

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

**EP 0 908 673 B1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Patenterteilung:  
**15.05.2002 Patentblatt 2002/20**

(51) Int Cl.7: **F23G 5/16**, F23G 5/027,  
F23G 5/20

(21) Anmeldenummer: **97810772.0**

(22) Anmeldetag: **13.10.1997**

(54) **Verfahren zur Aufbereitung von Schlacke und/oder Asche aus der thermischen Behandlung von Müll**

Method for processing residues and/or ash from thermal treatment of refuse

Procédé de traitement de scories provenant du traitement thermique de déchets

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH DE DK FI FR GB IT LI NL SE**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**14.04.1999 Patentblatt 1999/15**

(73) Patentinhaber: **Alstom**  
**75116 Paris (FR)**

(72) Erfinder:  
• **Carcer, Bruno**  
**5000 Aarau (CH)**  
• **Rüegg, Hans**  
**5610 Wohlen (CH)**

• **Steiner, Christian**  
**8003 Zürich (CH)**  
• **Stoffel, Beat**  
**8126 Zumikon (CH)**

(74) Vertreter: **Liebe, Rainer et al**  
**ALSTOM (Switzerland)Ltd**  
**CHSP Intellectual Property**  
**Haselstrasse 16/699/5.0G**  
**5401 Baden (CH)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A- 0 564 365** **WO-A-93/17280**  
**NL-C- 35 910** **US-A- 3 808 989**

**EP 0 908 673 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

### Technisches Gebiet

5 **[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der thermischen Abfallbehandlung. Sie betrifft ein Verfahren zur Aufbereitung von Schlacke und/oder Asche aus der thermischen Behandlung von Müll.

### Stand der Technik

10 **[0002]** Zur thermischen Behandlung von Abfall/Müll sind neben der klassischen Abfallverbrennung auch viele Verfahren bekannt, bei denen der Müll entgast und/oder vergast wird bzw. Kombinationen dieser bekannten Verfahren angewendet werden. Die dabei entstehenden festen Reaktionsprodukte können in unterschiedlicher Weise, z. B. thermisch, weiterbehandelt werden, wobei die nicht mehr verwertbaren Produkte anschliessend deponiert werden. Aus Umwelt- und Kostengründen ist man bestrebt, diese unvermeidbaren Reststoffmengen so klein wie möglich zu halten  
15 und die Schlacken bzw. Aschen so aufzubereiten, dass sie als Wert- oder Inertstoffe weiter Verwendung finden.

**[0003]** Aus WO 93/17280 ist beispielsweise ein Verfahren zum Einschmelzen von Verbrennungsrückständen in Schlacke bekannt, bei dem der Abfall zunächst in einer Niedertemperatureinheit verschwelt wird, und anschliessend unter Mitverwendung von Schwelstoffen und -gasen in einer Hochtemperatureinheit bei ca. 1200-1400 °C eine vollständige Verbrennung mit Schlackenverflüssigung durchgeführt wird. Das Endprodukt ist eine völlig ausgebrannte, verflüssigte Schlacke, die in beliebiger Form erstarrt gelassen werden kann. Diese Schlacke hat einerseits einen geringen Glühverlust, d. h. geringen Anteil an unverbrannten Bestandteilen, andererseits liegen hochschädliche Kohlenwasserstoffverbindungen, wie Dioxine und Furane unterhalb der Nachweisgrenzen, und Schwermetallverbindungen sollen praktisch unlöslich in der Schlacke eingebunden sein. Diesen Vorteilen stehen folgende Nachteile gegenüber:

- 25 1. Zur Verbrennung von Hausmüll wird heute üblicherweise das Rostfeuerungsverfahren eingesetzt. Dabei wird der Müll mechanisch über eine horizontale oder geneigte Ebene bewegt und gleichzeitig mit Verbrennungsluft, die von unten durch den Rost ins Müllbett eintritt, durchströmt. Der unbrennbare Anteil des Abfalls wird als Rosta-sche bzw. Schlacke aus der Verbrennungsanlage ausgetragen. Eine Verschmelzung des Mülls und eine anschlies-sende Schlackenverflüssigung wie beim o. b. Verfahren ist in diesen vielfach bestehenden Anlagen nicht möglich.
- 30 2. Zum Einschmelzen der Schlacke im Drehrohrofen sind sehr hohe Temperaturen notwendig, so dass hochwer-tiges und teures Ausmauerungsmaterial eingesetzt werden muss.
3. Beim Einschmelzverfahren gelangen die umweltschädlichen Schwermetalle trotzdem unkontrolliert in die Um-welt und können nicht zurückgewonnen werden.
4. Nachteilig ist ausserdem der hohe Energieaufwand, der zur Verflüssigung aufgebracht werden muss.

35 **[0004]** Aus EP 0 372 039 B1 ist ein Verfahren zur Aufbereitung der Schlacke von Abfallverbrennungsanlagen be-kannt, bei dem die Schlacke trocken aus dem Verbrennungsofen ausgetragen wird, einer Grobreinigung (Entfernen unverbrannten Grobgutes und magnetischer Teile) unterzogen wird, und anschliessend die grob gereinigte Schlacke in mindestens zwei Fraktionen getrennt wird und einer davon alle Partikel, die kleiner als 2 mm sind, zugewiesen  
40 werden. Diesem Verfahren liegt die Erkenntnis zugrunde, dass die Feinfraktion den grössten Teil der ursprünglich in der Schlacke enthaltenen Schadstoffe enthält. Die Feinfraktion wird einer Sonderbehandlung zugeführt, während die Grobfraktion z. B. als Baustoff geeignet ist.

