Wirbelschicht 92 geförderte Menge an Gesamtgas erhält, ermittelt vom Gesamtgasmenge-Sensor 40, und dies mit dem im Rezgasmengen-Regler 2 hinterlegten Sollwert vergleicht.

[0062] **Bild 3** zeigt eine Regelung, die derjenigen aus **Bild 2** entspricht, zusätzlich jedoch über ein Stellglied 5, das vom Betttemperatur-Regler 1 angesteuert wird, den Sollwert der Gesamtgasmenge im Rezgasmengen-Regler 2 verändert, der in diesen Fällen ja ein indirekter Rezgasmengen-Regler ist, da er primär die Gesamtgasmenge regelt.

[0063] Dieses Stellglied verändert also den Sollwert des Rezgasmengen-Reglers 2. In Abhängigkeit vom Verhältnis zwischen Frischluft L und Rezgase R, den der Betttemperatur-Regler 1 einstellt. Beispielsweise kann ein höherer Frischluftanteil eine Erhöhung des Sollwertes für die Gesamtgasmenge bewirken, oder ein höherer Rezgaseanteil den Sollwert für die Gesamtgasmenge verringern.

[0064] Das Stellglied 5 stellt somit eine den beiden Regelkreisen 1 und 2 übergeordneten Bettkontrolleinheit 39 dar.

[0065] Im **Bild 4** ist eine Regelung für das Freeboard 93 dargestellt.

[0066] Dem Freeboard 93 wird auf mehreren Höhen übereinander, den so genannten Ebenen 140 a-e, jeweils Frischluft L als auch Rezgase R zugeführt, und auch jeweils in diesen Ebenen 140 a-e jeweils die Temperatur mittels eines Temperatur-Sensors 110 gemessen, ebenso wie die tatsächlich eingebrachte Menge an Luft L und Rezgase R auf jeder Ebene 140 a-e durch die dortigen

Luftmengen-Sensoren und Rezgasmengen-Sensoren 111, 112 gemessen wird.

[0067] Die auf jeder Ebene 140 a-e zugeführte Luft L bzw. Rezgas R werden über jeweils eine steuerbare Klappe 121, 122 auf jeder Ebene 140 a-e aus einer Versorgungsleitung für Luft L und Rezgas R entnommen, wobei die Klappen 121 und 122 auf jeder Ebene von der Freeboard-Kontrolleinheit 9 aus angesteuert werden, die von den Mengensensoren 111, 112 die Messwerte für eingblasene Luft L und Rezgas R ebenso erhält wie von den Temperatursensoren 110, und darüber hinaus auch den am Auslauf des Freeboards 93 gemessenen Restsauerstoff, den ein Restsauerstoff-Sensor 130 ermittelt, als auch die insgesamt das Freeboard 93 verlassende Menge an Rauchgas, die der Rauchgasmengen-Sensor 131 misst, als auch die im Freeboard vorliegende Temperatur, die ein Temperatur-Sensor 132 misst. Die Freeboard-Kontrolleinheit 9 erhält darüber hinaus weitere Eingangsgrößen wie etwa aus den genannten Messwerten errechnete komplexe Rechengrößen, beispielsweise die thermische Gesamtleistung 114' der Wirbelschichtfeuerung 114.

[0068] Die in die Versorgungsleitung für Luft L eingebrachte Menge wird vom Restsauerstoff-Regler 3 geregelt durch Ansteuern einer nach dem fördernden Gebläse angeordneten verstellbaren Klappe 50 in Abhängigkeit von dem vom Restsauerstoff-Sensor 130 gemessenen Wert. Der Istwert der in die Versorgungsleitung eingebrachten Menge an Luft L wird über einen Frischluft-Mengensensor 21 gemessen und dem Restsauerstoff-Regler 3 ebenfalls als Eingangswert zugeführt.

[0069] Die in der Versorgungsleitung für Rezgas R eingebrachte Menge wird analog dazu von einer verstellbaren Klappe 60 geregelt, die von dem Feuerraumtemperatur-Regler 4 angesteuert wird, der als Eingangssignal die vom Temperatursensor 132 im Feuerraum 93 gemessene Temperatur erhält, als auch die tatsächlich in die Versorgungsleitung eingebrachte Menge an Rezgas R, ermittelt vom Rezgas-Mengensensor 31.

