



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 148 311 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
24.10.2001 Patentblatt 2001/43

(51) Int Cl.7: **F27B 1/00**, F27B 1/08,
F27B 1/10

(21) Anmeldenummer: **01810263.2**

(22) Anmeldetag: **16.03.2001**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(72) Erfinder:
• **Piringer, Hannes**
5712 Beinwil am See (CH)
• **Egger, Walter**
9545 Radenthein (AT)

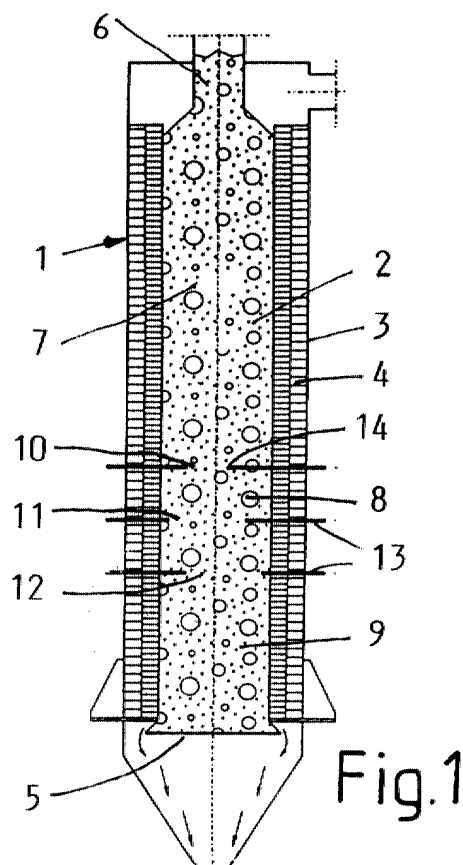
(30) Priorität: **11.04.2000 CH 7212000**

(74) Vertreter: **Quehl, Horst Max, Dipl.-Ing.**
Patentanwalt
Postfach 223
Ringstrasse 7
8274 Tägerwilen (CH)

(71) Anmelder: **Maerz Ofenbau AG**
8027 Zürich (CH)

(54) **Verfahren zum Brennen von karbonathaltigem Material**

(57) Bei einem Verfahren zum Brennen von karbonathaltigem Brennmaterial bewegt sich dieses durch Schwerkraft im Gegenstrom zu Kühl- und Verbrennungsluft durch einen Schachtofen. Die Zufuhr von Brennstoff erfolgt dabei durch quer zur Schachtwand in das körnige Brennmaterial hineingeschobene Brennlitzen. Bei Begrenzung der Korngrösse und der Verweilzeit sind durch diese Art der Brennstoffzufuhr bis zum Hartbrand geeignete hohe Brenntemperaturen möglich, ohne dass ein Zusammensintern des körnigen Brennmaterials auftritt.



EP 1 148 311 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Brennen von karbonathaltigem Material in einem Schacht-
ofen, mit Schwerkraftförderung durch eine Vorwärmzone, mindestens eine Brennzzone und eine Kühlzone zu
einer Austragsvorrichtung, wobei eine Brennstoffzufuhr in der Brennzzone oder angrenzend an diese über meh-
rere durch die Schachtwand geführte Brennlitzen erfolgt und Verbrennungsluft als Kühlluft unter Überdruck
zugeführt wird.

[0002] Besonders beim Brennen von feinkörnigem Material, d.h. bei einem wesentlichen Anteil an zu brennendem Material mit einer Korngrösse von weniger als 30 mm besteht das Problem, die erforderliche Wärmemenge dem Material gleichmässig zuzuführen, so dass jedes Korn bis zu seinem Kern durchgebrannt wird, ohne dass die Körner durch örtliche Überhitzung zusammenintern und im Ofen feste Brücken bilden. Dieses Problem ist besonders gross, wenn über einen Weichbrand hinausgehende, höhere Brenngrade verlangt werden.

[0003] Für feinkörniges Brennmaterial und eine gleichmässige Brenn- und damit Produktqualität sind Drehrohröfen am besten geeignet, da eine intensive Materialumwälzung einen guten und gleichmässigen Wärmeübergang zu jedem Korn gewährleistet. Nachteilig ist jedoch, dass ihre Konstruktion sehr aufwendig ist und dass zu den entsprechend hohen Investitionskosten noch hohe Betriebskosten hinzukommen, bedingt durch hohen Verschleiss und hohe Wärmeverluste durch Abstrahlung und durch Abgase, die sich bei der Anwendung höherer Temperaturen, wie sie für höhere Brenngrade bzw. andere Produktqualitäten, wie Mittel-, Hart- und Sinterbrand erforderlich sind, besonders stark auswirken.

[0004] Eine andere Methode, die zum Brennen erforderliche Wärmemenge dem Brenngut gleichmässig zuzuführen, besteht im Beimischen von Brennstoff, d.h. von Hüttenkoks zum Brenngut in Mischfeueröfen. Mischfeueröfen sind jedoch nicht für feinkörniges Brennmaterial geeignet. Ausserdem haben sie den erheblichen Nachteil, dass die Asche der Koksverbrennung im fertig gebrannten Produkt verbleibt und somit zu einer mit Graufärbung verbundenen, minderen Produktqualität führt.

[0005] Eine energiesparende Betriebsweise ist durch Mehrschachtofen nach dem Gleichstrom-Regenerativ-Verfahren in sogenannten MAERZ-Oefen gegeben. Bei ihnen wird der Brennstoff durch hängend in das Brenngut eintauchende angeordnete Brennlitzen zugeführt, die in der Beschickungszone gleichmässig über den Schachtquerschnitt verteilt angeordnet sind. Solche Öfen bekannter Ausführung sind jedoch nur für Weichbrand geeignet.

[0006] In der US-A-5,460,517 ist beschrieben, wie durch besondere Korngrössenverteilung beim Beschicken des Ofens, kombiniert mit einer speziellen Gestal-

tung der Schachträume auch ein Brennen von feinkörnigerem Brennmaterial möglich ist.

[0007] Wenn auch für einen Hartbrand geeignete Mengen an Brennstoff der Brennzzone eines Schacht-
ofen zugeführt werden sollen, um die hierzu erforderlichen Brenntemperaturen zu erreichen, bestehen bisher nicht überwundene Schwierigkeiten, eine gleichmässige Temperaturverteilung über den Schachtquerschnitt zu erzielen und insbesondere ein Zusammenintern von Brennmaterial durch örtliche Überhitzungen zu vermeiden.

[0008] Durch die US-A-4,094,629 wurde vorgeschlagen, die Breite des Schachtquerschnittes durch seine ringförmige Ausführung zu verringern und in der somit vorhandenen Innenwand zusätzliche Brennermündungen anzuordnen. Auf diese Weise soll eine gleichmässige Abwärtsbewegung des Brennmaterials unter Schwerkraft aufrechterhalten werden, ohne dass der Materialstrom durch Einbauten im Schacht gestört wird.