**[0005]** Eine Weiterentwicklung dieses Verfahrens ist in EP 0 722 777 A1 offenbart. Dort wird ein Verfahren zur Auf-  
45 bereitung von Schlacke aus Müllverbrennungsanlagen beansprucht, bei welchem die Rohschlacke nach Passieren des Feuerungsrostes direkt und ohne vorheriges Abschrecken in einem Wasserbad in mindestens zwei Fraktionen getrennt wird, und diese beiden Fraktionen getrennt weiterbehandelt werden, wobei die Grobfraktion einem Nassent-schlacker zugeführt wird. Das Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, dass die erste Fraktion mit einer Partikelgrösse kleiner 80 mm, vorzugsweise kleiner etwa 32 mm, in einer ersten Siebstufe abgetrennt wird, dass der Siebüberlauf der Nassentschlackung zugeführt wird, dass der Siebdurchfall und gegebenenfalls der Rostdurchfall des Feuerungs-  
50 rostos einer zweiten Siebstufe zugeführt wird zwecks Abtrennung des Feinanteils 0...2 mm, dass der Siebüberlauf der zweiten Stufe gegebenenfalls nach Aussortieren von metallischen und Inertstoffen mechanisch zerkleinert wird, und der Siebdurchfall der zweiten Stufe einer Sonderbehandlung, z. B. einem Schmelzofen, zugeführt wird. Bei diesem beispielsweise in einem Lichtbogenofen durchgeführten Schmelzprozess werden ein glasartiges, gut zu deponieren-des Produkt und ein Metallkonzentrat erzeugt (s. F.-G. Simon und K.-H. Andersson: InRec-Verfahren - Verwertung von  
55 Reststoffen aus der thermischen Abfallbehandlung, ABB Technik 9/1995, S. 15-20). Dieses Aufbereitungsverfahren wurde in der Praxis bisher für die Schlacke aus Rostverbrennungsofen eingesetzt und hat sich dort bewährt. Nachteilig sind einerseits die hohen Kosten, die sich aus der Verwendung des Lichtbogenofens ergeben, andererseits die vielen Klassier- und Zerkleinerungsstufen für die Schlacke bzw. Asche.

**[0006]** Aus der Hüttenindustrie sind verschiedene Verflüchtungsverfahren zur Metallgewinnung bekannt, beispielsweise das Wälzverfahren. Dieses mit reduzierenden Bedingungen arbeitende Verfahren hat das Ziel, Schwermetalle wie Blei, Zink und Cadmium in Form von hochangereicherten Flugstäuben zu gewinnen (s. Ullmann: Enzyklopädie der technischen Chemie, 4. Auflage, S. 429). Als Ausgangsmaterial dienen beim Wälzverfahren arme, oxidische, schlecht aufbereitbare Zink-Bleierze, Zink-Blei-haltige Flugstäube und Hüttenabfallprodukte. Diese metallhaltigen Ausgangsstoffe werden mit einem Reduktionsmittel, z. B. Koks oder Anthrazit, vermischt und einem Drehrohrofen zugeführt. Sie durchwandern den Ofen und heizen sich dabei auf, bis bei etwa 1000 °C die Verflüchtigung beginnt. Die Verflüchtigungsreaktionen (Reaktion der festen Metalloxide mit dem beigemischten Kohlenstoff zu gasförmigen Metallen und Kohlenmonoxid) laufen in der Feststoffschicht des Drehrohrofens ab, welche ständig umgewälzt wird. Im darüberliegenden Gasraum mit oxidierender Atmosphäre werden die Verflüchtigungsprodukte dann rückoxidiert. Diese Oxidationsprodukte aus der gasförmigen Phase sind sehr feinteilig, so dass sie vom Rauchgas mitgerissen, aus dem Ofen heraustransportiert und schliesslich nach Abkühlung der Rauchgase abgeschieden werden. Die metallarme Schlacke wird aus dem Ofen ausgetragen, abgekühlt und dann auf Halde gegeben.

## **Darstellung der Erfindung**

**[0007]** Die Erfindung versucht, die o. g. Nachteile bei der bekannten Aufbereitung von Müllschlacke zu vermeiden. Ihr liegt die Aufgabe zugrunde, ein effektives und kostengünstiges Verfahren zur Aufbereitung von Schlacke und/oder Asche aus der thermischen Behandlung von Müll bereitzustellen, welches mit einer robusten und einfachen Technik zu realisieren ist und mit dem ohne zusätzliche Klassier- und Zerkleinerungsstufen eine von Schadstoffen abgereicherte inerte Schlacke entsteht.

**[0008]** Erfindungsgemäss wird das bei einem Verfahren gemäss Oberbegriff des Patentanspruches 1 dadurch erreicht, dass der Müll in einem ersten Verfahrensschritt pyrolysiert, vergast oder teilverbrannt wird, wobei schwermetallhaltige Schlacke und/oder Asche mit einem vergleichsweise hohen Gehalt an Kohlenstoff erzeugt wird, dass besagte Schlacke und/oder Asche in einem zweiten Verfahrensschritt in einem Drehrohrofen auf eine Temperatur unterhalb der Schmelztemperatur der Schlacke und/oder Asche aufgeheizt wird, dass die Schlacke und/oder Asche vor ihrem Austrag aus dem Drehrohrofen ausreichend lange im Drehrohrofen verweilt, so dass die in ihr enthaltenen Schwermetalle durch Reduktion an dem schlackeeigenem Kohlenstoff in ihre metallische Form überführt und die leichtflüchtigen Schwermetalle, wie Zink, Blei, Arsen und Cadmium, in die Gasphase überführt und mit dem Rauchgas aus dem Drehrohrofen ausgetragen werden, und dass eine schwermetallabgereicherte Schlacke aus dem Drehrohrofen ausgetragen wird.

