

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 610 704 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
01.04.1998 Patentblatt 1998/14

(51) Int Cl.⁶: **H05B 3/60**, F27D 11/04

(21) Anmeldenummer: **94100930.0**

(22) Anmeldetag: **23.01.1994**

(54) **Verfahren und Vorrichtung zum kontinuierlichen Eintrag von Wärme in elektrisch leitfähige Schüttgüter**

Method and device for continually heating of electrically conductive bulk materials

Méthode et dispositif pour chauffer en continu des matières en vrac conducteurs d'électricité

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB LI NL

(30) Priorität: **12.02.1993 DE 4304217**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
17.08.1994 Patentblatt 1994/33

(73) Patentinhaber: **MASCHINENFABRIK GUSTAV
EIRICH
D-74736 Hardheim (DE)**

(72) Erfinder:
• **Dürr, Herbert
D-74722 Buchen (DE)**

• **Eirich, Paul
D-74736 Hardheim (DE)**

(74) Vertreter: **Weber, Dieter, Dr. et al
Weber, Dieter, Dr.,
Seiffert, Klaus, Dipl.-Phys.,
Lieke, Winfried, Dr.
Postfach 61 45
65051 Wiesbaden (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**WO-A-80/02740 FR-A- 2 410 235
US-A- 4 192 962 US-A- 4 807 246**

EP 0 610 704 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

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum kontinuierlichen Eintrag von Wärme in elektrisch leitfähige Schüttgüter unter Ausnutzung von deren elektrischen Widerstand, in einem Ofenraum mit einer Einlauföffnung und einer Abzugsvorrichtung für den kontinuierlichen Durchsatz von Schüttgut, wobei während des Materialdurchlaufes elektrische Energie in das Material eingeleitet wird, und auf eine Vorrichtung zum kontinuierlichen Eintrag von Wärme in elektrisch leitfähige Schüttgüter unter Ausnutzung von deren elektrischen Widerstand, in einem Ofenraum mit einer Einlauföffnung und einer vorzugsweise kontinuierlich arbeitenden Abzugsvorrichtung für das Schüttgut, wobei die elektrische Energie über mindestens ein übereinandergeordnetes Elektrodenpaar eingeleitet wird.

In der EP 0.092.036 B1 ist eine Einrichtung beschrieben für das direkte Erhitzen von elektrisch leitfähigen Schüttgütern unter Ausnutzung deren elektrischen Heizwiderstandes, wobei die elektrische Energie über eine Mehrzahl von Elektrodenpaaren eingebracht wird, welche galvanisch voneinander getrennt sind. Dieses Gerät arbeitet überwiegend im Chargenbetrieb, d. h. es ist während des Befüll- und während des Entleervorganges stromlos. Es ist in dieser Patentschrift zwar auch eine kontinuierliche Betriebsweise des Heizgerätes beschrieben, jedoch dürften dabei Probleme mit der dann nicht mehr zu gewährleistenden elektrischen Isolierung auftreten.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zu schaffen, bei welcher elektrisch leitfähigen Schüttgütern unter Ausnutzung ihres elektrischen Widerstandes während des kontinuierlichen Materialdurchlaufes unter Beibehaltung eines engen Verweilzeitenspektrums in effizienter Weise kontinuierlich Wärme zugeführt wird.

Diese Aufgabe wird hinsichtlich des eingangs genannten Verfahrens dadurch gelöst, daß das Material zwischen der positiven und negativen Elektrode im wesentlichen parallel zur Stromrichtung geführt wird und daß die Abzugsvorrichtung mindestens als Teil der negativen Elektrode bzw. des Nulleiters verwendet wird.

Hinsichtlich der eingangs genannten Vorrichtung wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß die positiv gepolte Elektrode sich im Bereich der Einlauföffnung befindet, wobei die negativ gepolte Elektrode und die Abzugsvorrichtung mit der Erde verbunden sind und die Erdung den negativen Pol darstellt.

