

19



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets

11

Veröffentlichungsnummer:

**0 355 569**  
**A2**

12

### EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21

Anmeldenummer: 89114624.3

51

Int. Cl.4: F27B 9/30 , F27B 9/12

22

Anmeldetag: 08.08.89

30

Priorität: 09.08.88 DE 3826957

43

Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
28.02.90 Patentblatt 90/09

84

Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH DE FR GB IT LI NL SE

71

Anmelder: Hässler, Andreas  
Jahnstrasse 45  
D-7902 Erbach(DE)

72

Erfinder: Hässler, Andreas  
Jahnstrasse 45  
D-7902 Erbach(DE)

74

Vertreter: Thielking, Bodo, Dipl.-Ing. et al  
Patentanwälte Dipl.-Ing. Bodo Thielking  
Dipl.-Ing. Otto Elbertzhagen Gadderbaumer  
Strasse 20  
D-4800 Bielefeld 1(DE)

54

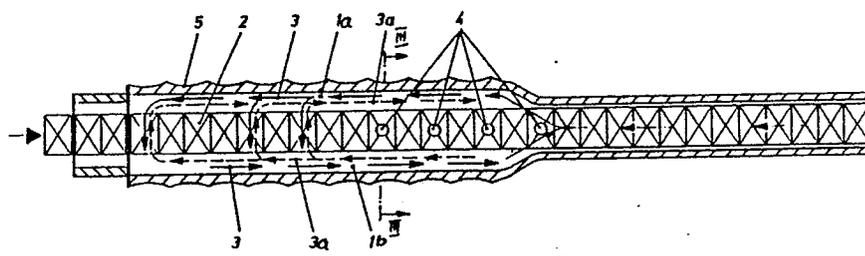
Tunnelofen zum Brennen von verbrennbare Stoffe enthaltendem Brenngut.

57

Ein Tunnelofen zum Brennen von verbrennbare Stoffe enthaltendem Brenngut besitzt im Ofenkanal im Bereich der Brennzone und Kühlzone die übliche geringe freie Innenquerschnittsfläche zwischen Besatz und Ofeninnenwänden. Im Bereich der Aufheizzone und evtl. einem Teil der Brennzone ist diese freie Innenquerschnittsfläche gegenüber der übrigen freien Innenquerschnittsfläche stark vergrößert. In diesen Bereichen ist also der Abstand zwischen Besatz und Ofenwand oder Ofendecke und Besatz wesentlich größer als im übrigen Ofen. In den Bereichen mit vergrößerter freien Innenquerschnittsfläche wird das Ofengas entlang einer Längsfläche des Besatzes im Gegenstrom und entlang einer anderen Längsfläche im Gleichstrom geführt. Das Ofengas durchströmt den Besatz beim Übergang von Gegenstrom in den Gleichstrom quer. Die Entnahme des Ofengases erfolgt am in Brenngutförderrichtung gesehen hinteren Ende der Aufheizzone und/oder vorderen Ende der Brennzone.

EP 0 355 569 A2

Fig. 1



## Tunnelofen und Verfahren zum Brennen von verbrennbare Stoffe enthaltendem Brenngut

Die Erfindung betrifft einen Tunnelofen zum Brennen von verbrennbare Stoffe enthaltendem Brenngut, bei dem das Ofengas über einen Teil der Ofenlänge in zur Förderrichtung des Brennguts entgegengesetzter Richtung geführt ist und eine Anwärmszone am Ofeneingang, eine sich anschließende Aufheizzone sowie eine danach folgende Hochtemperaturzone aufweist, ferner sich eine anschließende, bis zum Ofenausgang erstreckende Kühlzone. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Brennen in einem derartigen Tunnelofen.

Bei brennstoffhaltigen Formlingen, zum Beispiel porosierten Ziegeln, kohlehaltigen oder bituminösen Formlingen, Kohleelektroden, brennstoffhaltigen Besätzen und dergleichen bestehen verschiedene Probleme. Einerseits ist es problematisch, eine gute Abgasqualität zu erreichen, andererseits ist eine gute wärmewirtschaftliche Ausnutzung des im Besatz enthaltenden Problems schwierig. Dieses Problem besteht besonders, wenn die Formlinge aus kohlenwasserstoffhaltigen oder ölhaltigen Böden und Bindeton oder Plastifizierungsmitteln hergestellt und geformt wurden. Besonders problematisch ist es, Formlinge mit einem besonders hohen Anteil an verbrennbaren Substanzen zu brennen. Es kann dabei der Fall auftreten, daß ein höherer Brennstoffanteil im Besatz vorhanden ist, als er zur Führung des Brennprozesses überhaupt erforderlich ist.