[0009] Einbauten in Form von balkenförmigen Brennerträgern sind in der GB-A-1111746 beschrieben. Diese haben aufgrund der Aufnahme von z.B. jeweils zwanzig flüssigkeitsgekühlten Brennern einen verhältnismässig breiten Querschnitt und bewirken somit eine erhebliche Verringerung des nutzbaren Ofenquerschnittes, verbunden mit der Gefahr einer örtlichen Blockierung der Schwerkraftförderung des Brennmaterials.

[0010] Eine zusammenfassende Darlegung verschiedener Brennverfahren, einschliesslich des zuverordneten Brennens in Regenerativ-Mehrschachtofen findet sich in dem Handbuch "Chemistry and Technology of Lime and Limestone" von Robert S. Bynton, Second Edition, 1987.

[0011] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art zu finden, durch das insbesondere feinkörniges Brennmaterial mit verschiedenen Brenngraden bis hin zum Totbrand auf wirtschaftliche Weise in Schachtofen zu einem qualitativ hochwertigen Produkt gebrannt werden kann.

[0012] Zu Lösung dieser Aufgabe wird ein Verfahren der eingangs genannten Art vorgeschlagen, das erfindungsgemäss dadurch gekennzeichnet ist, dass die Zufuhr von Brennstoff über zahlreiche senkrecht zur Schachtwand in den Schachtraum hinein verschiebbare Brennlitzen durch Auswahl der Position ihrer Mündungen derart ausgeführt wird, dass die sich an den Brennlitzen ausbildenden Einzelflammen gemeinsam einen Flammereich bilden, der sich mindestens angenähert über den gesamten Schachtquerschnitt erstreckt.

[0013] Da jede Brennerlanze vorzugsweise nur zur Erzeugung von jeweils einer Flamme vorgesehen ist, hat sie im Vergleich zu zahlreiche Brenner aufweisenden Brennerträgern einen geringen Querschnitt und führt daher nur zu einer unerheblichen Beeinflussung des Brennmaterialstromes. Es hat sich überraschend gezeigt, dass die Brennlitzen dennoch eine ausreichende Biegefestigkeit haben, um den Druck des sie umströmenden körnigen Brennmaterials aufzunehmen.

Vorzugweise wird aber die Korngrösse des Brennmaterials auf 70 mm begrenzt.

[0014] Durch die Erstreckung jeder Brennlanze senkrecht zur Schachtwand wird verhindert, dass sich zwischen ihr und der Schachtwand ein Spalt bildet, indem sich Brennmaterial anstauen könnte. Die örtliche Einschränkung des Schachtquerschnittes durch die in ihn hineinragenden Brennlanzen lässt sich verringern, indem die Brennlanzen in mehreren Ebenen übereinander und zu denjenigen einer anderen Ebene in Umfangsrichtung versetzt angeordnet werden, so dass die erforderliche Brennstoffmenge auf mehrere Schachtebenen verteilt zugeführt wird.

[0015] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen dieses Verfahrens sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche und der folgenden Beschreibung anhand der Zeichnungen zu entnehmen. Es zeigt:

Fig.1 in schematischer Darstellung einen Axialschnitt durch einen Einschachtofen mit in drei Ebenen übereinander angeordneten, in den Schacht hineinragenden Brennlanzen,

Fig.2 einen Einschachtofen entsprechend Fig.1, jedoch mit im Schacht angeordneten Wärmeaustauschrohren,

Fig.3 einen nicht masstäblichen Radialschnitt durch den Ofen nach Fig.1 oder 2 im Bereich der oberen Ebene der Brennlanzenanordnung,

Fig.4 einen Radialschnitt durch den Ofen nach Fig.1 oder 2 im Bereich der mittleren Ebene der Brennlanzenanordnung,

Fig.5 einen Radialschnitt durch den Ofen nach Fig.1 oder 2 im Bereich der unteren Ebene der Brennlanzenanordnung,

Fig.6 ein Diagramm der radialen Temperaturverteilungen über einen in seiner Breite relativ angegebenen Schachtquerschnitt,

Fig.7 bis 9 Querschnittsdarstellung von an einem Schachtofen montierten Brennlanzen für pulverförmige, flüssige und gasförmige Brennstoffe,

Fig.10 ein Diagramm der vertikalen Temperaturverteilung im Schachtofen nach Fig. 1 mit Brennstoffzufuhr für Weichbrand in drei Brennebenen,

Fig.11 ein Diagramm entsprechend nach Fig. 10, jedoch in einem Ofen nach Fig.2,

Fig.12 ein Diagramm der vertikalen Temperaturverteilung im Schachtofen nach Fig. 1 mit Brennstoffzufuhr für Hartbrand in nur einer Brennebene,

Fig.13 ein Diagramm entsprechend nach Fig. 12, jedoch in einem Ofen nach Fig.2,

Fig.14 einen Mehrschachtofen nach dem Regenerativverfahren, mit hängend und quer angeordneten Brennlanzen,

Fig.15 einen Mehrschachtofen nach dem Regenerativverfahren, mit nur quer angeordneten Brennlanzen und

Fig.16 einen Mehrschachtofen nach dem Regenerativverfahren, mit nur quer angeordneten Brennlanzen und mit in den oberen Schachtbereichen angeordneten Wärmeaustauschrohren.

[0016] Der in Fig.1 im Längsschnitt dargestellte Einschachtofen 1 ist vertikal ausgerichtet und hat zumindest über den verfahrenstechnisch erheblichen Bereich seiner Länge einen Schachtraum 2 mit gleichbleibendem Querschnitt. Dieser kann verschieden, z.B. kreisrund elliptisch oder vieleckig geformt sein. Im Beispiel entsprechend seinen Querschnittsdarstellungen in Fig. 2 bis 4 ist der Querschnitt kreisringförmig, mit einer Ausenwand 3 aus Stahl, die aufgrund der erforderlichen hohen Verfahrenstemperaturen auf ihrer Innenseite mindestens eine gemauerte, feuerfeste Auskleidungsschicht 4 trägt.

[0017] Die Höhe des Ofenschachtes 2 ist durch die verfahrensgemäss im Zusammenhang mit der Einstellung der Fördergeschwindigkeit mittels der Austragsvorrichtung 5 zu bestimmenden Verweilzeiten des Brennmaterials bestimmt. Diese Verweilzeiten verteilen sich auf eine obere, sich an den Beschickungsbereich 6 anschliessende Vorwärmzone 7, auf eine nach unten folgende Brennzone 8 und eine bis zur Austragsvorrichtung 5 verlaufende Kühlzone 9.

[0018] Die Zufuhr von gasförmigem, flüssigem oder pulverförmigen Brennstoff, vorzugsweise zusammen mit primärer Verbrennungsluft, erfolgt über zahlreiche, in einer oder mehreren Ebenen 10 bis 12 angeordnete Brennlanzen 13, die sich durch die Schachtwand 3,4 in den Schachtraum 2 hinein erstrecken.