Überraschenderweise hat es sich herausgestellt, daß die Abzugsvorrichtung selbst z.B. mit ihrem geerdeten Gehäuse als ableitende Elektrode verwendet werden kann. Diese Tatsache bietet den großen Vorteil, daß die komplette Längserstreckung der Heizeinrichtung für die Aufheizung des elektrisch leitfähigen Schüttgutes genutzt werden kann. Damit wird dem durch die Vorrichtung hindurchfließenden Material praktisch während des gesamten Durchlaufes elektrische

Energie und damit Wärme zugeführt und das Material kühlt bis zum Ausstoß bzw. Auslauf aus der Vorrichtung nicht nennenswert ab. Die für die Heizung zur Verfügung stehende effektive Verweilzeit wird bei vorgegebener Durchlaufzeit größer und damit kann der Materialdurchsatz ohne Vergrößerung des Ofens entsprechend gesteigert werden.

Da die Vorrichtung wahlweise mit Gleichstrom oder auch mit Wechselstrom betrieben werden kann, versteht es sich, daß im Falle von Wechselstrom die Rolle der negativen Elektrode von dem sogenannten Nulleiter übernommen wird, der auf Massepotential liegt, während die der positiven Elektrode entsprechende Elektrode dann im allgemeinen als Phase bezeichnet wird. Den Übergang von Gleich- zu Wechselstrom erhält man also, indem man den Begriff der positiven Elektrode durch den der Phasenelektrode und den Begriff der negativen Elektrode durch den der Nulleiterelektrode ersetzt. Im folgenden wird der einfacheren Beschreibung wegen, jedoch ohne jede Beschränkungsabsicht, vorwiegend der Gleichstromfall beschrieben.

Wie bekannt errechnet sich die eingetragene elektrische Leistung nach der Formel $P = R \times I^2$. Hierin bedeutet R den Widerstand des elektrischen Schüttgutes gemessen in Ohm und I den Strom, der durch das elektrische Schüttgut fließt. Der Widerstand R ist von den elektrischen Materialeigenschaften des Schüttgutes abhängig und außerdem von dem Querschnitt der Schüttung des elektrisch leitfähigen Materials sowie dessen Länge. Je größer die Länge des Leiters, um so größer der elektrische Widerstand. Demzufolge spielt der Abstand zwischen stromeinleitender Elektrode und stromableitender Elektrode eine wichtige Rolle. Das bedeutet, daß bei Nutzung der Abzugsvorrichtung als stromableitende Elektrode die Länge des als elektrischer Leiter zu betrachtenden Schüttgutes voll genutzt werden kann.

Dies spielt außerdem bei der Inbetriebnahme eine große Rolle, wobei hierdurch sichergestellt ist, daß auch das noch in der Abzugsvorrichtung befindliche Material dem Stromdurchfluß unterworfen ist. Damit ist gewährleistet, daß der Austrag von kalten, nicht beheizten Teilen des Schüttgutes auch zu Beginn eines Erwärmungsvorganges weitgehend vermieden wird.

Zur Schonung der Austragsvorrichtung gegen elektrische Erosion wird man die im Bereich der Abzugsvorrichtung vorgesehene, negativ gepolte Elektrode zuschalten, damit eine entsprechende Teilmenge des Stromes über dieselbe abgeführt wird.

Wegen eines möglichen Verschleißes der negativen Elektrode durch elektrochemische Erosion ist es außerdem zweckmäßig, wenn die hauptsächlich als Elektrode wirkenden Teile der Abzugsvorrichtung als leicht austauschbare Teile, z.B. leicht austauschbare Gehäusewände oder dergleichen, hergestellt werden. Auch die Abzugsvorrichtung als Ganzes kann in der bevorzugten Ausführungsform als Einheit leicht an dem übrigen Ofen montiert und von diesem demontiert wer-

den.

Entsprechend dem materialbedingten elektrischen Widerstand bzw. seiner Widerstandsveränderung infolge der Erwärmung ist es für die Einbringung der notwendigen spezifischen Heizenergie zweckmäßig, den Abstand zwischen positiver und negativer Elektrode und damit den Gesamtwiderstand der Schüttung den jeweiligen mechanischen Materialeigenschaften (z.B. Sieblinie) bzw. den elektrischen Kenngrößen des Materials (z.B. Leitfähigkeit, spezifischer Widerstand usw.) anpassen zu können. Hierfür ist erfindungsgemäß vorgesehen, daß die Veränderung des Abstandes zwischen positiver und negativer Elektrode durch stufenweises Zu- bzw. Abschalten einzelner übereinander befindlicher negativer Elektroden erfolgt. Für bestimmte Änderungen des Betriebszustandes erscheint es daneben angebracht, wenn statt des stufenweisen Zu- oder Abschaltens eine der Elektroden, vorzugsweise eine Negativelektrode, in Stromrichtung stufenlos verschiebbar ist.