Alle bisher bekanntgewordenen Tunnelöfen und Verfahren zum Brennen von brennstoffhaltigen Formlingen fordern einen hohen Installationsaufwand. Dabei sind umfangreiche Gasüberführungsleitungen außerhalb des Ofens vorgesehen. Weiterhin ist es bei den bekannten derartigen Brennverfahren nachteilig, daß man in das Gegenstrom-Wärmeaustausch-Verhältnis zwischen Kühl- und Brennzone eingreift.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Tunnelofen und ein Verfahren zum Brennen der als bekannt vorausgesetzten Art so auszubilden, daß eine gute Abgasqualität -insbesondere bezüglich organischer Substanzen- erzielbar ist, ohne daß zum Erreichen dieser guten Abgasqualität umfangreiche Außeninstallationen erforderlich sind. Weiterhin liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, den im Besatz enthaltenen Brennstoff im Ofenraum wärmewirtschaftlich gut zu nutzen. Die Brennprozeßführung soll einfacher als bisher möglich zu gestalten sein, ohne in das Gegenstrom-Wärmeaustausch-Verhältnis zwischen Kühl- und Brennzone einzugreifen. Darüberhinaus soll mit dem neuen Verfahren und dem neuen Tunnelofen der Ofendruck wesentlich herabgesetzt werden

können, damit auch lange Brennkanäle ausführbar sind, ohne daß hierzu aufwendige Mittel wie Druckkompensation, Wasserrinnenabdichtung oder dergleichen erforderlich sind.

Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt mit den Merkmalen des Kennzeichnungsteils von Anspruch 1 bzw. 17.

Durch den erfindungstypischen hohen freien Innenquerschnitt in der Aufheizzone ergeben sich günstige Ofengasbedingungen mit geringen Strömungsgeschwindigkeiten und entsprechend geringen Förderwiderständen durch den Ofen. Der erfindungsgemäße Ofen benötigt deshalb nur geringen Zug und kann demzufolge länger gebaut werden als herkömmliche Tunnelöfen. Wegen der erfindungsgemäß groß ausgebildeten Innenquerschnittsflächen ist auch der Kraftbedarf zur Ofengasförderung gering. Es ergeben sich außerdem vergrößerte Konvektionsflächen.

Da alle prozeßbedingten Wärmetransporte innerhalb des Ofenmantels ablaufen, arbeitet der Ofen mit geringerem Brennstoffbedarf als bekannte Systeme. Darüberhinaus wird das Abgasvolumen, das nicht mehr vom Gegenstromverhältnis in der Anwärmszone abhängig ist, reduziert. Die Abgasmenge kann mit dem neuen Tunnelofen und dem neuen Verfahren vorzugsweise nach dem Sauerstoffgehalt des Abgasstroms geregelt werden.

In dem erfindungsgemäßen Tunnelofen und Verfahren sind in der Aufheizzone stets zwei Strömungswege vorhanden, nämlich einer im Gleichstrom mit dem Brenngut, welcher die Wärme an die Aufheizzone abgibt bzw. abgegeben hat und ein weiterer im Gegenstrom, welcher der Aufheizzone Wärme aus Verbrennungsvorgängen von der Brennzone zuführt.

Es ist leicht möglich, vorhandene Tunnelöfen auf das neue Verfahren umzurüsten. Hierzu genügt ein Austausch der Aufheizzone. Dies läßt sich besonders einfach mit vorgefertigten Tunnelofenelementen bewerkstelligen.

Im Bereich der Kühl- und Hauptbrennzone muß in den Prozeßverlauf nicht eingegriffen werden. Dies ist vorteilhaft, weil vor allen Dingen diese Zone für die farbliche und qualitative Beschaffenheit des fertigen Brennprodukts bestimmend sind. Das neue Verfahren gewährleistet eine einwandfreie Qualität der Brennprodukte auch bei Ofenumstellungen.

Nach herrschender Lehre sind die Randspalten zwischen Ofeninnenfutter und Besatz im Tunnelofen, also die freien Innenquerschnittsflächen möglichst klein zu halten. Im Gegensatz zu dieser herrschenden Lehre schlägt die Erfindung vor, die freie Innenquerschnittsfläche des Tunnelofens im Be-

reich der Aufheizzone und ggfs. der Anwärmszone sowie ggfs. einem Teil der Brennzone wesentlich größer zu gestalten als die gegenüber der herrschenden Lehre unverändert gebliebene Innenquerschnittsfläche im Bereich der Kühlzone und im daran anschließenden Bereich der Brennzone. Die erfindungsgemäß vorgesehenen großen freien Innenquerschnittsflächen können zur Förderung großer Gasmengen in Ofenlängsrichtung genutzt werden. Die Ofengasförderung kann also innerhalb des Brennkanals erfolgen und muß nicht wie bei bekannten Sonderkonstruktionen über außenliegende korrosionsanfällige Rohrleitungen bewerkstelligt werden.

Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Nachstehend werden bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung anhand der Zeichnung im einzelnen beschrieben. Es zeigen:

Figur 1 einen schematischen horizontalen Längsschnitt durch eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Tunnelofens,

Figur 2 die Temperaturverlaufskurve in dem Tunnelofen gemäß Figur 1,

Figur 3 einen Schnitt entlang Ebene III - III in Figur 1,

Figur 4 einen vertikalen Längsschnitt durch eine zweite Ausführungsform des Tunnelofens,

Figur 5 einen schematischen Längsschnitt durch eine dritte Ausführungsform des Tunnelofens,

Figur 6 eine Temperaturverlaufskurve zum Tunnelofen gemäß Figur 5,

Figur 7 einen schematischen Längsschnitt analog Figur 5 durch eine weitere Ausführungsform des Tunnelofens,

Figur 8 einen Querschnitt durch den Tunnelofen gemäß Figur 5 entlang Ebene VIII - VIII.