**[0009]** Die Vorteile der Erfindung bestehen darin, dass die Schlacke in einem von Schadstoffen abgereicherten Zustand anfällt. Die Schwermetallgehalte liegen deutlich unter den gesetzlich vorgegebenen Höchstwerten für Inertstoffdeponien der Schweizerischen Technischen Verordnung Abfall (TVA) vom 10.12.1990. Hochschädliche Kohlenwasserstoffverbindungen, wie z. B. Dioxine, liegen unterhalb der Nachweisgrenze. Daher kann die so aufbereitete Schlacke nach einer einfachen Eisen- und Nichteisenmetallabscheidung beispielsweise als Baumaterial im Strassenbau eingesetzt oder anderweitig verwendet werden. Eine kostspielige Deponie erübrigt sich. Ausserdem bedeutet die Aufbereitung in einem Drehrohrofen die vorteilhafte Nutzung einer robusten Technik. Zeitaufwendige Klassier- und Zerkleinerungsstufen zur Aufbereitung der Schlacke sind nicht notwendig.

**[0010]** Es ist vorteilhaft, wenn der bei der Pyrolyse, Vergasung oder Teilverbrennung entstehende und in einer Entstaubungsanlage abgeschiedene Filterstaub der Schlacke und/oder Asche beigegeben und diese zusammen im Drehrohrofen aufgeheizt und von Schwermetallen abgereichert werden. Damit kann auch der Flugstaub aus dem Staubabscheider auf einfache Weise von Schwermetallverunreinigungen befreit werden.

**[0011]** Weiterhin ist es zweckmässig, wenn sowohl die Vergasung oder Teilverbrennung des Mülls und als auch die Verflüchtigung der Schwermetalle aus der bei der Verbrennung entstehenden Schlacke/Asche in einem einzigen Aggregat, d.h. im Drehrohrofen, erfolgt, wobei die Menge an Verbrennungsluft so bemessen wird, dass am Ende des Drehrohrofens praktisch kein Sauerstoff mehr nachgewiesen werden kann. Dadurch können Kosten gespart werden. Allerdings darf dann nur noch ein Teil des Filterstaubes in den Drehrohrofen zurückgeführt werden, da sich sonst die flüchtigen Schwermetalle im Rauchgas aufkonzentrieren.

**[0012]** Es ist von Vorteil, wenn die Verweilzeit der Schlacke und/oder Asche im Drehrohrofen mehr als eine Stunde beträgt, weil dann für die Verflüchtigungsreaktionen genügend Zeit zur Verfügung steht.

**[0013]** Ausserdem ist es von Vorteil, wenn die Rauchgase aus dem Drehrohrofen abgekühlt und in einem Filter entstaubt werden, und so die Luftverschmutzung gering gehalten wird.

**[0014]** Es ist zweckmässig, wenn die Schlacke und/oder Asche trocken ohne Wasserbefeuchtung aus dem Pyrolyse-, Vergasungs- oder Verbrennungsofen ausgetragen wird und vor ihrer Beschickung in den Drehrohrofen Eisen- und Nichteisenmetalle abgetrennt werden. Ausserdem ist es vorteilhaft, wenn der aus dem Drehrohrofen ausgetragenen Schlacke mittels Magnetscheider und NE-Metallscheider die restlichen metallischen Bestandteile entfernt werden.

**[0015]** Weiterhin ist es von Vorteil, wenn die in den Drehrohrofen eingebrachte Schlacke und/oder Asche mindestens

10 % Kohlenstoff enthält, weil dann eine genügend grosse Reduktionsmittelmenge für die Reduktion und Verflüchtigung der Schwermetalle zur Verfügung steht.

**[0016]** Schliesslich ist es von Vorteil, wenn die Schlacke trocken aus dem Drehrohrofen ausgetragen und in mindestens zwei Fraktionen getrennt wird, wobei die erste Fraktion mit einer Partikelgrösse von grösser als ca. 32 mm in einer ersten Siebstufe als Siebüberlauf abgetrennt wird, und der Siebdurchfall einer zweiten Klassierstufe zwecks Abtrennung des Feinanteil 0...2 mm zugeführt wird, wobei mindestens ein Teil des Feinanteiles 0...2 mm aus der Schlackenaufbereitung auf der Lufteintrittsseite in den Drehrohrofen zurückgeführt und dort verbrannt wird. Dadurch wird der Ascheausbrand im Drehrohrofen erhöht und der Schadstoffgehalt der Schlacke noch mehr reduziert.

## Kurze Beschreibung der Zeichnung

**[0017]** In der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt.

**[0018]** Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung des erfindungsgemässen Verfahrens in einem ersten Ausführungsbeispiel, bei welchem der Müll auf einem Verbrennungsrost teilverbrannt wird und anschliessend die Schlacke und Asche aus der Müllverbrennung einem Drehrohrofen zugeführt und dort aufbereitet werden;

Fig. 2 ein Diagramm, welches einerseits die Zink- bzw. Blei-Konzentrationen in der Schlacke in Abhängigkeit von ihrer Verweilzeit im Drehrohrofen und andererseits die Bett-Temperaturen in Abhängigkeit von der Zeit darstellt;

Fig. 3 eine schematische Darstellung des erfindungsgemässen Verfahrens in einem zweiten Ausführungsbeispiel, bei welchem die Verbrennung des Mülls und die Aufbereitung der Schlacke in ein und demselben Drehrohrofen erfolgt.

**[0019]** Es sind nur die für das Verständnis der Erfindung wesentlichen Elemente gezeigt. Nicht dargestellt sind beispielsweise die Beschickungseinrichtung des Ofens und Eisen- bzw. Nichteisenmetallabscheider. Die Strömungsrichtung der Medien ist mit Pfeilen bezeichnet.

## Weg zur Ausführung der Erfindung

**[0020]** Nachfolgend wird die Erfindung anhand von zwei Ausführungsbeispielen und der Fig. 1 bis 3 näher erläutert.

**[0021]** Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung des erfindungsgemässen Verfahrens in einem ersten Ausführungsbeispiel. Müll 1, vorzugsweise Hausmüll, wird über eine nicht dargestellte Beschickungseinrichtung einem Müllverbrennungssofen 2 zugeführt und dort auf einem Rost 3 mittels Rostfeuerungsverfahrens verbrannt. Dem Verbrennungssofen 2 sind gasseitig ein Kessel 4 und eine Entstaubungsanlage 5, z. B. ein Elektrofilter, nachgeschaltet. Schlackenseitig ist dem Verbrennungssofen 2 ein Drehrohrofen 6 nachgeschaltet.