Während der kontinuierlichen Abwärtsbewegung des Schüttgutes in dem schachtförmigen Ofenraum kommt es ständig zu einer Ortsverlagerung der Teilchen. Dies führt dazu, daß sich keine bevorzugten Strompfade bilden; das zeigt sich als Ergebnis deutlich in einer gleichmäßigen Temperaturverteilung des Schüttgutes am Austrag.

Gerade bei kontinuierlich betriebenen Heizeinrichtungen der oben beschriebenen Art spielt die Betriebssicherheit eine ausschlaggebende Rolle. Diese kontinuierlichen Anlagen stehen ständig unter Spannung, und es muß sicher gewährleistet werden, daß keine Gefahren für Mensch oder Einrichtung auftreten können. Durch Isolierung der mit der positiven Elektrode verbundenen Teile und durch Erdung aller von außen zugänglichen Einrichtungsteile, welche eventuell Strom führen könnten, und durch die Verwendung der Erde bzw. Masse zur Stromableitung ist kein elektrisches Potential vorhanden, von dem Gefahr für den Menschen durch Berühren ausgehen könnte.

Wie bereits zum Ausdruck gebracht, spielt die Einhaltung einer vorgegebenen Verweilzeit für das gleichmäßige Aufheizen eine ausschlaggebende Rolle. Das bedeutet aber auch, daß die der Einlauföffnung benachbarte, positive Elektrode ständig mit Schüttgut beaufschlagt sein muß. Kommt es dann jedoch zu Störungen bei der Füllstandskontrolle, so kann die Schüttung innerhalb des Ofenraums mehr und mehr anwachsen und schließlich den gesamten oberen Raum erfüllen und bis in die Zuführeinrichtung zurückstauen. In diesem Falle würde eine erhebliche Teilmenge an elektrischer Energie von der Positivelektrode in Richtung Eintragsdosierung zur Erde fließen. Dies hätte zur Folge, daß es dort zu Überhitzungen, Verbrennungen oder zum Zerstören der Anlage kommen könnte.

Um dem vorzubeugen, ist in einer Variante der Erfindung eine sogenannte Schutzelektrode in dem schüttutfreien Raum oberhalb des normalen Schütt-

gutpegels vorgesehen, welche elektrisch mit der Erdung (Masse) verbunden ist. Falls der Schüttgutpegel in unerwünschter Weise anwächst, so kommt es zu einer Berührung von Schüttgut mit der Schutzelektrode. In diesem Falle fließt über die Schutzelektrode ein Strom zur Erde, welcher erfaßt, gemessen und als Signal entsprechend verarbeitet werden kann, um die Anlage in einen betriebssicheren Zustand zu bringen. Anstelle die fließende Strommenge zu messen, könnte die Messung der nun anliegenden Spannung zwischen Schutzelektrode und Erde für eine Signalverarbeitung herangezogen werden.

Sollte es andererseits infolge einer Störung der Füllstandskontrolle zu einem Absinken des Schüttgutpegels kommen, und würde der Schüttgutpegel soweit absinken, daß die normalerweise überdeckte obere, positive Elektrode frei wird, so wäre die Ausbildung eines zerstörerischen Lichtbogens zwischen freigelegter, positiver Elektrode und dem Schüttgutpegel nahezu unvermeidlich. Dies würde wiederum Gefahr für die Vorrichtung bedeuten. Um diese Gefahr auszuschließen, wird in weiterer Ausgestaltung der Erfindung vorgeschlagen, unmittelbar oberhalb der oberen, positiven Elektrode eine weitere Kontrollelektrode anzubringen, welche bei normaler Betriebsweise ständig mit Schüttgut beaufschlagt sein muß. Diese Schutzelektrode ist über einen entsprechend hohen Widerstand mit der Erdleitung verbunden, so daß der im Normalbetrieb darüber abgeleitete Strom auf ein Minimum begrenzt bleibt. Beim Ausbleiben der Spannung bzw. beim Ausbleiben des gemessenen Stromes steht wiederum ein Signal zur Verfügung, um die Anlage in den sicheren Betriebszustand zu bringen. Sinnvollerweise wird man zunächst versuchen, die gravimetrische Füllstandskontrolle soweit zu korrigieren, daß ein sicheres Bedecken der oberen Elektrode erreicht wird.