Bei den verschiedenen Ausführungsformen ist die Vorwärmszone mit A bezeichnet, die Aufheizzone mit B, die Brennzone mit C und die Kühlzone mit D.

Bei allen Ausführungsformen werden innerhalb des Ofens zwischen Ofeninnenwand und Besatz große freie Innenquerschnittsflächen vorgesehen. Diese freien Innenquerschnittsflächen, die sich durch die gesamte Aufheizzone bis zum Beginn der Brennzone erstrecken, können an verschiedenen Stellen vorgesehen sein. Bei den Ausführungsformen gemäß Figuren 1, 5 und 7 sind die freien Innenquerschnittsflächen oder Überführungsquerschnitte jeweils seitlich neben dem Besatz 2 vorgesehen. Bei der Ausführungsform gemäß Figur 4 ist die freie Innenquerschnittsfläche oberhalb des Besatzes, also zwischen Ofendecke und Oberkante des Besatzes vorgehen. Eine weitere freie Querschnittsfläche ist bei der Ausführungsform gemäß Figur 4 durch einen im Besatz vorgesehenen

durchgehenden Längskanal gebildet. Das Vorsehen der großen freien Innenquerschnittsflächen erlaubt es, daß entlang der Aufheizzone genügend Ofengas aus der Brennzone C zur Aufheizzone B und wieder zurück zur Brennzone C transportiert werden kann, um durch konvektive Wärmeübertragung auf diese Weise den Besatz in der Aufheizzone zu erwärmen. Die Ofengasströmung wird mit Gasfördereinrichtungen bewirkt. Derartige Gasfördereinrichtungen 7 sind vorzugsweise Saugstrahldüsen oder Ringmanteldüsen, die sich als besonders gut geeignet erwiesen haben.

Aus der Darstellung gemäß Figur 1 ist ersichtlich, daß das Ofengas in einer ersten, mit 3 bezeichneten Richtung strömt. Es kommt aus der Brennzone B, strömt durch die seitliche Querschnittsvergrößerung 1a, durchtritt das Brenngut 2 quer und strömt durch die seitliche Querschnittsvergrößerung 1b in Richtung auf die Brennzone B zurück. Statt dieser mit durchgehenden Pfeilen charakterisierten Strömungsrichtung ist auch eine entgegengesetzte Strömungsrichtung 3a möglich, die mit gestrichelten Pfeilen symbolisiert ist. Es ist auch ein periodischer Wechsel zwischen den unterschiedlichen Strömungsrichtungen möglich. In der Aufheizzone soll mehr Ofengas strömen, als üblicherweise in einem normalen Gegenstromtunnelofen dort strömt. Die höhere Ofengasmenge dient dazu, um den Besatz an dieser Stelle mit der frei werdenden exothermen Energie aus Verbrennungsvorgängen der Brennzone C zu versorgen.

Die Abfuhr des Ofengases erfolgt in einer Zone hoher Temperatur, also am Beginn und/oder innerhalb der Brennzone C. Die Abfuhr erfolgt dort, wo erfahrungsgemäß keine Schwelgase mehr vorhanden sind, also bei einer Temperatur von ca. 700 bis 900 °C. Es können mehrere Abgasentnahmestellen 4 vorgesehen sein, welche sich über die gesamte Aufheizzone und bis in die Brennzone verteilen können. Diese Entnahmestellen können entsprechende Absperrorgane aufweisen, so daß damit die gewünschte Abgastemperatur und Abgaszusammensetzung erzielbar ist.

Figur 3 zeigt einen Querschnitt durch die Anwärmszone. Dort und aus Figur 1 ist ersichtlich, daß der Ofenbereich mit der vergrößerten freien Innenquerschnittsfläche als gewölbte Stahlblechschalenkonstruktion luftdicht ausgeführt ist. Auf der Innenseite der Stahlblechschalenkonstruktion sind Keramikfasermatten als Isolierstoffmatten vorgesehen. Die Ausführung in Keramikfaserkonstruktion ist ohne Schwierigkeiten deshalb möglich, weil der Abstand zwischen Besatz und Ofeninnenfläche so groß ist, daß keine Beschädigungen durch herabfallendes oder überstehendes Brenngut an der Innenseite der Ofenwand entstehen können.

Bei der Ausführungsform gemäß Figur 4 erfolgt in der Aufheizzone B die Gasströmung 3c oberhalb

des Besatzes 2 und die Rückströmung 3d erfolgt durch den Besatz 2, vorzugsweise durch Längskanäle, die auch versetzt zueinander angeordnet sein können. Die Ausführungsform gemäß Figur 4 erfordert keine seitliche Ofenverbreiterung sondern lediglich eine Erhöhung der Ofendecke im Aufheizerbereich.