**[0022]** Der Müll 1 wird im Verbrennungssofen 2 unter Zufuhr von Primärluft 7 derart verbrannt, dass eine Schlacke 8 anfällt, welche einen Glühverlust von mindestens 10 % aufweist. Der Glühverlust ist ein Mass für den unverbrannten Anteil in der Schlacke 8 und damit ein indirektes Mass für den Kohlenstoffgehalt. Damit dieser vergleichsweise hohe Glühverlust und damit hohe Kohlenstoffgehalt erreicht wird, muss im Ofen 2 eine unvollständige Verbrennung stattfinden. Bisher hatte die Verbrennung mittels Rostfeuerungsverfahrens stets das Ziel, möglichst den Müll 1 vollständig zu verbrennen, d.h. eine Schlacke mit möglichst geringem Glühverlust und damit geringem Kohlenstoffgehalt zu erzeugen. Neben der Schlacke 8 entstehen bei der Verbrennung des Mülls 1 auch mit Flugstäuben beladene Rauchgase 9, welche über den Kessel 4 in die Entstaubungsanlage 5 gelangen. Dort werden die Flugstäube vom Rauchgas 9 abgetrennt und als Filterstaub 10 (= Flugasche) ausgetragen.

**[0023]** Die schwermetall- und kohlenstoffhaltige Schlacke 8 aus dem Verbrennungssofen 2 fällt ohne Zwischenabkühlung direkt vom Rost 3 in den Drehrohrofen 6. Sie wird trocken ohne Wasserbefeuchtung ausgetragen. Die Schlacke 8 hat nach dem Rost eine Temperatur von ca. 400 °C. Im Drehrohrofen wird sie zusammen mit dem Filterstaub 10 aus der Entstaubungsanlage 5 mittels eines Ölbrenners 16 auf eine Temperatur von 900 °C aufgeheizt. Diese Temperatur liegt unterhalb der Schmelztemperatur der Schlacke/Asche 8, 10, aber oberhalb der Verflüchtigungstemperatur der darin enthaltenen Schwermetalle. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel wurden eine Schlackenmenge von 2500 kg/h und eine Flugaschemenge von 200 kg/h verwendet. Der Drehrohrofen 6 ist so gross bemessen, dass die Verweilzeit der Schlacke/Asche 8, 10 im Drehrohrofen 6 nach der Aufheizung ca. 1,5 Stunden beträgt. Aus diesem Grund hat das Drehrohr eine Länge von 8 m und einen Innendurchmesser von 2,5 m.

**[0024]** Die Verflüchtigungsreaktionen (Reaktion der Schwermetalloxide mit dem in der Schlacke enthaltenen Kohlenstoff zu gasförmigen Metallen und Kohlenmonoxid) laufen in der Feststoffschicht des Drehrohrofens 6 ab, welche ständig umgewälzt wird. Im darüberliegenden Gasraum mit oxidierender Atmosphäre werden die Verflüchtigungsprodukte dann rückoxidiert. Diese Reaktionsprodukte aus der gasförmigen Phase sind sehr feinteilig, so dass sie vom

Rauchgas 9 mitgerissen werden. Das Rauchgas 9 wird anschliessend in einem Dampfkessel 13 gekühlt und in einem Staubfilter 14 filtriert. Diese an Schwermetallen angereicherten Filterstäube können anschliessend weiterbehandelt werden mit dem Ziel, die in ihnen enthaltenen Schwermetalle zurückzugewinnen. Die schwermetallabgereicherte Schlacke 15 wird aus dem Drehrohrofen 6 ausgetragen, abgekühlt und kann nach Entschrottung und NE-Metallabtrennung mittels Magnetscheider bzw. Nichtmetallabscheider (nicht in Fig. 1 dargestellt) problemlos weiterverwendet (z. B. als Baumaterial im Strassenbau) oder auf Halde gegeben werden.

**[0025]** Nachfolgende Tabelle zeigt für das o. b. Ausführungsbeispiel die Gehalte an Schwermetallen und Dioxin für die Ausgangsstoffe und das Endprodukt des Drehrohrofens 6 im Vergleich zu den Höchstwerten für Inertstoffdeponiequalität gemäss TVA:

		Flugasche	Schlacke ab Rost	Schlacke nach Drehrohr	TVA, Inertstoffdeponiequalität
Glühverlust	%	5	> 10,0	< 1	
Pb	ppm	9000	2500,0	400	500
Zn	ppm	16000	4000,0	500	1000
Cd	ppm	2400	13,0	n. n.	10
Dioxinkonzentration	ng TE/kg	1600	11,5	n. n.	

**[0026]** Wie der Tabelle zu entnehmen ist, liegen die Schwermetallgehalte deutlich unter den gesetzlich vorgegebenen Höchstwerten für Inertstoffdeponien der Schweizerischen Technischen Verordnung Abfall, TVA. Die hochschädlichen Kohlenwasserstoffverbindungen, wie z. B. Dioxine liegen sogar unterhalb der Nachweisgrenze.

**[0027]** Fig. 2 zeigt zur Verdeutlichung des eben Gesagten noch ein Diagramm, welches einerseits die Zink- bzw. Blei-Konzentrationen in der Schlacke in Abhängigkeit von ihrer Verweilzeit im Drehrohrofen und andererseits die Bett-Temperaturen in Abhängigkeit von dieser Zeit darstellt. Der Verlauf der Kurven zeigt, dass die Schlacke 8 mindestens eine Stunde im Drehrohrofen 6 verweilen sollte, weil erst dann eine genügend grosse Schwermetallabreicherung stattfindet.