Dies gilt sinngemäß auch für die Übervoll-Signalisierung, die zunächst also nur die weitere Materialzufuhr stoppen oder stärker begrenzen, oder aber die Materialaustragung bzw. Abführung beschleunigen sollte. Erst im Grenzfall (z.B. bei Erreichen einer zweiten Schutzelektrode oder bei weiterem Anwachsen des über die Schutzelektrode abfließenden Teilstromes über einen vorgebbaren Grenzwert hinaus) würde die gesamte Heizrichtung abgeschaltet werden.

Die Schutzelektrode in dem schüttutfreien Raum wird man sinnvollerweise als ringförmige, bevorzugterweise als kreisringförmige Elektrode ausbilden, welche Freiraum für das Durchfallen bzw. Durchrieseln des aus der Zuführeinrichtung kommenden Schüttgutes bietet.

Die konstruktive Gestaltung der Abzugsvorrichtung spielt ebenfalls eine wichtige Rolle. Dazu gehört auch die Materialauswahl, wobei hier Materialien mit entsprechender elektrischer Leitfähigkeit und Temperaturbeständigkeit ausgewählt werden müssen. Während sich bei sehr fein pulvrigen Schüttgütern die Verwendung von ein oder mehrere Austragsschnecken besonders bewährt hat, sind sogenannte Kratzförderer für grobkör-

nigeres Material besser geeignet, weil hier eine mechanische Zerstörung der groben Schüttguteile, wie sie zwischen Schnecke und Gehäuse auftreten könnten, weitgehend vermieden wird. Bei mittelkörnigem Material haben sich Behälterböden aus um ihre Längsachse verstellbare Lamellen zur Veränderung der Spaltweiten als besonders geeignet erwiesen.

Für das optimale Funktionieren der Heizvorrichtung spielt ein gleichmäßiger Materialdurchsatz und ein extrem enges Verweilzeitspektrum eine große Rolle. Ein enges Verweilzeitspektrum (geringe Variation der Verweilzeit) wird dann erreicht, wenn der Austrag so gestaltet ist, daß ein Kernfluß oder ein einseitiger Materialfluß des Schüttgutes mit Sicherheit vermieden wird. Dazu gehört auch eine entsprechende konstruktive Ausbildung der Elektroden, wobei einerseits das elektrisch leitfähige Material mit ausreichendem Druck an den Oberflächen der Elektroden anliegen muß, um den Stromübergang zu gewährleisten, andererseits aber der freie Durchfluß des Materials nicht behindert wird. Hierzu wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, die am Materialeintritt gelegene positive Elektrode als Rechteckring auszubilden, in der Form eines nach unten (bzw. innen) offenen Pyramidenstumpfes. Durch die Schrägstellung der Flächen dieses Rechteckringes kommt es zu der gewünschten notwendigen Anlageverpressung des Materials an der Elektrode, andererseits wird aber der freie Durchfluß bei genügend großem Ringquerschnitt nicht behindert. Zur Vergrößerung der stromübertragenden Fläche sind in dem Innern des Rechteckringes parallel zueinander und in Fließrichtung ausgerichtete, stromführende Leisten oder Platten rechenartig eingebracht.