In Figur 4 sind gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen wie in Figur 1 bezeichnet. Unterhalb der Ofendecke 105 sind Gasfördereinrichtungen 7 angeordnet, welche vorzugsweise als Ringdüsen ausgebildet sind. Mit 8 ist der Kamin bezeichnet und mit 9 ein Frischluftstutzen zur Herabminderung der Abgastemperatur bei direkter Verwendung zur Vorwärmung der Formlinge.

Figur 3 zeigt schematisch das Anordnen von Gitterwänden oder durchbrochenen Wänden 10 in den Bereichen mit vergrößerter freier Innenquerschnittsfläche. Diese können dann vorgesehen sein, wenn eine Abschirmung des Besatzes 2 von den in den Überführungsquerschnitten 1a und 1b geförderten Gasströmen 3 und 3a ratsam erscheint.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren dient die Hochtemperaturzone des Tunnelofens als thermische Nachverbrennungsstrecke. In einem ersten Schritt wird das heiße Ofengas aus der Hochtemperaturzone des Ofens abgezogen und zur Erwärmung des kälteren Besatzes der Aufheizzone zugeführt. Die hierdurch in der Aufwärmzone sich bildenden Schwelgase werden in die Brennzone oder eine solche Zone transportiert, deren Temperatur ausreicht, um die Schwelgase dort zur Zündung, Verbrennung und damit zum Heizen im Ofen zu bringen. Die hierdurch bewirkte Verbrennung und Heizwirkung in der Zone hoher Temperatur erlaubt die thermische Reinigung der Schwelgase dort sowie die Entnahme von Abgasen aus dieser Zone. Es können die in heißem Zustand hier entnommenen gereinigten Abgase erneut in die Aufheizzone zur Wärmeabgabe transportiert werden. Dieses grundsätzliche Prinzip ist bei allen Ausführungsbeispielen gleich. Bei den Ausführungsformen der Tunnelöfen gemäß Figuren 5 bis 7 wird das Abgas an der Entnahmestelle hoher Temperatur nicht unmittelbar aus dem Ofen abgeführt sondern über innerhalb des Ofens geführte Leitungen, die die gesamte Aufheizzone durchsetzen und an deren Beginn aus dem Ofen austreten.

Das Schema gemäß Figur 5 veranschaulicht den Verlauf der verschiedenen Gasströme. Der mit 11 bezeichnete Tunnelofen weist drei jeweils gegenläufige Gaszüge oder Gasströmungswege innerhalb des Ofenmantels im Aufheizerbereich auf. Dabei verlaufen zwei Gaszüge, nämlich 12 und 13 gegenläufig zueinander und stehen in direkter Berührung mit dem Brenngut. Ein weiterer von insgesamt drei Strömen, nämlich der Strom 14

verläuft innerhalb des Ofens in einer Leitung entgegen der Brenngutdurchlaufrichtung. Dieser Gasstrom 14 kann seinen Wärmeinhalt über die Leitung und über die durchströmten Wärmetauscher 17 an die Aufheizzone abgeben. Der dritte Abgaszug oder Abgasstrom 14 wird durch die Abgasentnahmestellen 15, die Abgasleitungen 16a und 16b sowie durch die Wärmetauscher 17 gebildet, welche im dargestellten Ausführungsbeispiel innerhalb des Ofenmantels und zwar in den Bereichen 1a und 1b angeordnet sind. Nach seiner Abkühlung in den im Ofen liegenden Wärmetauschern 17 verläßt das Abgas den Tunnelofen über Leitungen 18, nachdem es die fühlbare Wärme an den Brennbesatz abgegeben hat. Das Abgas gelangt dann über den Kamin 19 in die Umgebungsluft.

Das Fördervolumen der Gaszüge 12 und 13 kann geregelt werden und größer oder kleiner als der Abgasförderstrom 14 werden, welcher innerhalb der Leitungen 16a und 16b geführt ist.

Figur 6 zeigt die Temperaturverlaufskurve zum Ofen gemäß Figur 5.

Figur 7 zeigt ein Betriebssystem mit drei aufeinanderfolgenden Gaszügen.

Figur 8 zeigt einen beispielhaften Querschnitt mit einer Anordnung der Abgasleitungen 16a und 16b innerhalb des Ofenmantels 20 mit dessen Innenfutter 21. Die Abgasleitungen 16a und 16b dienen bis zu den Wärmetauschern 17 der indirekten, konvektiven Wärmeabgabe an den Brennbesatz 2. Damit wird das Abgas dort von ca. 900 °C auf ca. 700 °C abgekühlt. Es können deshalb die Wärmetauscher mit geringerer Temperatur beaufschlagt und demnach auch in metallischer Ausführung hergestellt werden. Die Abgasmenge durch die Leitung 18 wird mittels eines Ventilators 23 geregelt. Damit wird der indirekte Abgaszug 14 unter Unterdruck gehalten. Zwischen Wärmetauschern 17 und Brennbesatz 2 werden an sich bekannte Umwälzmittel eingesetzt, um die Wärme von den Wärmetauschern auf den Brennbesatz zu übertragen und den Abgasstrom abzukühlen.