[0019] Durch die axiale Verschiebbarkeit der Brennlanzen von Hand im Schüttgut, senkrecht durch die ausgemauerte Schachtwand 3,4 hindurch, lassen sich die Positionen ihrer Mündungen 14 und damit der sich an ihnen jeweils ausbildenden Flammen, systematisch oder aufgrund von Temperaturmessungen mittels im

Schachtquerschnitt verteilten Sonden, so anordnen, dass in der betreffenden Schachtebene eine weitgehend gleichmässige Brenntemperatur entsteht. Eine solche gleichmässige Temperaturverteilung ist in dem Diagramm nach Fig.6 durch den geraden Verlauf der mittleren Kurve 15 dargestellt. Im Vergleich hierzu würde sich bei einer Anordnung der Lanzenmündungen 14 bündig zur Innenseite der Schachtwand 3,4 ein zur Schachtmitte hin abnehmender Temperaturverlauf entsprechend der Kurve 16 ergeben und damit ein unterschiedlicher Brenngrad des Produktes. Dabei wären die Temperaturen in der Nähe der Schachtwand zu hoch, mit der Gefahr des Zusammensinterns und in der Schachtmitte zu niedrig und unterhalb der durch die Kurve 17 angegebenen minimalen Brenntemperatur. Die auf der Abzisse des Diagramms ablesbaren Radialpositionen sind nur relativ und nicht auf einen bestimmten Schachtdurchmesser bezogen. Der Schachtdurchmesser kann jedoch einem Radius von 1 entsprechen, obwohl auch grössere Schachtabmessungen realisiert werden können, z.B. mit einem Durchmesser von drei oder mehr Metern.

[0020] Aufgrund der hohen Temperaturen im Brennraum 8 sind zumindest die für eine weit in den Schacht 2 hineinragende Anordnung vorgesehenen Brennlanzen 13 mit einem das Brennrrohr 18 umschliessenden Kühlmantel 19 versehen, der Anschlussstutzen 20,21 für die Hindurchleitung einer Kühlflüssigkeit aufweist. An Brennlanzen 13, an denen eine geringere Temperaturbelastung zu erwarten ist, kann anstatt eines Kühlmantels für den betreffenden Lanzenbereich ein hitzebeständiges Material verwendet werden. Auf diese Weise wird die über ein Kühlmedium abgeführte Wärmemenge verringert.

[0021] Das Brennrrohr 18 hat einen Anschlussstutzen 22 für die Zuleitung primärer Verbrennungsluft. Ausserdem ist am hinteren Ende der Brennlanze 13 ein gleichachsig mit diesem verlaufendes Brennstoffrohr 23,24 oder 25 eingesetzt, das je nach der Art des zu verwendenden Brennstoffes unterschiedlich ausgeführt ist. Für pulverförmigen Brennstoff hat das Brennstoffrohr die Form eines kurzen Sutzens 23 entsprechend Fig.7. Für flüssigen und gasförmigen Brennstoff erstreckt sich das Brennstoffrohr 24 oder 25 bis kurz vor die Mündung 14 der Brennlanze 13, um sich dort mit der im umschliessenden Ringkanal 26 zuströmenden primären Verbrennungsluft zu vermischen.

[0022] Eine gegen den Überdruck im Ofen dichte, aber verschiebbare Hindurchführung der Brennlanzen 13 durch die Schachtwand 3,4 hindurch ist jeweils durch eine sich an eine Wandbohrung 27 nach aussen anschliessende stopfbuchsartige Dichtanordnung 28 gewährleistet.

[0023] Die Fig.3 bis 5 veranschaulichen eine unterschiedliche Winkelanordnung der in drei Ebenen angeordneten Brennlanzen 13, so dass die Brennlanzen 13 zu denjenigen einer anderen Ebene winkelfersetzt sind. Durch die ausserdem unterschiedlichen, in den Darstel-

lungen beispielhaft angegebenen Einschubpositionen der Brennlanzen 13 der verschiedenen Brennebenen 10, 11 und 12 ist auch bei kleiner Flammenausbildung eine besonders weitgehende Abdeckung des Schachtquerschnittes durch die sich an jeder der Mündungen 14 ausbildenden Flammen gegeben. Die Grösse dieser Flammen ist durch mehrere Faktoren bestimmt, d.h. die Menge des Brennstoffs, die Menge der primären und sekundären Verbrennungsluft sowie die Korngrösse des Brennmaterials. Eine geringe Korngrösse führt zu einer dichteren Schüttgutpackung und damit zu einer geringeren Ausbreitung der Flamme. Andererseits hat die Begrenzung der Korngrösse auf einen Bereich mit vorzugsweise weniger als 70 mm Korngrösse den Vorteil einer geringeren mechanischen Belastung der in das fließende Schüttgut quer hineinragenden Brennlanzen 13 sowie den Vorteil einer kleiner einstellbaren Verweilzeit, so dass ein Zusammensintern von Brennmaterial durch eine kurze Verweilzeit verhindert werden kann. Für einen gleichmässigen Brenngrad sollte die Korngrößenverteilung in einem möglichst kleinen Bereich liegen.

[0024] Falls das Verfahren mit einer Korngrösse des Brennmaterials durchgeführt werden soll, die in einem Bereich wesentlich oberhalb einer maximalen Korngrösse von 70 mm liegt, so können besondere Massnahmen getroffen werden, die eine Ueberlastung der weit in den Schacht 2 hineinragenden Brennlanzen 13 verhindern. Beispielsweise kann die betreffende Brennlanze nach Art eines Wiegebalkens gehalten sein, mit einer Kraftmessstelle ausserhalb der Schachtwand 3 und mit einer Vorrichtung zur Erzeugung mechanischer Schwingungen, die bei Überschreitung einer zulässigen Kraft selbstständig eingeschaltet wird. Auf diese Weise lässt sich die Brennlanze freirütteln, wenn sich auf ihr ein Materialstau bilden sollte. Ein Rütteln der Brennlanze kann auch ihr Einschieben in den gefüllten Schachtraum 2 erleichtern.

[0025] Die Brennstoffzufuhr in den einzelnen Brennebenen 10,11 und 12 kann einzeln bis auf Null geregelt werden, um in Abhängigkeit vom gewünschten Brenngrad bzw. der Verweilzeit in einem bestimmten Temperaturbereich einen bestimmten Temperaturverlauf in Schachtlängsrichtung bzw. in Strömungsrichtung der von unten zuströmenden Luft zu erhalten.

[0026] Diese Luft wird im Bereich der z.B. als Schubtisch ausgeführten Austragsvorrichtung 5 mit Überdruck durch mindestens ein nicht dargestelltes Gebläse zugeführt, so dass sie im Gegenstrom zu der sich durch Schwerkraft abwärtsbewegenden Schüttgutsäule durch deren Kornstruktur hindurch nach oben strömt. Dabei dient sie zuerst in der Kühlzone 9 als Kühlluft, anschliessend in der Brennzone 8 als z.B sekundäre Verbrennungsluft und zuletzt, in der oberen Vorwärmzone 7 des Ofens zum Vorwärmen des Brenngutes und dabei, entsprechend einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung, zum Vorwärmen der zu den Brennlanzen 13 strömenden, primären Verbrennungsluft in dort hän-

gend angeordneten Wärmeaustauschrohren 29.