Bei elektrisch leitfähigen Schüttgütern, welche während der Erwärmung oder auch allein aufgrund des Stromdurchflusses zu einer Gasbildung neigen, haben sich Ausführungsformen der Erfindung als zweckmäßig erwiesen, welche die Bildung von Hohlräumen im Inneren des Schachtes, welche mit dem stromdurchflossenen und sich erwärmenden Material in Verbindung stehen, vorsehen. In einer Ausführungsform der Erfindung erreicht man dies dadurch, daß der Schachtquerschnitt mit der Materialflußrichtung stufenweise und jeweils quer zur Materialflußrichtung erweitert wird. Wenn das Material also von oben nach unten fließt, so sollte ein oberer Abschnitt des Schachtes einen kleineren Querschnitt haben als ein unterer Abschnitt und der Übergang sollte stufenweise abrupt oder gar mit einer Hinterschneidung (bezogen auf die Strömungsrichtung) so erfolgen, daß unter der Übergangsstufe allein aufgrund des sich an dem Übergang ausbildenden Schüttkegel des im Schacht von oben nach unten fließenden Schüttgutes ein Hohlraum gebildet wird. Dieser Hohlraum dient dann als Sammelraum für Gas, welches sich während der Erwärmung und/oder des Stromdurchflusses bildet, wobei an einer oder auch mehreren Stellen in der Wand bzw. in dem stufenförmigen Übergang der Schachtwand eine Abzugöffnung vorgesehen ist, die

vorzugsweise verschließbar ist und von welcher aus das Gas abgeleitet oder abgesaugt werden kann.

Bei einer anderen Variante sind sich quer durch den Innenraum des Schachtes erstreckende Einbauten vorgesehen, die derart geformt sind, daß, wiederum aufgrund des von oben nach unten fließenden bzw. herabsinkenden Schüttgutmaterials, unter diesen Einbauten Hohlräume entstehen, die als Gassammelräume dienen. Zweckmäßigerweise sind derartige Einbauten, von der Fließrichtung des Materials her gesehen, konvex und in der entgegengesetzten Richtung konkav ausgebildet, so daß in der konkaven Vertiefung sich Gas sammeln und ungehindert in Querrichtung entlang der Einbauten strömen bzw. entweichen kann. Die genaue Querschnittform der Einbauten ist dabei von untergeordneter Bedeutung, sie könnten beispielsweise halbkreisförmig, dachförmig oder, bei genügender Breite, sogar ebene Platten sein, solange sich nur darunter durch das in einer Richtung von oben nach unten absinkende Schüttgutmaterial Hohlräume bilden, entlang welcher das gebildete Gas im wesentlichen ungehindert in Richtung von Entgasungsöffnungen strömen kann, die vorzugsweise in der Behälterwand vorgesehen sind.

Die Erfindung soll anhand folgender Figuren näher beschrieben und erläutert werden:

- Figur 1 zeigt einen Längsschnitt durch die erfindungsgemäße Heizeinrichtung,
- Figur 2 stellt einen Querschnitt durch die stromzuführende obere Elektrode dar,
- Figur 3 zeigt eine Draufsicht auf die stromzuführende obere Elektrode,
- Figur 4 zeigt eine Abzugsvorrichtung mit einem Kratzförderer,
- Figur 5 zeigt einen verstellbaren Lamellenboden,
- Figur 6 ist die schematische Darstellung einer Anlage mit der erfindungsgemäßen Heizeinrichtung,
- Figur 7 eine Variante eines Schachtes mit einem stufenförmig erweiterten, unteren Behälterabschnitt sowie mit im Querschnitt erkennbaren Einbauten,
- Figur 8 im linken Teilbild einen Schnitt durch zwei gegenüberliegende Behälterwände mit einem darin gelagerten Gassammeleinbau und im rechten Teilbild eine perspektivische Darstellung eines Gassammeleinbaues, und
- Figur 9 einen Schacht mit von den Seitenwänden ausgehenden Blenden, die zusammen mit der Schachtwand Hohlräume bilden.

In Figur 1 ist der Querschnitt einer erfindungsgemäßen Heizeinrichtung zu sehen mit ihrer Anordnung unter einer Zuführeinrichtung 11, wobei nachgeschaltete Aggregate für das Weiterverarbeiten des aufgeheizten Materials hier nicht dargestellt sind. Demzufolge endet die Darstellung mit dem Austrag aus der Abzugsvorrich-

tung. Die Zuführeinrichtung 11 ist hier als ein Schneckenförderer mit einer Förderschnecke 6 dargestellt, die über ein elastisches Verbindungselement 7, welches auch elektrisch isolierend sein kann oder elektrisch isoliert am oberen Ende des Ofens befestigt ist, mit der Einlauföffnung 25 des Ofens 1 verbunden ist.