Der Tunnelofen kann auch zur Reinigung von Schadstoffen herangezogen werden, die aus den eingesetzten Brennstoffen oder dem Brenngut selbst stammen. Es handelt sich hier im wesentlichen um Halogene sowie Schwefeloxyside, die bei erhöhten Temperaturen sehr reaktionswillig sind. Für solche Temperaturen von etwa 500 °C bis 900 °C steht im Tunnelofen genügend Raum für eine innerhalb des Ofens erfolgende Abgasreinigung zur Verfügung. Bei einer Ausführungsform ist deshalb der Feststofffilter 24 innerhalb des Ofenmantels in dem vergrößerten Ofenquerschnittsbereich 1a vorgesehen. Die im höheren Temperaturbereich freigesetzten Halogene werden durch die zirkulierenden Ströme 12 und 13 im kälteren Teil

der Aufheizzone mit Kalk oder kalkhaltigen Rohlingen zur Reaktion gebracht. Die Zirkulationsströmung 12, 13 kann nach Richtung und Menge variiert werden, ggfs. auch periodisch umgekehrt werden. Zur Erreichung eines höheren Reinigungsgrades kann die Umlaufmenge der Zirkulationsströmung gegenüber dem abgeführten Abgasstrom erheblich gesteigert werden.

### Ansprüche

1. Tunnelofen zum Brennen von verbrennbare Stoffe enthaltendem Brenngut, bei dem das Ofengas über einen Teil der Ofenlänge in zur Förder- richtung des Brennguts entgegengesetzter Rich- tung geführt ist und eine Anwärmszone am Ofenein- gang, eine sich anschließende Aufheizzone sowie eine danach folgende Hochtemperaturzone auf- weist, ferner eine sich anschließende, bis zum Ofenausgang erstreckende Abkühlzone, dadurch gekennzeichnet, daß die freie Innenquerschnittsfläche des Tunnel- ofens im Bereich der Aufheizzone (B) gegenüber der freien Innenquerschnittsfläche des Tunnelofens in mindestens einem Teil der Brennzone (C) und der Kühlzone (D) wesentlich vergrößert und daß im Bereich der vergrößerten Innenquerschnittsfläche (1a; 1b; 1c) das Ofengas (3) entlang einer Längs- fläche des Besatzes (2) im Gegenstrom und ent- lang einer anderen Längsfläche des Besatzes (2) im Gleichstrom zum Brenngut geführt ist, wobei das Ofengas beim Übergang vom Gegenstrom in den Gleichstrom den Besatz (2) quer durchströmt und das Ofengas am in Brenngutförderrichtung ge- sehen hinteren Ende der Aufheizzone (B) und/oder vorderen Ende der Brennzone (C) dem Ofenkanal entnommen wird.

2. Tunnelofen nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine vergrößerte freie Querschnittsfläche (1a; 1b) an einer Längsseite des Tunnelofens vorge- sehen ist.

3. Tunnelofen nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine vergrößerte freie Querschnittsfläche (1c) zwischen Ofendecke (105) und Besatz (2) vorge- sehen ist.

4. Tunnelofen nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß vergrößerte Querschnittsflächen (1a und 1b) auf einander gegenüberliegenden Längsseiten des Tunnelofens vorgesehen sind.

5. Tunnelofen nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß innerhalb des Ofenbesatzes (2) ein in Ofen- längsrichtung verlaufender Strömungskanal für das

Ofengas vorgesehen ist.

6. Tunnelofen nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß im Ofenraum angeordnete Gas-Fördereinrich- tungen (7) für die Förderung des Ofengases vorge- sehen sind.

7. Tunnelofen nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Gasfördereinrichtungen (7) Saugstrahldü- sen (Ringmanteldüsen) sind.

8. Tunnelofen nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das dem Ofenkanal entnommene Ofengas in einer innerhalb des freien Querschnitts (1a; 1b) längs durch die Aufheizzone verlaufenden Leitung (16; 16a; 16b) bis zum Austritt aus dem Ofen geführt ist.

9. Tunnelofen nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß in der Abgasleitung (16a; 16b; 16) ein Wärme- tauscher (17) innerhalb des Ofenraums vorgesehen ist.

10. Tunnelofen nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß innerhalb des vergrößerten freien Ofenquer- schnitts (1a; 1b) ein Feststofffilter (24) zur Ofengas- reinigung vorgesehen ist.

11. Tunnelofen nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Feststofffilter (24) zum Entfernen von SO<sub>2</sub> ausgebildet ist.

12. Tunnelofen nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Feststofffilter zum Entfernen von F<sub>2</sub> aus- gebildet ist.

13. Tunnelofen nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Ofengas innerhalb der Ofenstrecke mit vergrößertem freien Querschnittsbereich (1a; 1b; 1c) vom hinteren Ende der Aufheizzone (B) und/oder vorderen Ende der Brennzone (C) aus der Gleichstromrichtung wieder in Gegenstromrichtung umgeleitet und im Gegenstrom durch den Ofenbe- reich mit vergrößertem freien Ofenquerschnitt (1a; 1b; 1c) bis zum Austritt aus dem Ofen geführt wird.