[0027] Die erfindungswesentliche Anordnung der Brennlanzen 13 bzw. von deren Mündungen 14, verteilt auf den Schachtquerschnitt, ermöglicht neue Arten der Verfahrensführung, mit besonders hohen Flammentemperaturen im Bereich von 1800°C bei kurzer Verweilzeit, ohne dass ein bei solchen Temperaturen an sich zu erwartendes Zusammensintern d.h. das Ausbilden von Blöcken auftritt, so dass ein bisher nicht möglich gewesenes Hartbrennen im Vertikalschachtofen mit gasförmigen, flüssigen und pulverförmigen Brennstoffen möglich ist.

[0028] Die Diagramme der Fig. 10 bis 13 zeigen für eine bestimmte Verweilzeit die sich aufgrund der Steuerung der Brennstoffzufuhr in Verbindung mit angepasster primärer Luftzufuhr über die Brennlanzen 13 und im Gegenstrom zugeführter sekundärer Verbrennungsluft realisierbaren Temperaturverläufe für das Brennmaterial Kalk (CaCO_3), bezogen auf den Längsschnitt des Schachtofens. Dabei ist die Temperatur des Brennmaterials durch eine durchgezogene Linie 30 dargestellt, während die Temperatur des sich durch die Verbrennung bildenden Brenngases und der Kühl- bzw. Sekundärverbrennungsluft der gestrichelten Linie 31 entspricht.

[0029] Für die Herstellung von Weichbrand nach Fig. 10 und Fig.11 erfolgt die Brennstoffzufuhr abgestuft über die in den drei Brennebenen 10 bis 12 angeordneten Brennlanzen 13 in wesentlich geringerer Menge als für Hartbrand, so dass sich Flammentemperaturen entsprechend den drei Temperaturspitzen 32 bis 34 ausbilden. Die bei ca. 1200° C in der ersten Brennebene und bei ca. 1400° C in der dritten Brennebene liegen. Das von oben nach unten strömende Brennmaterial gelangt somit in der ersten Brennebene 30 zuerst in Kontakt mit Brenngas von 1200° Celsius und in den anschliessenden Brennebenen mit heisserem Brenngas von maximal ca. 1400° C. Durch das im Gegenstrom nach oben strömende Brenngas wurde das körnige Brennmaterial bei Erreichen der ersten Brennebene bereits auf ca. 1000° C vorgewärmt, und es erreicht in der dritten Brennebene eine Temperatur von ca. 1200° C. Durch die auf drei Brennebenen 10,11,12 verteilte Zufuhr der erforderlichen Brennstoffmenge hat die Brennzone 8 eine entsprechend lange Erstreckung in Schachtrichtung mit entsprechend grosser Verweilzeit des Brennmaterials in der Brennzone 8.

[0030] Das in Schachttöfen mit Ausnahme von Mischfeueröfen bisher nicht möglich gewesene Hartbrennen von Kalk erfolgt entsprechend dem Ausführungsbeispiel nach Fig.12 mit Brennstoffzufuhr und Zufuhr von primärer Verbrennungsluft in nur einer Ebene 12 und bei einer Flammtemperatur von etwa 1800° C. Das Brennmaterial hat eine Korngrösse im Bereich von 5 bis 70 mm. Die sich ergebende hohe Brenntemperatur von ca. 1400° C bewirkt überraschenderweise kein Zusammensintern von Körnern des Brennmaterials mit Klumpen und Brückenbildung. Dies erklärt sich durch eine

kurze Verweilzeit bei höchsten Temperaturen, entsprechend dem spitzen Verlauf der Temperaturkurve 31 für das Brennmaterial in Diagramm nach Fig.12. Dieser Temperaturverlauf ergibt sich durch die fehlende Umschaltung zusätzlicher Brennebenen und der entsprechend kürzeren Erstreckung der Brennzone 8 in Schachtrichtung.

[0031] Bei der Ausführung des Einschachtofens 1 entsprechend der Darstellung in Fig.1 verlassen die in der Vorwärmzone 7 sich abkühlenden Brenngase den Ofen bei ca. 330° C, so dass entsprechend hohe Wärmeverluste auftreten. Eine Rekuperation in nachgeschalteten Wärmetauschern würde aufgrund des hohen Staubanteils im Abgasstrom zur baldigen Ausbildung von die Wärmeübertragung behindernden Ablagerungen führen. Bei einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung entsprechend dem Ausführungsbeispiel nach Fig.2 wird ein Teil der in den Brenngasen enthaltenen Wärmeenergie für die Aufheizung von primärer Verbrennungsluft ausgenutzt, die den Brennlanzen 13 über eine Leitung 39 zugeführt wird. Diese Aufheizung erfolgt innerhalb des Ofens 1', indem die Verbrennungsluft durch Wärmeaustauschrohre 36 geführt wird, die mit einem Zu- und Rückleitungsteil 37,38 vertikal hängend und in Umfangsrichtung des Schachtes 2 oder gleichmässig auf den Schachtquerschnitt verteilt, in das Brennmaterial der Vorwärmzone 7 eintauchen. Die Anordnung der Wärmeaustauschrohre 36 im Ofen 1' in direktem Kontakt mit dem Brenngut und den Brenngasen führt zu einer besonders guten Wärmeübertragung durch Wärmeleitung, Konvektion und Wärmestrahlung. Ausserdem werden die Wärmeaustauschflächen der Rohre 36 durch das unter Schwerkrafteinfluss an ihnen entlangströmende Brennmaterial selbsttätig gereinigt. Die somit mögliche Einsparung an Wärmeenergie beträgt gegenüber einem Ofen ohne Vorwärmung von primärer Verbrennungsluft ca. 7 bis 10 %, bei einer Abgastemperatur von ca. 190° C anstatt von ca. 330° C.

[0032] Die Fig.11 und 13 veranschaulichen den sich aufgrund des zusätzlichen Wärmeaustausches in den Rohren 36 ergebenden andersartigen Temperaturverlauf in Schachtrichtung.

[0033] Die Doppelschachttöfen 40, 40' und 40'' der Ausführungsbeispiele der Erfindung nach Fig.14 bis Fig.16 werden wie die bekannten MAERZ-Öfen nach dem Regenerativverfahren betrieben. Dies bedeutet, dass beide Schächte 41 und 42 im Übergangsbereich 43 unterhalb der Brennzone 44 miteinander querverbunden sind, dass vom Austragsbereich 45 kontinuierlich Kühlluft im Gegenstrom zugeführt wird und dass ausserdem vom Beschickungsbereich 46 aus Verbrennungsluft im Gleichstrom abwechselnd einem der Schächte 41, 42 zugeführt wird, während gleichzeitig die Ableitung der Abgase aus dem Ofen 40, 40', 40'' durch die Vorwärmzone des benachbarten Schachtes 42 bzw. 41 hindurch erfolgt. Die Umschaltung dieser Strömungsverhältnisse im Ofen erfolgt in Zeitintervallen von beispielsweise 10 bis 15 Minuten. Die Darstellun-

gen der Fig. 14 bis 16 veranschaulichen durch die Richtungspfeile den Betriebszustand, bei dem Verbrennungsluft dem Schacht 41 über die Leitung 47 zugeführt und das Abgas vom anderen Schacht 42 über die Leitung 48 abgeleitet wird. Nach demselben Umschaltprinzip können auch mehr als zwei zueinander parallele Schächte 41,42 mit abwechselndem Betriebszustand betrieben werden.