[0070] In oder auch außerhalb der Freeboard-Kontrolleinheit 9 findet somit die Regelung des Restsauerstoffgehalts am Ende des Freeboards 93 statt, mittels Einstellung der Gesamtmenge der in die Wirbelschichtfeuerung 114 oder in das Freeboard 93 eingebrachten Menge an Luft L oder eine ähnliche Stellgröße.

[0071] Ebenso findet in oder außerhalb der Freeboard-Kontrolleinheit 9 die Regelung einer charakteristischen Feuerraumtemperatur statt, durch Verändern der Menge an Rezgas R, die kühlend ins Freeboard 93 eingebracht wird, oder auch einer anderen genannten Stellgröße.

[0072] Die charakteristische Feuerraumtemperatur kann beispielsweise aus einzelnen Temperaturen, z. B. auf den Ebenen 140 a-e, des Freeboards 93 sowie aus weiteren Mess- und Regelwerten gebildet werden.

[0073] Ein Beispiel für die Bestimmung der charakteristischen Feuerraumtemperatur ist die Temperatur am Ende des Feuerraums, also Freeboards 93, die die Rauchgase nach einer definierten Verweilzeit nach der

letzten Luftzugabe, typischerweise einer Verweilzeit von zwei Sekunden, aufweisen.

[0074] In **Bild 5 und 6** sind aus Übersichtlichkeitsgründen die Regelkreise 3 und 4 des Freeboards 93 aus **Bild 4** bei der Freeboard-Regelung weggelassen und nur die Versorgungsleitungen für Luft L und Rezgas R dargestellt.

[0075] Über die Freeboard-Regelung gemäß **Bild 4** hinaus zeigt **Bild 5** zusätzlich eine Regelung für die Wirbelschicht 92, wie sie separat anhand von **Bild 2** erläutert wurde. Dabei besteht zwischen der Freeboard-Kontrolleinheit 9 und dem Betttemperatur-Regler 1 eine Verbindung in Form einer Master-Kontrolleinheit 61, in dem die Freeboard-Kontrolleinheit 9 den Sollwert der Betttemperatur des Betttemperatur-Reglers 1 in Abhängigkeit von den der Freeboard-Kontrolleinheit 9 zur Verfügung stehenden Messwerten aus dem Freeboard 93 verändert.

[0076] **Bild 6** zeigt stattdessen eine übergeordnete Master-Kontrolleinheit 61', die den Betttemperatur-Regler 1 regelungstechnisch mit der Freeboard-Kontrolleinheit 9 koppelt, indem z. B. der Sollwert einer oder mehrerer Temperaturen auf den Ebenen 140 a-e des Freeboards 93 in der Freeboard-Kontrolleinheit 9 verändert wird, in Abhängigkeit der dem Betttemperatur-Regler 1 zur Verfügung stehenden Messwert der Temperatur in der Wirbelschicht 92.

BEZUGSZEICHENLISTE

[0077]

1	Betttemperatur-Regelkreis, Betttemperatur-Regler
2	Rezgasmengen-Regelkreis, Rezgasmengen-Regler
3	Restsauerstoff-Regelkreis, Restsauerstoff-Regler
4	Feuerraumtemperatur-Regelkreis, Feuerraumtemperatur-Regler
5	Stellglied
6	Summenbildner
9	Freeboard-Kontrolleinheit
11	Gebläse
12	Gebläse
13	Gebläse
21	Frischluf-Mengensensor
31	Rezgas-Mengensensor
39	Bettkontrolleinheit
40	Gesamtgas-Mengensensor
50	Klappe
60	Klappe
61, 61'	Master-Kontrolleinheit
91	Düsenboden
92	Wirbelschicht
93	Freeboard, Feuerraum
101	Temperatur-Sensor
110	Temperatur-Sensor
111	Luftmengen-Sensor

- 112 Rezgase-Mengensensor
- 114 Wirbelschichtfeuerung
- 114' Gesamtleistung
- 121 Klappe
- 122 Klappe
- 130 Restsauerstoffsensor
- 131 Rauchgas-Mengensensor
- 132 Temperatursensor
- 140a-e Ebene