14. Tunnelofen nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Strömungsrichtungen des Ofengases (3; 3a) innerhalb des vergrößerten freien Querschnitts- bereichs (1a; 1b; 1c) umkehrbar sind, und zwar gegebenenfalls periodisch.

15. Tunnelofen nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens im vergrößerten Querschnittsbereich der Tunnelofen als Stahlblechschalenkonstruktion mit innerer Isolierstoffschicht ausgebildet ist.

5

16. Tunnelofen nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß seitlich neben dem Besatz (2) innerhalb des vergrößerten freien Querschnittsbereichs (1a; 1b) parallel sich zum Besatz (2) erstreckende durchbrochene Wände (10) vorgesehen sind.

10

17. Verfahren zum Brennen von verbrennbare Stoffe enthaltendem Brenngut, bei dem das Ofengas über einen Teil der Ofenlänge in zur Förderichtung des Brennguts entgegengesetzter Richtung geführt ist und eine Anwärmzone am Ofeneingang, eine sich anschließende Aufheizzone sowie eine danach folgende Hochtemperaturzone aufweist, ferner eine sich anschließende, bis zum Ofenausgang sich erstreckende Abkühlzone, dadurch gekennzeichnet,

15

daß die freie Innenquerschnittsfläche des Tunnelofens im Bereich der Aufheizzone (B) gegenüber der freien Innenquerschnittsfläche des Tunnelofens in mindestens einem Teil der Brennzone (C) und der Kühlzone (D) wesentlich vergrößert und daß im Bereich der vergrößerten Innenquerschnittsfläche (1a; 1b; 1c) das Ofengas (3) entlang einer Längsfläche des Besatzes (2) im Gegenstrom und entlang einer anderen Längsfläche des Besatzes (2) im Gleichstrom zum Brenngut geführt ist, wobei das Ofengas beim Übergang vom Gegenstrom in den Gleichstrom den Besatz (2) quer durchströmt und das Ofengas am in Brenngutförderichtung gesehen hinteren Ende der Aufheizzone (B) und/oder vorderen Ende der Brennzone (C) dem Ofenkanal entnommen wird.

20

25

30

35

40

18. Verfahren zum Brennen nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß ein Tunnelofen nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 16 verwendet wird.