[0034] Im Unterschied zu dem als MAERZ-Ofen bekannten Gleichstrom Regenerativ-Ofen, bei dem Brennstoff entsprechend den Betriebsintervallen abwechselnd nur dem einen oder anderen der Schächte im Gleichstrom mit dem Brenngut zugeführt wird, erfolgt die Brennstoffzufuhr gleichzeitig zu beiden Schächten 41,42, so dass in einem der Schächte die Brenngase Gleichstrom zum Brennmaterial und im anderen Schacht im Gegenstrom gerichtet sind. Die Gesamtheit erforderliche Brennstoffzufuhr wird somit auf die Brennanordnungen beider Schächte 41, 42 verteilt. Im Unterschied zum Gleichstrombrennbetrieb in einem Schacht 41 oder 42, erfolgt somit im anderen Schacht 42 oder 41 das Brennen mit in der Kühlzone 49 vorgewärmter Verbrennungsluft, mit folglich verringerter Abgasmenge und entsprechend verbesserter Energiebilanz. Gegen über dem bekannten Gleichstrom-Regenerativofen nach System MAERZ kann beim Brennen von Kalkstein die Verringerung der Abgasmenge 25 % betragen. Dadurch steigt die Konzentration des Kohlendioxids, so dass das Abgas vorteilhaft für chemische Verfahren eingesetzt werden kann, die ein Gas mit hohen Kohlendioxidgehalt benötigen.

[0035] Beim Doppelschachtofen nach Fig. 14 sind zusätzlich zu von oben in das Brennmaterial 50 eintauchenden Brennnlanzen 51 in der Nähe des Übergangsbereiches 43 quer in das Brennmaterial 50 eingeschobene Brennnlanzen 52 vorgesehen. Nach Umschaltung des Brennbetriebes werden somit im selben Schacht anstatt der hängenden Brennnlanzen 51 die quereingeschobenen Brennnlanzen 52 in Betrieb genommen werden, bei gleichzeitiger, umgekehrter Umschaltung der Brenner 52,51 im anderen Schacht. Die Richtung der Flammentwicklung an den Düsenmündungen der Brennnlanzen 51,52 in Schachtrichtung ist durch die Abbildungen der Flammen 53 und 54 ersichtlich. Durch diese Darstellungen ist auch ersichtlich, dass die quer gerichteten Brennnlanzen 52 des Schachtes 41 während des Betriebs der in diesem Schacht 41 hängenden Brennnlanzen 51 abgeschaltet sind, während im anderen Schacht 42 die Brennnlanzen 52 zugeschaltet sind.

[0036] Am Doppelschachtofen nach Fig. 15 sind in beiden Schächten 41,42 nur quer angeordneten Brennnlanzen 55 vorgesehen. Der Doppelschachtofen nach Fig. 16 hat demgegenüber zusätzlich im Vorwärmbereich 56 hängend angeordnete Wärmeaustauschrohre 58 zur Aufheizung von primärer Verbrennungsluft, wie zuvor zum Einschachtofen nach Fig. 2 beschrieben worden ist.

[0037] Durch die gleichzeitige Zuführung von Brenn-

stoff im zweiten Schacht im Gegenstrom durch in das Brennmaterial eingeschobene Brennnlanzen 52,55 ist das an sich bekannte Regenerativ-verfahren bei gutem thermischen Wirkungsgrad auch für die Herstellung von Mittel- und Hartbrand vorteilhaft geeignet.

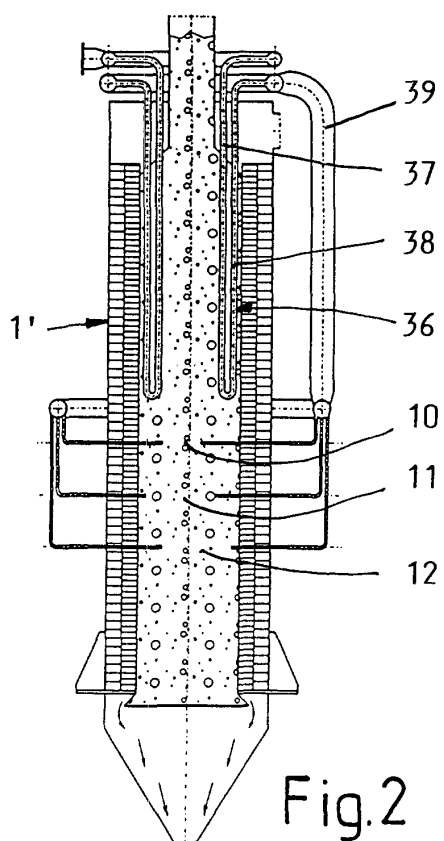
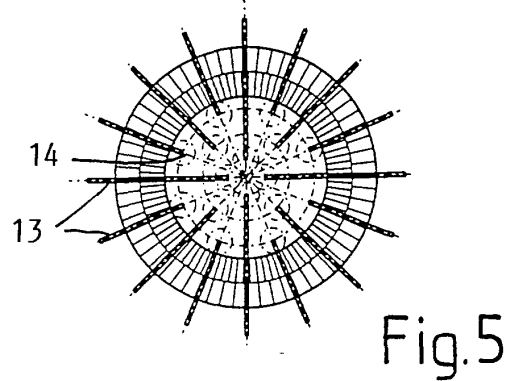
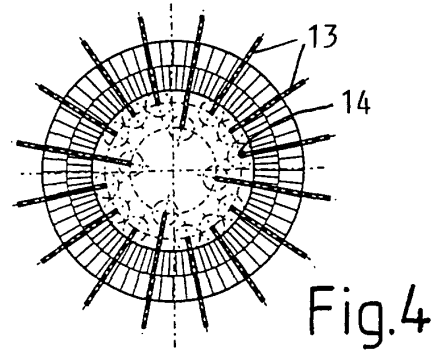
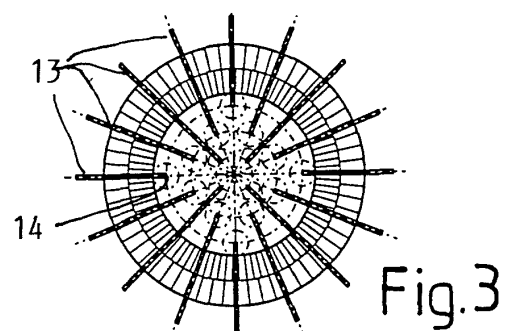
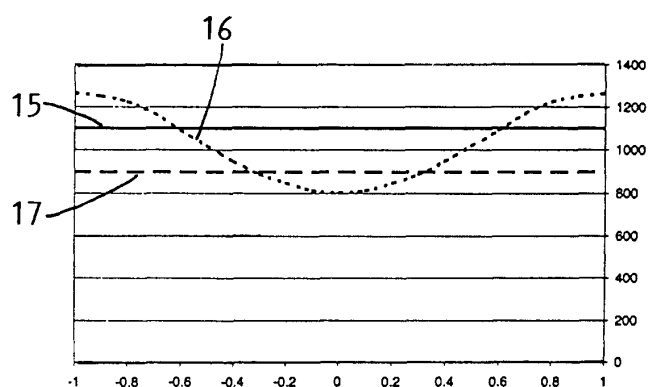
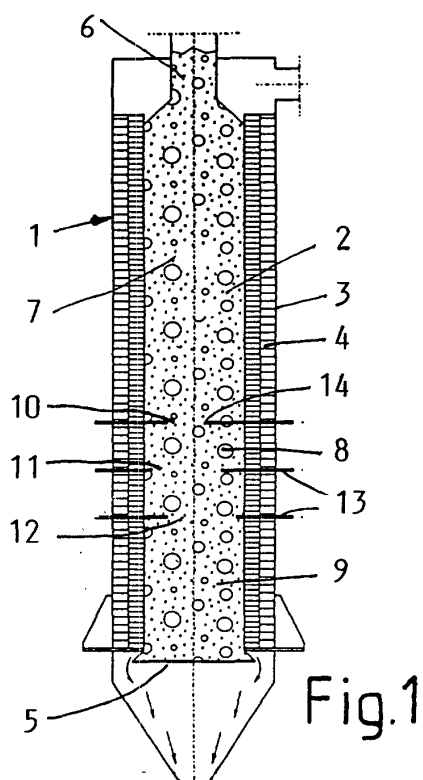
Patentansprüche