L Luft, Verbrennungsluft, Frischluft
R Rezgase

Patentansprüche

1. **Steuerungsverfahren** für eine Wirbelschichtfeuerung (114), über deren Wirbelschicht (92) ein Feuerraum (Freeboard) (93) angeordnet ist und wobei Rauchgase der Wirbelschichtfeuerung wenigstens z. T. in die Wirbelschichtfeuerung rezirkuliert werden, zumindest bestehend aus

- einem Betttemperatur-Regelkreis (1) zur direkten oder indirekten Steuerung der Menge an Verbrennungsluft (L) in die Wirbelschicht (92) und

- einem Regasmengen-Regelkreis (2) zur direkten oder indirekten Steuerung der Menge an Rezirkulationsgas (Rezgase) (R) in die Wirbelschicht (92),

dadurch gekennzeichnet, dass

eine übergeordnete Bettkontrolleinheit (39) automatisch die Soll-Werte von Betttemperatur-Regelkreis (1) und/oder Regasmengen-Regelkreis (2) in Abhängigkeit von repräsentativen Messwerten aus der Wirbelschichtfeuerung (114), insbesondere aus der Wirbelschicht (92), z. B. Temperatur oder eingebrachte Gasmen- gen, verändert.

2. Steuerungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Bettkontrolleinheit (39) den Sollwert der Rezgase-Menge des Regasmengen-Regelkreises (2) verändert, insbesondere bei zu tiefen Bett-Temperaturen erhöht, und/oder bei zu hohen Bett-Temperaturen verringert.

3. Steuerungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

- der Regasmengen-Regelkreis (2) die gemessenen Einzelmengen von Luft (L) und Rezgase (R) oder die gemessene Gesamtgasmenge oder eine anderweitig errechnete Gesamtmen-

ge regelt, und/oder

- den Druck im Düsenboden (91) regelt, und/oder

- den Differenzdruck über den Düsenboden (91) regelt, und/oder

- den Differenzdruck über zumindest einen Teil der Wirbelschicht (92) regelt.

4. Steuerungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

- ein Restsauerstoff-Regelkreis (3) zur Kontrolle des Restsauerstoffes am Ende der Verbrennung vorhanden ist, der die Gesamtluftmenge in die Wirbelschicht-Feuerung (114) oder die Luftmenge ins Freeboard (93) regelt, und/oder
- ein Feuerraumtemperatur-Regelkreis (4) zur Kontrolle der Feuerraumtemperatur vorhanden ist, der die gesamte Rezirkulationsgasmenge oder die Rezirkulationsgasmenge ins Freeboard (93) regelt.

5. Steuerungsverfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

- eine gegenüber Restsauerstoff-Regelkreis (3) und Feuerraumtemperatur-Regelkreis (4) übergeordnete Freeboard-Kontrolleinheit (9) die Frischluft- und Rezirkulationsgaseinbringung ins Freeboard (93) steuert, insbesondere auf verschiedenen Ebenen (140 a-e) im Freeboard (93) steuert, und insbesondere zur Steuerung der Frischluft- und Rezirkulationsgasverteilung einzelne Ebenen (140 a-e) aktivieren und deaktivieren kann, und/oder

- eine gegenüber der Bettkontrolleinheit (39) und der Freeboard-Kontrolleinheit (9) übergeordnete Master-Kontrolleinheit (61, 61') die Bett-Kontrolleinheit (39) und die Freeboard-Kontrolleinheit (9) steuerungstechnisch verbindet.

6. Steuerungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

zumindest ein Sollwert des Betttemperatur-Regelkreises (1) oder Regasmengen-Regelkreises (2) durch die Freeboardkontrolleinheit (9) automatisch verändert wird, und/oder dass zumindest ein Sollwert der Freeboardkontrolleinheit (9) durch die Bettkontrolleinheit (39) automatisch verändert wird.

7. Steuerungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

- der Feuerraumtemperatur-Regelkreis (4) der

Freeboardkontrolleinheit (9) den Sollwert des Betttemperatur-Regelkreis (1) verändert, und insbesondere der Sollwert des Betttemperatur-Regelkreis (1) bei niedrigen Temperaturen im Freeboard (93) erhöht wird, und/oder der Sollwert des Betttemperatur-Regelkreis (1) bei hohen Temperaturen im Freeboard (93) verringert wird, und/oder

- die Freeboard-Kontrolleinheit (9), die Bettkontrolleinheit (39) und/oder die Master-Kontrolleinheit (61,61') nach festen Kennlinien und/oder mit Zeitgliedern, insbesondere PID-Reglern, und/oder mit Fuzzy-Logic arbeiten.

8. Wirbelschichtfeuerung (114) zum Verbrennen von insbesondere festen Brennstoffen, mit einer Wirbelschicht (92) und einem in Strömungsrichtung der Rauchgase stromabwärts davon angeordneten Feuerraum (Freeboard) (93), sowie einer Rauchgasrückführung in die Wirbelschichtfeuerung (114) mit it

- einem Betttemperatur-Regler (1) zur direkten oder indirekten Steuerung der Menge an Verbrennungsluft (L) in die Wirbelschicht (92), und
- einem Rezgasmengen-Regler (2) zur direkten oder indirekten Steuerung der Menge an Rezgase (R) in die Wirbelschicht (92),

dadurch gekennzeichnet, dass

eine demgegenüber übergeordnete Bett-Kontrolleinheit (39) vorhanden ist, die selbsttätig die Sollwerte des Betttemperaturreglers (1) und/oder des Rezgasmengenreglers (2) in Abhängigkeit repräsentativer Messwerte aus der Wirbelschicht (92) verändert.

9. Wirbelschichtfeuerung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bettkontrolleinheit (39) in der Lage ist, den Sollwert der Rezgase-Menge des Rezgasmengen-Regelkreises (2) zu verändern, insbesondere bei zu tiefen Bett-Temperaturen zu erhöhen, und/oder bei zu hohen Bett-Temperaturen zu verringern.

10. Wirbelschichtfeuerung nach einem der Ansprüche 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- der Rezgasmengen-Regelkreis in der Lage ist, (2) die gemessenen Einzelmengen von Luft und Rezgase oder die gemessene Gesamtgasmenge oder eine anderweitig errechnete Gesamtmenge zu regeln, und/oder
- den Druck im Düsenboden (91) zu regeln, und/oder
- den Differenzdruck über den Düsenboden (91) zu regeln, und/oder
- den Differenzdruck über zumindest einen Teil der Wirbelschicht (92) zu regeln.

11. Wirbelschichtfeuerung nach einem der Ansprüche 8 bis 10,

dadurch gekennzeichnet, dass

- ein Restsauerstoff-Regelkreis (3) zur Kontrolle des Restsauerstoffes am Ende der Verbrennung vorhanden ist, der in der Lage ist, die Gesamtluftmenge in die Wirbelschicht-Feuerung (114) oder die Luftmenge ins Freeboard (93) zu regeln, und/oder
- ein Feuerraumtemperatur-Regelkreis (4) zur Kontrolle der Feuerraumtemperatur vorhanden ist, der in der Lage ist, die gesamte Rezyklationsgasmenge oder die Rezyklationsgasmenge ins Freeboard (93) zu regeln.

12. Wirbelschichtfeuerung nach einem der Ansprüche 8 bis 11,

dadurch gekennzeichnet, dass

eine gegenüber Restsauerstoff-Regelkreis (3) und Feuerraumtemperatur-Regelkreis (4) übergeordnete Freeboard-Kontrolleinheit (9) die in der Lage ist, Frischluft- und Rezyklationsgaseinbringung ins Freeboard (9) zu steuern, insbesondere auf verschiedenen Ebenen (140) im Freeboard (93) zu steuern, und insbesondere zur Steuerung der Frischluft- und Rezyklationsgasverteilung einzelne Ebenen (140) zu aktivieren und deaktivieren.