**[0028]** Die so aufbereitete Schlacke kann beispielsweise als Baumaterial im Strassenbau eingesetzt oder anderweitig verwendet werden. Eine kostspielige Deponie erübrigt sich. Ausserdem bedeutet die Aufbereitung in einem Drehrohrofen die vorteilhafte Nutzung einer robusten Technik. Zeitaufwendige Klassier- und Zerkleinerungsstufen zur Aufbereitung der Schlacke sind nicht notwendig.

**[0029]** Selbstverständlich kann das Verfahren auch ohne Zusatz von Filterstaub 10 erfolgreich angewendet werden, indem nur die kohlenstoffhaltige Schlacke 8 aus der Rostverbrennung dem Drehrohrofen 6 zugeführt wird.

**[0030]** In Fig. 3 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel dargestellt. Hier findet die Müllverbrennung und die Schlacken-aufbereitung in ein und demselben Aggregat statt. Unbehandelter Hausmüll 1 mit einem Heizwert von ca. 10 000 kJ/kg wird in einen Drehrohrofen 6 mit einer Länge von 12 m und einem Drehrohrinnendurchmesser von 4 m eingebracht. Die Müllmenge beträgt 10 000 kg/h. Der Müll 1 wird nun durch Luftzugabe teilverbrannt, wobei die Verbrennungsluft 7 auf eine Temperatur von ca. 400 °C vorerhitzt worden ist. Die Menge an Verbrennungsluft 7 wird so bemessen, dass einerseits im Ofen 6 eine Temperatur von 1000 °C nirgends überschritten wird, so dass die entstehende Asche nicht geschmolzen wird und dass andererseits am Ende des Drehrohrofens 6 im Rauchgas 9 praktisch kein Sauerstoff nachgewiesen werden kann. Im vorliegenden Beispiel beträgt die Menge an Verbrennungsluft 7 12 000 Nm<sup>3</sup>/h. Die Verweilzeit des Mülls 1 im Drehrohrofen 6 beträgt ca. 2 Stunden. Diese Zeit reicht aus, um einerseits den Müll 1 (unvollständig) zu verbrennen und andererseits die dabei entstehende Schlacke/Asche von Schwermetallen abzureichern, indem diese verflüchtigt werden. Die Schlacke 15 wird danach aus dem Drehrohrofen 6 ausgetragen, abgekühlt und kann, wie im ersten Ausführungsbeispiel bereits beschrieben, nach einer Eisen- und Nichteisenmetallabtrennung weiter verwendet werden. Folgende Schwermetallgehalte bzw. Dioxinkonzentration sind nach der Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens noch in der Schlacke 15 vorhanden:

		Schlacke nach Drehrohr
Glühverlust	%	< 1
Pb	ppm	300
Zn	ppm	400
Cd	ppm	n. n.

(fortgesetzt)

		Schlacke nach Drehrohr
Dioxinkonzentration	ng TE/kg	n. n.

**[0031]** Das Rauchgas 9 aus dem Drehrohr 6 wird anschliessend durch Zugabe von Sekundärluft 11 in der Nachbrennkammer 12 noch vollständig ausgebrannt, im Kessel 4 abgekühlt (Rauchgasmenge am Kesselende ca. 53 600 Nm<sup>3</sup>/h) und in einer Rauchgasreinigungsanlage 5 gereinigt.

**[0032]** Selbstverständlich ist die Erfindung nicht auf die gezeigten Ausführungsbeispiele beschränkt. So kann z. B. Hausmüll oder Stadtmüll 1 anstelle einer Teilverbrennung im ersten Verfahrensschritt auch einer Pyrolyse oder Vergasung unterzogen werden. Wichtig ist lediglich, dass in der Schlacke/Asche 8 mindestens 10 % Kohlenstoff enthalten sind, damit im zweiten Verfahrensschritt die Bedingungen für eine erfolgreiche Reduktion und Verflüchtigung der Schwermetalle im Drehrohr 6 gegeben sind. Ausserdem ist es vorteilhaft, wenn von der Schlacke/-Asche 8 vor ihrer Beschickung in den Drehrohr 6 Eisen- und Nichteisenmetalle abgetrennt werden, die anderweitig verwertet werden können. Schliesslich ist es auch zweckmässig, wenn die Schlacke 15 trocken aus dem Drehrohr 6 ausgelesen und in mindestens zwei Fraktionen getrennt wird, wobei die erste Fraktion mit einer Partikelgrösse von grösser ca. 32 µm in einer ersten Siebstufe als Siebüberlauf abgetrennt wird, und der Siebdurchfall einer zweiten Klassierstufe zwecks Abtrennung des Feinanteils 0...2 mm zugeführt wird, und wobei mindestens ein Teil des Feinanteils 0...2 mm aus der Schlackenaufbereitung auf der Lufteintrittsseite in den Drehrohr 6 zurückgeführt und dort verbrannt wird. Dadurch wird der Ascheausbrand im Drehrohr 6 erhöht und der Schadstoffgehalt der Schlacke weiter reduziert.