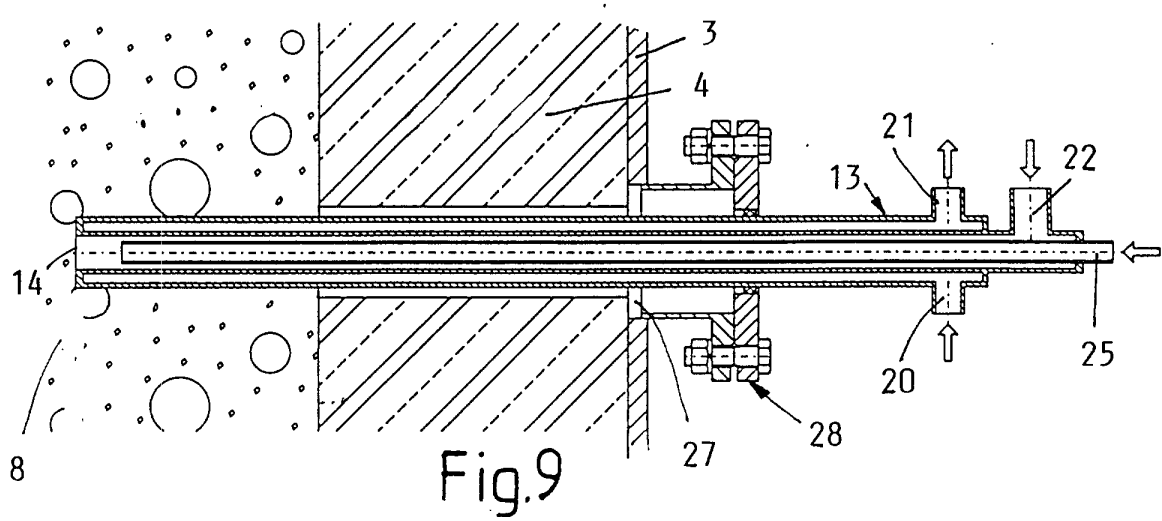
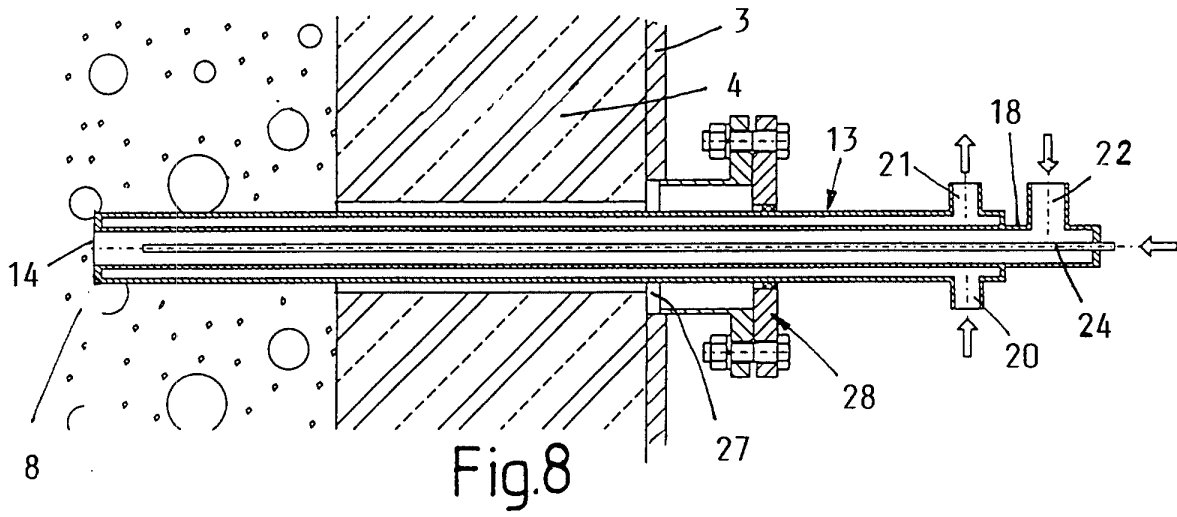
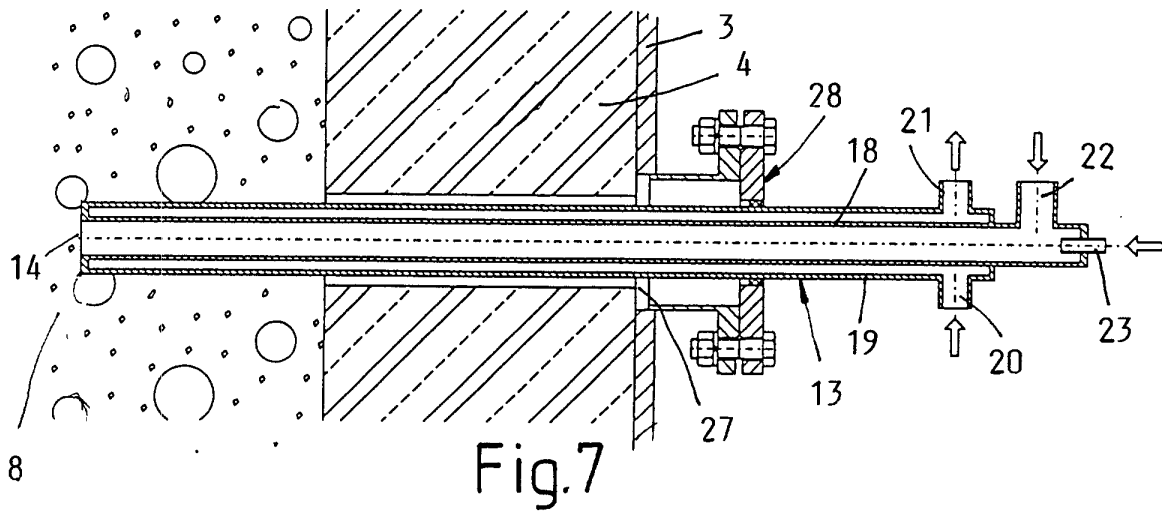
1. Verfahren zum Brennen von karbonathaltigem Material in einem Schachtofen, mit Schwerkraftförderung durch eine Vorwärmzone, mindestens eine Brennzone und eine Kühlzone zu einer Austragsvorrichtung, wobei eine Brennstoffzufuhr in der Brennzone oder angrenzend an diese über mehrere durch die Schachtwand geführte Brennnlanzen erfolgt und Verbrennungsluft als Kühlluft unter Überdruck zugeführt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zufuhr von Brennstoff über zahlreiche, senkrecht zur Schachtwand in den Schachtraum hinein verschiebbare Brennnlanzen durch Auswahl der Position ihrer Mündungen derart ausgeführt wird, dass die sich an den Brennnlanzen ausbildenden Einzelflammen gemeinsam einen Flammbereich bilden, der sich mindestens angenähert über den gesamten Schachtquerschnitt erstreckt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Brennstoffzufuhr über mehrere übereinander vorgesehene Gruppen von jeweils in mindestens angenähert gleicher Ebene angeordnete Brennnlanzen erfolgt und in Abhängigkeit vom gewünschten Brenngrad in der Brennzone ein in Ofenlängsrichtung verlaufendes Temperaturprofil durch Verändern der Brennstoffzufuhr zu einer oder mehreren der einzelnen Lanzengruppen eingeregelt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Temperaturverteilung über den Schachtquerschnitt durch Verschieben der Brennnlanzen und damit der radialen Position der Brennermündungen während des Betriebs des Ofens in Abhängigkeit von durch Messsonden ermittelten Temperaturwerten oder durch die ermittelte Produktqualität eingestellt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur gleichmässigen, gemeinsamen Abdeckung des Schachtquerschnittes durch einzelne, übereinander vorgesehene Flammbereiche die Verschieberichtung von übereinander angeordneten Brennnlanzen in Umfangsrichtung des Schachtes zueinander versetzt verläuft.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch die Brennnlanzen, zusätzlich zu Brennstoff, Verbrennungsluft zu-