13. Wirbelschichtfeuerung nach einem der Ansprüche 8 bis 12,

dadurch gekennzeichnet, dass

- eine gegenüber der Bettkontrolleinheit (39) und der Freeboard-Kontrolleinheit (9) übergeordnete Master-Kontrolleinheit (61, 61') die in der Lage ist, Bett-Kontrolleinheit (39) und die Freeboard-Kontrolleinheit (9) steuerungstechnisch zu verbinden, und/oder
- die Freeboard-Kontrolleinheit (9), die Bettkontrolleinheit (39) und/oder die Master-Kontrolleinheit (61,61') in der Lage sind, nach festen Kennlinien und/oder mit Zeitgliedern, insbesondere PID-Reglern, und/oder mit Fuzzy-Logic zu arbeiten.

14. Wirbelschichtfeuerung nach einem der Ansprüche 8 bis 13,

dadurch gekennzeichnet, dass

zumindest ein Sollwert des Betttemperatur-Regelkreises (1) oder Rezgasmengen-Regelkreises (2) durch die Freeboardkontrolleinheit (9) automatisch verändert werden kann, und/oder dass zumindest ein Sollwert der Freeboardkontrolleinheit (9) durch die Bettkontrolleinheit (39) automatisch verändert werden kann.

15. Wirbelschichtfeuerung nach einem der Ansprüche 8

bis 14,

dadurch gekennzeichnet, dass

der Feuerraumtemperatur-Regelkreis (4) der Freeboardkontrolleinheit (9) in der Lage ist, den Sollwert des Betttemperatur-Regelkreis (1) zu verändern, 5
und insbesondere der Sollwert des Betttemperatur-Regelkreis (1) bei niedrigen Temperaturen im Freeboard (93) zu erhöhen, und/oder der Sollwert des Betttemperatur-Regelkreis (1) bei hohen Temperaturen im Freeboard (93) zu verringern. 10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