45

50

55

Fig. 1

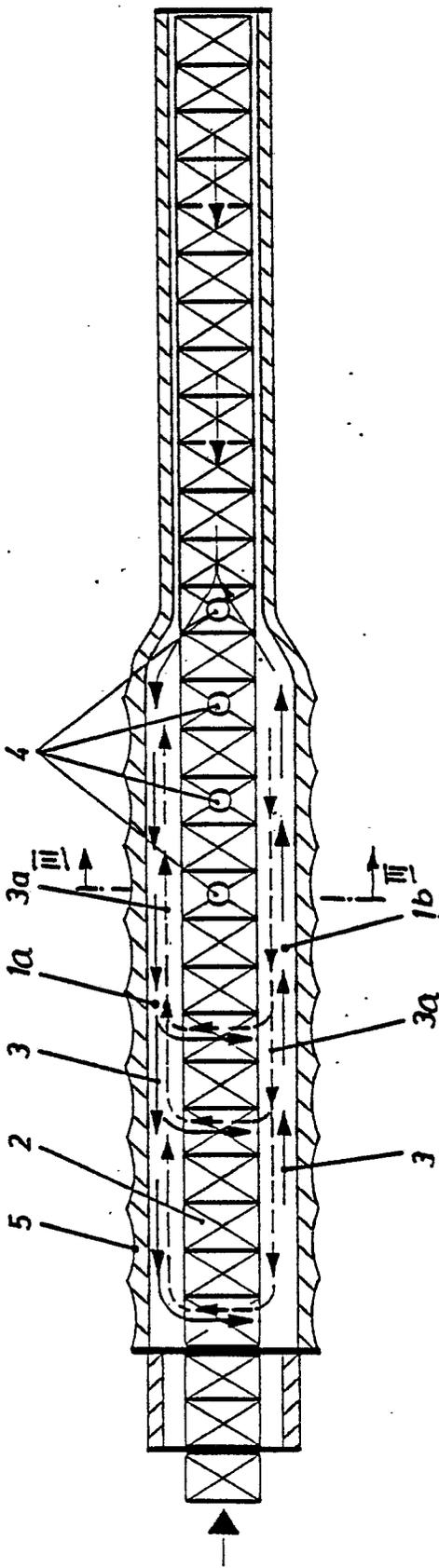


Fig. 2

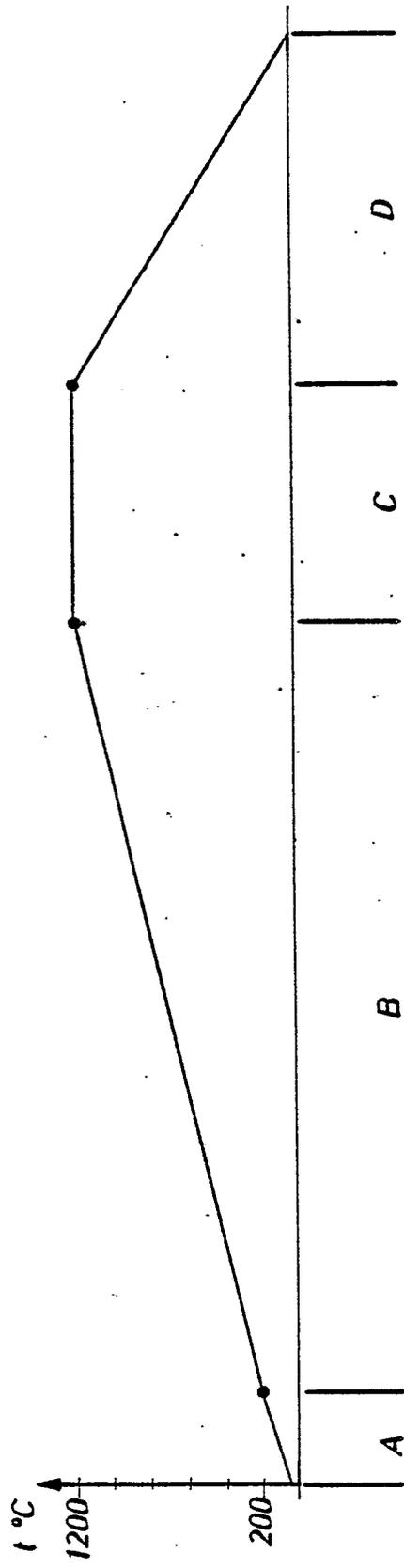
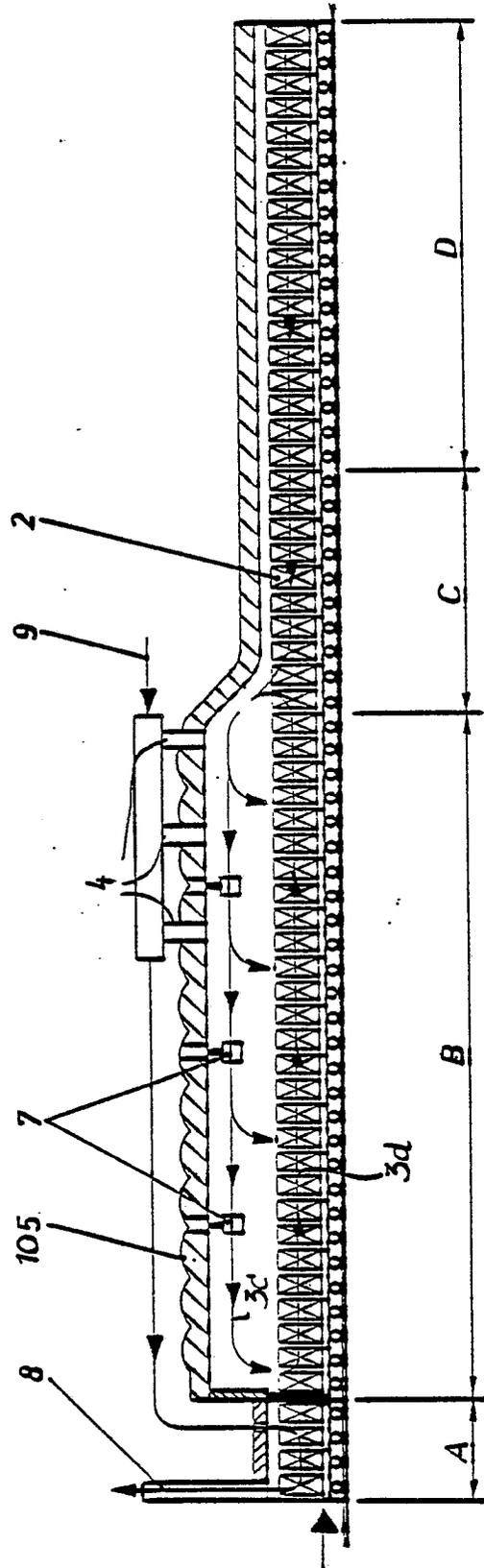