### Bezugszeichenliste

#### [0033]

- 1 Müll
- 2 Müllverbrennungssofen
- 3 Rost
- 4 Kessel
- 5 Entstaubungsanlage
- 6 Drehrohr
- 7 Verbrennungsluft/Primärluft
- 8 Schlacke
- 9 Rauchgas
- 10 Filterstaub
- 11 Sekundärluft
- 12 Nachbrennkammer
- 13 Kessel
- 14 Staubfilter
- 15 Schlacke nach dem Drehrohr
- 16 Ölbrenner

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Aufbereitung von Schlacke und/oder Asche aus der thermischen Behandlung von Müll, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Müll (1) in einem ersten Verfahrensschritt pyrolysiert, vergast oder teilverbrannt wird, wobei schwermetallhaltige Schlacke und/oder Asche (8) mit einem vergleichsweise hohen Gehalt an Kohlenstoff entsteht, dass besagte Schlacke und/oder Asche (8) in einem zweiten Verfahrensschritt in einem Drehrohr (6) auf eine Temperatur unterhalb der Schmelztemperatur der Schlacke und/oder Asche (8) aufgeheizt wird, dass die Schlacke und/oder Asche (8) vor ihrem Austrag aus dem Drehrohr (6) ausreichend lange im Drehrohr (6) verweilt, so dass die in ihr enthaltenen Schwermetalle durch Reduktion an dem schlackeeigenen Kohlenstoff in ihre metallische Form überführt und die leichtflüchtigen Schwermetalle in die Gasphase überführt und mit dem Rauchgas (9) aus dem Drehrohr (6) ausgelesen werden, und dass eine schwermetallabgereicherte Schlacke (15) aus dem Drehrohr (6) ausgelesen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** sowohl die Vergasung oder Teilverbrennung des

Mülls (1) und als auch die Reduktion und Verflüchtigung der Schwermetalle aus der bei der Verbrennung entstehenden Schlacke/Asche (8) in einem einzigen Aggregat, d.h. im Drehrohrofen (6), erfolgt, wobei die Menge an Verbrennungsluft (7) so bemessen wird, dass am Ende des Drehrohrofens (6) praktisch kein Sauerstoff mehr nachgewiesen werden kann.

3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der bei der Pyrolyse, Vergasung oder Teilverbrennung entstehende und in einer Entstaubungsanlage (5) abgeschiedene Filterstaub (10) der Schlacke und/oder Asche (8) beigegeben und diese zusammen im Drehrohrofen (6) aufgeheizt und von Schwermetallen abgereichert werden.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verweilzeit der Schlacke und/oder Asche (8) im Drehrohrofen (6) mehr als eine Stunde beträgt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rauchgase (9) aus dem Drehrohrofen (6) abgekühlt und in einem Filter (14) entstaubt werden.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schlacke und/oder Asche (8) trocken ohne Wasserbefeuchtung aus dem Pyrolyse- oder Verbrennungssofen (2) ausgetragen wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der aus dem Drehrohrofen (6) ausgetragenen Schlacke (15) mittels Magnetscheider und NE-Metallscheider die restlichen metallischen Bestandteile entfernt werden.
8. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die in den Drehrohrofen (6) eingebrachte Schlacke und/oder Asche (8) mindestens 10 % Kohlenstoff enthält.
9. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** von der Schlacke und/oder Asche (8) vor ihrer Beschickung in den Drehrohrofen (6) Eisen- und Nichteisenmetalle abgetrennt werden.
10. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schlacke (15) trocken aus dem Drehrohrofen (6) ausgetragen und in mindestens zwei Fraktionen getrennt wird, wobei die erste Fraktion mit einer Partikelgrösse von grösser ca. 32 mm in einer ersten Siebstufe als Siebüberlauf abgetrennt wird, und der Siebdurchfall einer zweiten Klassierstufe zwecks Abtrennung des Feinanteils 0...2 mm zugeführt wird, und wobei mindestens ein Teil des Feinanteils 0...2 mm aus der Schlackenaufbereitung auf der Lufteintrittsseite in den Drehrohrofen (6) zurückgeführt und dort verbrannt wird.

## Claims

1. Process for reprocessing slag and/or ash from the thermal treatment of refuse, **characterized in that** the refuse (1) is pyrolysed, gasified or partially combusted in a first process step, heavy-metal-containing slag and/or ash (8) having a comparatively high carbon content being formed, **in that** said slag and/or ash (8) is heated in a rotary kiln (6) to a temperature below the melting temperature of the slag and/or ash (8) in a second process step, **in that** the slag and/or ash (8), prior to its discharge from the rotary kiln (6), dwells sufficiently long in the rotary kiln (6), that the heavy metals present therein are converted into their metallic form by reduction at the carbon endogenous to the slag and the readily volatile heavy metals are transferred to the gas phase and are discharged from the rotary kiln (6) together with the flue gas (9), and **in that** a slag (15) depleted in heavy metals is discharged from the rotary kiln (6).
2. Process Claim 1, both the gasification or partial combustion of the refuse (1) and the reduction and volatilization of the heavy metals from the slag/ash (8) formed in the combustion take place in a single unit, i.e. in the rotary kiln (6), the combustion air rate (7) being such that virtually no oxygen can any longer be detected at the end of the rotary kiln (6).
3. Process according to Claim 1, **characterized in that** the filter dust (10) formed in the course of the pyrolysis, gasification or partial combustion and separated off in a dedusting unit (5) is admixed to the slag and/or ash (8) and these are heated together in the rotary kiln (6) and depleted in heavy metals.

4. Process according to one of Claims 1 to 3, **characterized in that** the residence time of the slag and/or ash (8) in the rotary kiln (6) is more than one hour.
5. Process according to one of Claims 1 to 4, **characterized in that** the flue gases (9) from the rotary kiln (6) are cooled and dedusted in a filter (14).
6. Process according to one of Claims 1 to 5, **characterized in that** the slag and/or ash (8) is discharged dry from the pyrolysis furnace or combustion furnace (2) without water moistening.
7. Process according to one of Claims 1 to 6, **characterized in that** the residual metallic constituents are removed from the slag (15) discharged from the rotary kiln (6) by means of magnetic separators and nonferrous metal separators.
8. Process according to Claim 1, **characterized in that** the slag and/or ash (8) introduced into the rotary kiln (6) comprises at least 10% carbon.
9. Process according to Claim 1, **characterized in that** ferrous and nonferrous metals are separated off from the slag and/or ash (8) before it is charged into the rotary kiln (6).
10. Process according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the slag (15) is discharged dry from the rotary kiln (6) and separated into at least two fractions, the first fraction having a particle size greater than approximately 32 mm being separated off in a first screening stage as screen oversize, and the screen undersize being fed to a second classification stage to separate off the fines content 0...2 mm, at least a portion of the fines content 0...2 mm from the slag reprocessing being recirculated into the rotary kiln (6) on the air inlet side and burned there.