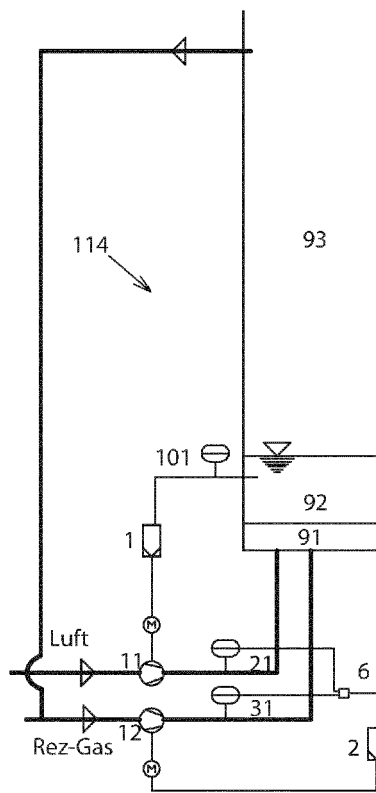


Bild 1

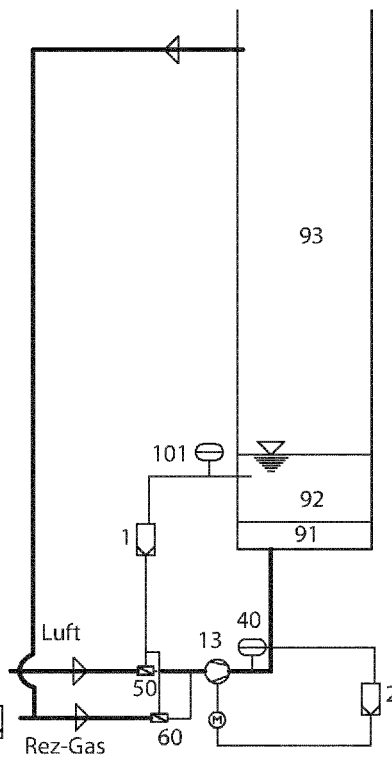


Bild 2