Fig. 4



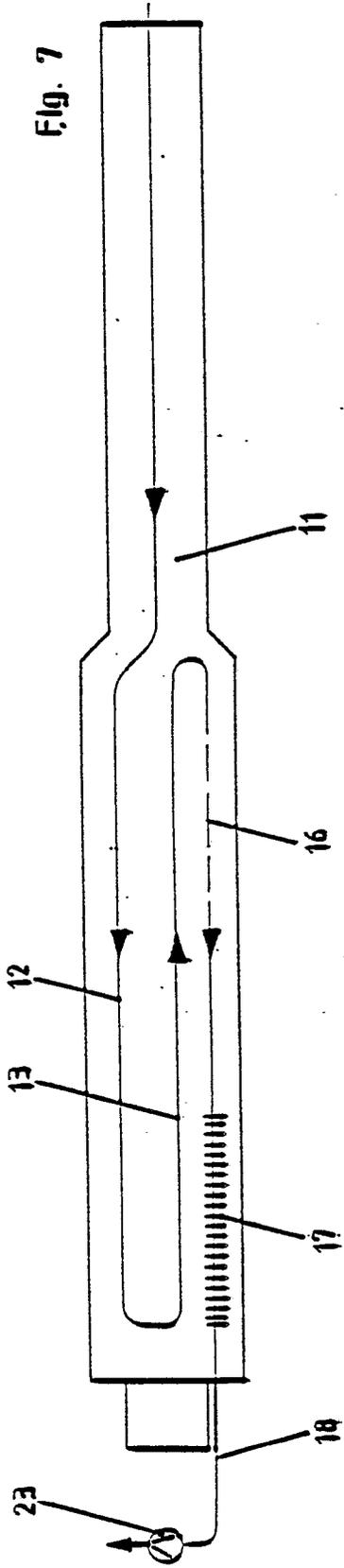
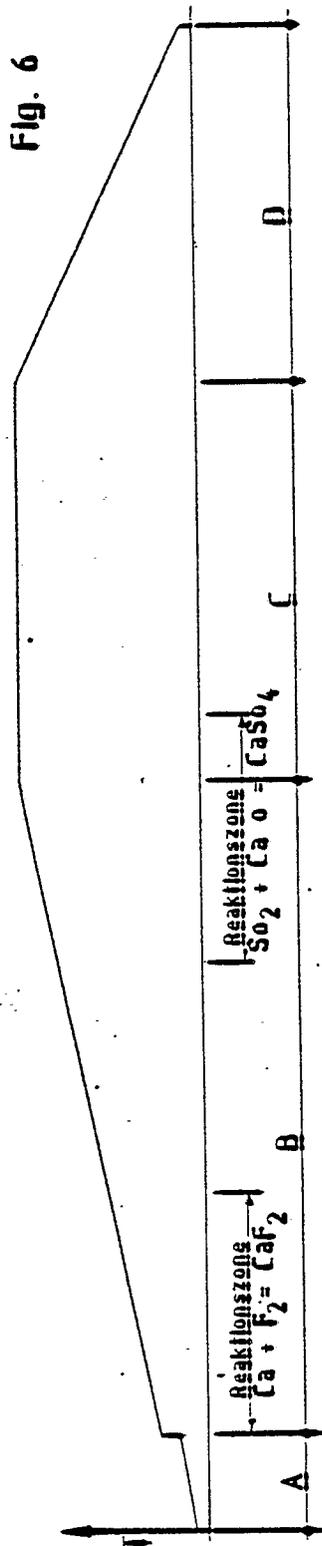
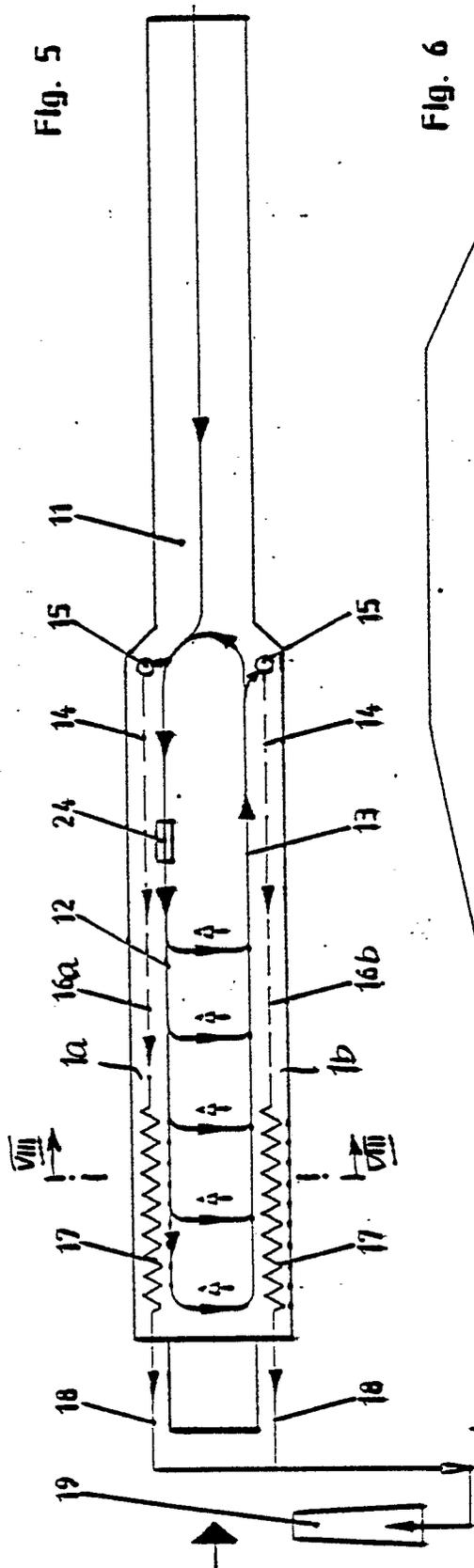


Fig. 8