## Revendications

1. Procédé de préparation de scorie et/ou de cendre en provenance du traitement thermique d'ordures, **caractérisé en ce que** les ordures (1) sont pyrolysées, gazéifiées ou partiellement brûlées dans une première étape de procédé, une scorie et/ou une cendre (8) contenant des métaux lourds, ayant une teneur relativement élevée en carbone, se formant, **en ce que** ladite scorie et/ou ladite cendre (8) est échauffée dans une deuxième étape de procédé dans un four tubulaire rotatif (6) à une température en dessous de la température de fusion de la scorie et/ou de la cendre (8), **en ce que** la scorie et/ou la cendre (8) réside avant son évacuation hors du four tubulaire rotatif (6) pendant une durée suffisamment longue dans le four tubulaire rotatif (6), de telle sorte que les métaux lourds contenus dans cette dernière sont convertis par réduction sur le carbone propre à la scorie en leur forme métallique et que les métaux lourds volatils passent dans la phase gazeuse et sont évacués avec le gaz de fumée (9) hors du four tubulaire rotatif (6), et **en ce qu'une** scorie appauvrie en métaux lourds (15) est évacuée hors du four tubulaire rotatif (6).
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** non seulement la gazéification ou la combustion partielle des ordures (1), mais aussi la réduction et la volatilisation des métaux lourds provenant de la scorie et/ou de la cendre (8) se formant lors de la combustion se font dans une unité unique, c'est-à-dire dans le four tubulaire rotatif (6), la quantité d'air de combustion (7) étant mesurée de telle sorte qu'à l'extrémité du four tubulaire rotatif (6) pratiquement plus d'oxygène ne puisse être détecté.
3. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la poussière de filtre (10), se formant lors de la pyrolyse, de la gazéification ou de la combustion partielle et déposée dans une installation de dépoussiérage (5), est mélangée à la scorie et/ou la cendre (8) et **en ce que** celles-ci sont échauffées conjointement dans le four tubulaire rotatif (6) et sont appauvris en métaux lourds.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** le temps de contact de la scorie et/ou la cendre (8) dans le four tubulaire rotatif (6) est supérieur à une heure.
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** les gaz de fumée (9) provenant du four tubulaire rotatif (6) sont refroidis et dépoussiérés dans un filtre (14).
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** la scorie et/ou la cendre (8) sont

évacuées à l'état sec sans humidification par l'eau hors du four de pyrolyse ou de combustion (2).

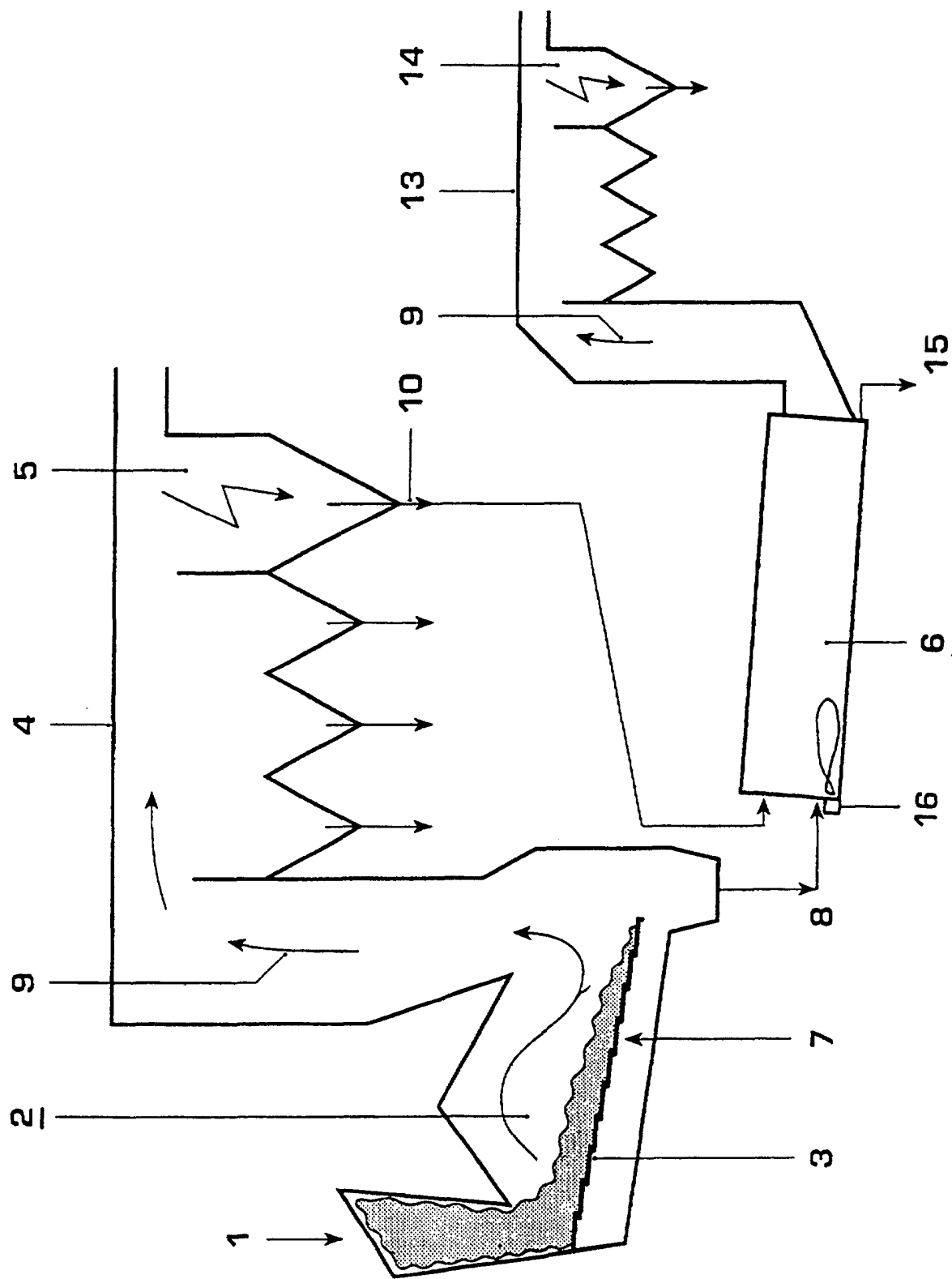
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** les constituants métalliques résiduels sont éliminés de la scorie (15) évacuée hors du four tubulaire rotatif (6) à l'aide d'un séparateur magnétique et d'un séparateur pour métaux non ferreux.

8. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la scorie et/ou la cendre (8) introduites dans le four tubulaire rotatif (6) contiennent au moins 10 % de carbone.

9. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les métaux ferreux et les métaux non ferreux sont séparés de la scorie et/ou la cendre (8) avant leur chargement dans le four tubulaire rotatif (6).

10. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la scorie (15) est évacuée à l'état sec hors du four tubulaire rotatif (6) et est séparée en au moins deux fractions, la première fraction, ayant une grosseur de particule supérieure à environ 32 mm, étant séparée dans une première stade de tamisage en tant que refus de tamisage, et le passant de tamisage d'un deuxième stade de calibrage étant alimenté en vue de la séparation de la partie fine 0... 2 mm, et au moins une partie de la partie fine 0... 2 mm provenant de la préparation de la scorie étant alimentée au côté d'entrée de l'air dans le four tubulaire rotatif (6) et y étant brûlée.

FIG. 1



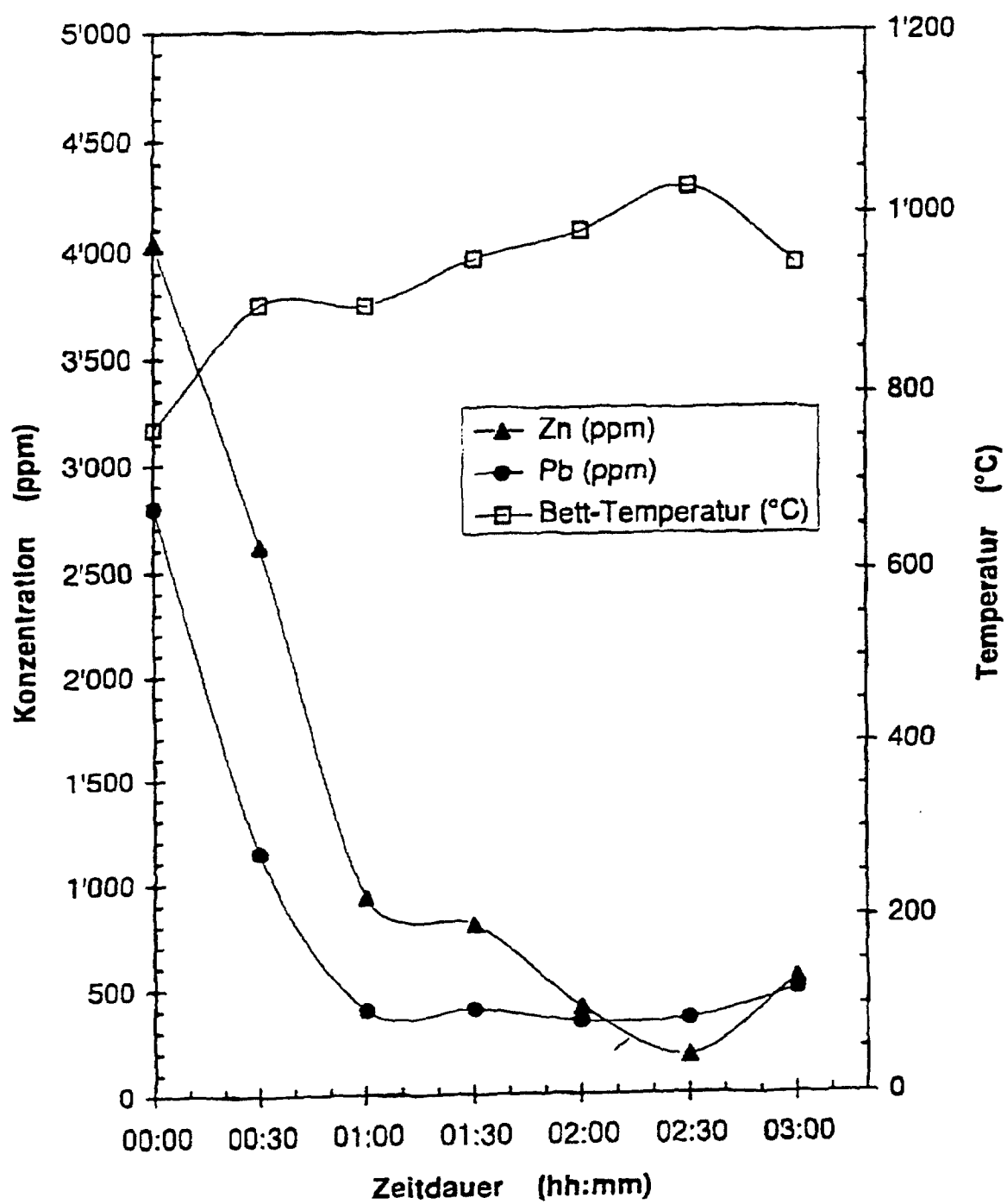


FIG. 2

FIG. 3