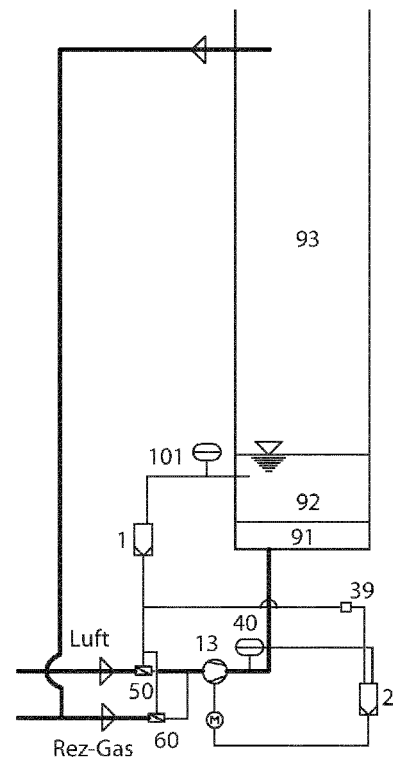


Bild 3

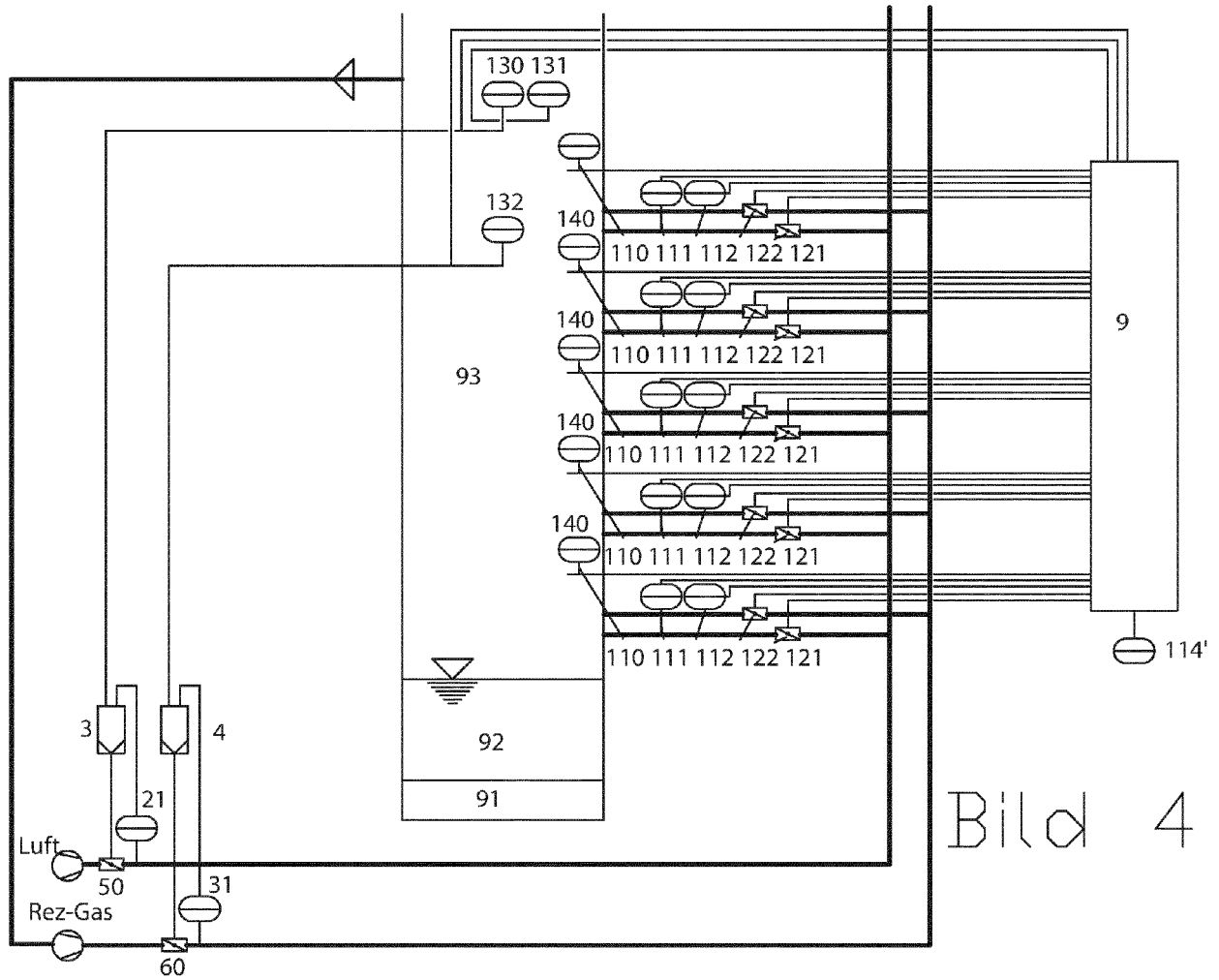
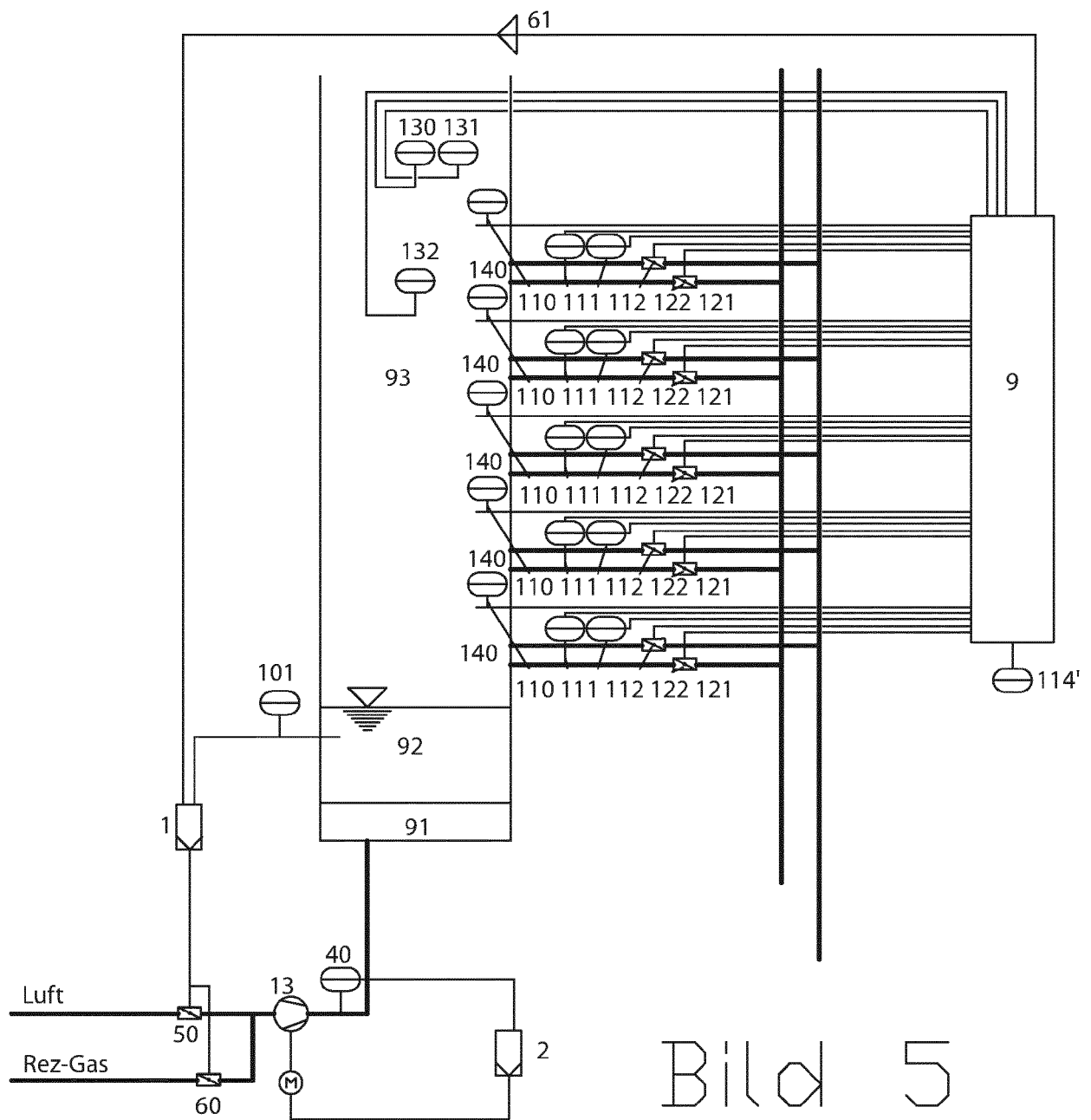