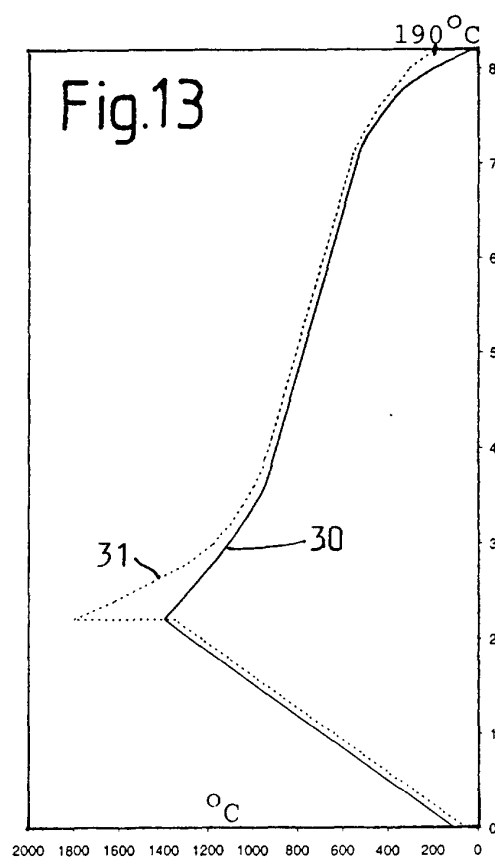
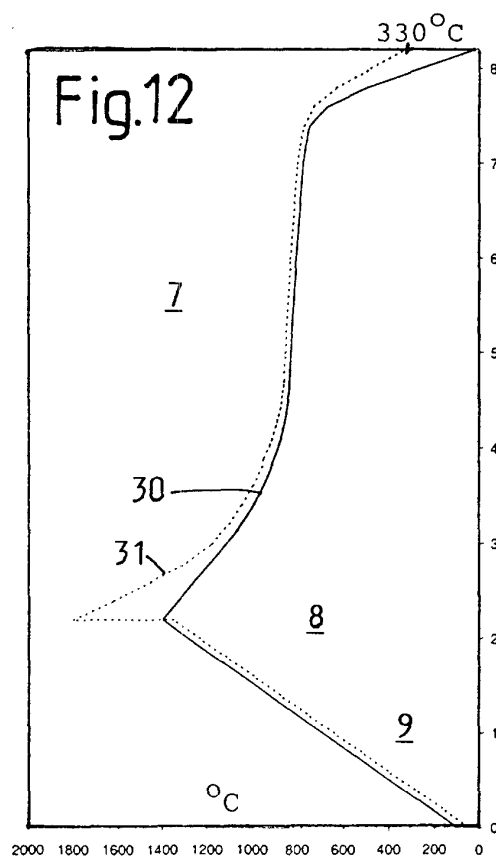
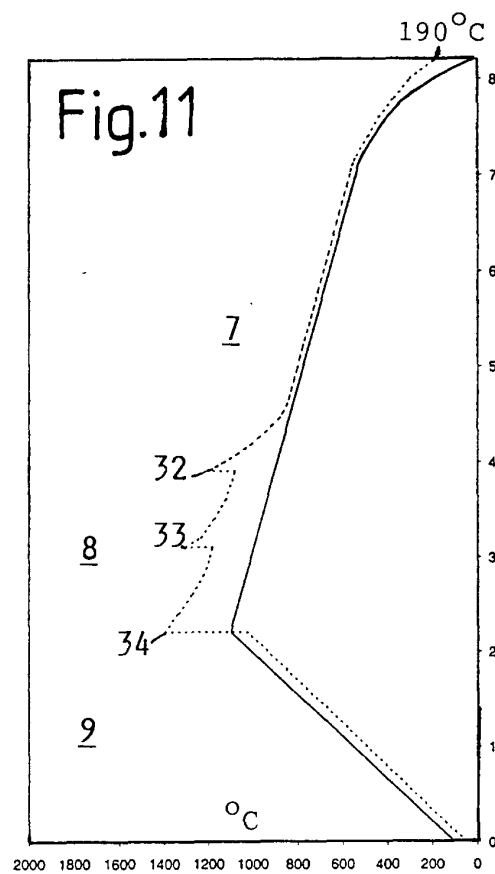
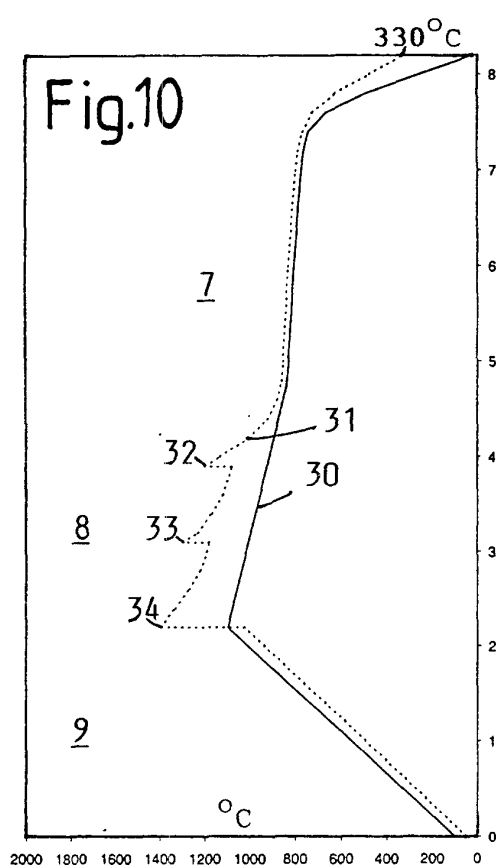
geführt wird, deren Menge einstellbar ist und bei Bedarf bis auf Null abgeregelt werden kann.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die über die Brennlansen zuzuführende Verbrennungsluft innerhalb der Vorwärmzone erwärmt wird, indem sie durch Wärmetauscherrohre geführt wird, die parallel zur Schachtwand und auf den Ofenquerschnitt verteilt im Vorwärmbereich des Ofens hängend angeordnet sind. 5
10
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, zum Brennen in einem Mehrschachtofen nach dem Regenerativverfahren durch zeitlich zwischen den Schächten abwechselnde Zufuhr von Verbrennungsluft im Gleichstrom, und mit kontinuierlicher Gegenstromzufuhr von Kühlluft im unteren Bereich der Schächte, **dadurch gekennzeichnet, dass** während der Brennstoffzufuhr im Gleichstrombetrieb in einem der Schächte, in einem oder mehreren anderen, mit ersterem querverbundenen Schächten, Brennstoff mit oder ohne Verbrennungsluft über in der Brennzone angeordnete, quer zur Ofenwand verschiebbare Brennlansen zugeführt wird. 15
20
25
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Brennstoffzufuhr während jeweils einer der Betriebsperioden des Regenerativverfahrens in einem der Schächte im Gleichstrom über hängend angeordnete Brennlansen erfolgt. 30
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die maximale Einschubtiefe der Brennlansen bis nahe an das Zentrum des Schachtquerschnittes reicht, so dass die zugehörige Flamme das Zentrum erreicht, wobei die lichte Weite des Schachtraumes auf 3 m begrenzt wird. 35
40
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** zum Brennen ein Brennmaterial ausgewählt wird, dessen Korngröße im Bereich von 5 bis 70 mm liegt. 45
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest die am weitesten in den Schachtraum hineinragenden Brennlansen durch ein Kühlmittel durchströmt werden. 50