Bild 4



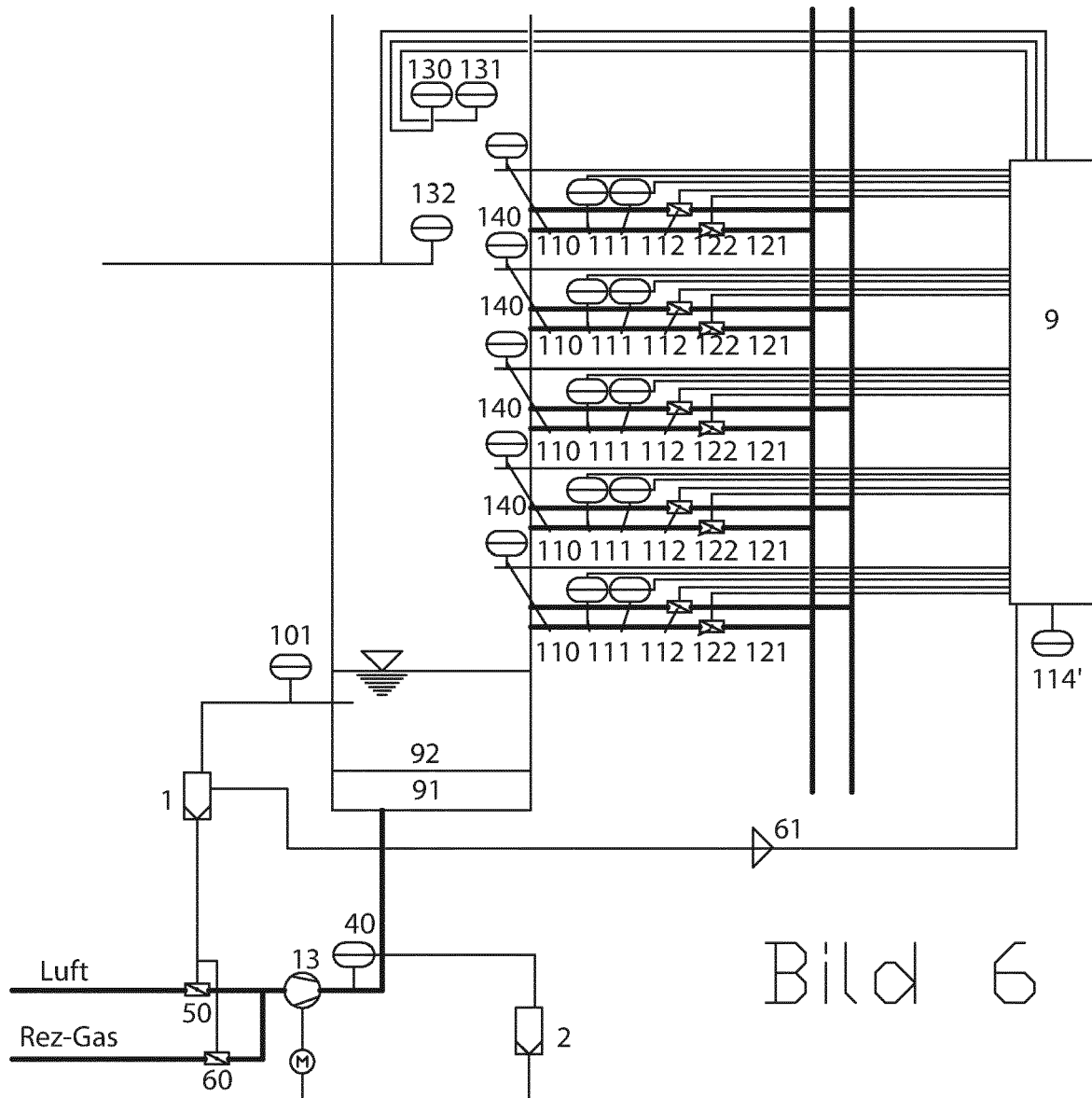


Bild 6