55







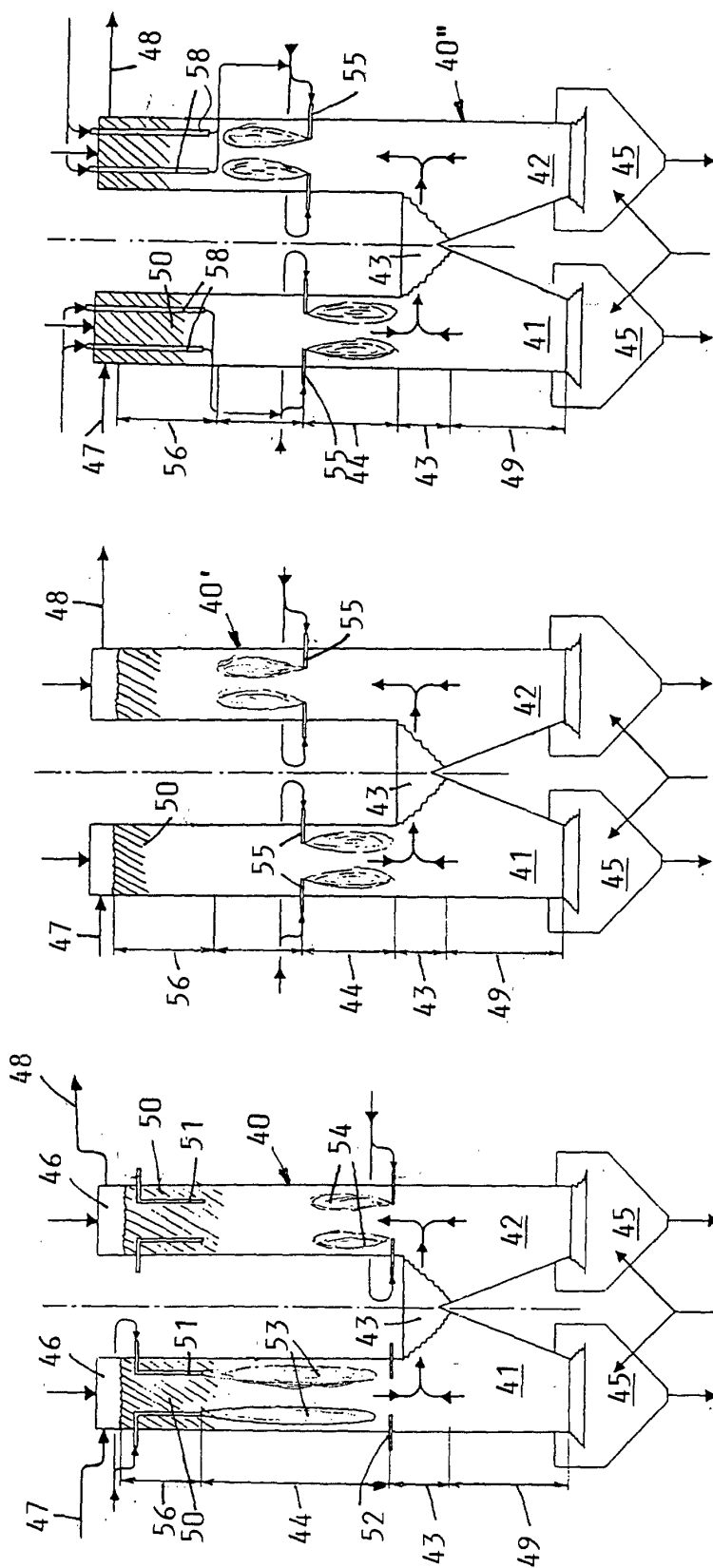


Fig.14

Fig.15

Fig.16