Der Ofenraum ist als ein aufrechtstehender Schacht 1 mit rechteckigem, etwa quadratischem Querschnitt ausgebildet, wobei die Höhe deutlich größer, in bevorzugter Weise ca. zwei- bis fünfmal größer, als die Grundseite des Querschnittes ist. Der Innenraum des Ofens ist allseitig mit einem hitzebeständigen, keramischen Material ausgelegt. Der Wandquerschnitt mit den keramischen Platten 2 ist nur an einer Stelle schematisch angedeutet. Der keramischen Ausmauerung folgt eine Wärmeisolierung 3, ebenfalls nur schematisch dargestellt, sowie eine elektrische Isolierung 4. Der ganze Ofenraum befindet sich in einem hier nicht näher dargestellten Stahlgehäuse, welches auf Kraftmeßdosen 5 zur Gewichtserfassung der Heizeinrichtung inklusive ihres Inhaltes gelagert ist. Das aufzuheizende Schüttgut aus elektrisch leitfähigen und auch aus Mischungen aus elektrisch leitfähigen und elektrisch nicht leitfähigen Schüttgütern wird durch die Förderschnecke 6 in konstantem Massestrom zudosiert. Der konstante Massenstrom ist wichtig für das Einhalten einer vorgegebenen Verweilzeit des aufzuheizenden Schüttgutes in dem Ofenraum. Zufuhreinrichtung und Heizeinrichtung sind aus wägetechnischen Gründen über eine elastische Ankopplung 7 miteinander verbunden.

Den unteren Abschluß des schachtförmigen Ofenraumes bildet die Austragseinrichtung 9 mit einer Förderschnecke 8. Das Gehäuse der Abzugsvorrichtung 9 ist mit einer entsprechenden Kabelverbindung 10 elektrisch mit Masse verbunden. Entsprechendes gilt für das Gehäuse 11 der Zudosiereinrichtung 6, welche über die Leitung 12 mit Masse verbunden ist.

Entsprechend der vorgegebenen Durchsatzmenge, d.h. entsprechend dem ankommenden Massestrom wird die Abzugsvorrichtung 9 mit einem verstellbaren Antrieb 13 in ihrer Austragsleistung so geregelt, daß das Gewicht, welches mit den Kraftmeßeinrichtungen 5 gemessen wird, konstant bleibt. Damit ist ein konstanter Füllgrad bzw. eine konstante Füllhöhe des Schüttgutes in dem Ofenraum gewährleistet. Aus dem Füllvolumen und aus dem Masendurchsatz bzw. Volumendurchsatz an Schüttgut läßt sich die Verweilzeit ermitteln. Die Einhaltung einer konstanten Verweilzeit mit den oben beschriebenen Maßnahmen ist für eine konstante Austragstemperatur des Schüttgutes die notwendige Voraussetzung.

Die Heizeinrichtung kann sowohl mit Gleichstrom als auch mit Wechselstrom betrieben werden. Die Einleitung des Heizstromes geschieht über die positiv gepolte Elektrode bzw. Phase 14 im oberen Bereich des Ofens. Sie ist durch eine entsprechende Anschlußleitung 15 an die elektrische Versorgung angeschlossen. Die Ableitung des Stromes erfolgt über das Gehäuse

der Abzugsvorrichtung 9 über die Anschlußleitung 10 an Erde bzw. über eine der hier dargestellten Elektroden 16 und 16a. Beide Elektroden sind über entsprechende Schalteinrichtungen 17 und 17a mit der Erdleitung verbunden, und können so wahlweise zu- oder abgeschaltet werden.

In dem schüttgutfreien Raum oberhalb des Schüttgutpegels befindet sich eine sogenannte Schutzelektrode 18, welche über eine elektrische Leitung 19 mit der Erdleitung verbunden ist. In die Leitung zur Erde ist eine Strom- bzw. Spannungsmeßeinrichtung 20 geschaltet. Sollte es zu einem Anwachsen des Schüttgutpegels innerhalb des Ofenraumes kommen, so wird sich der schüttgutfreie Raum soweit mit elektrisch leitfähigem Material füllen bis die Schutzelektrode 18 berührt wird. In diesem Fall liegt eine Spannung zwischen der Schutzelektrode und der Erde an und es kann ein Strom fließen. Über eine entsprechende Signalverwertung, welche hier nicht dargestellt ist, können Maßnahmen getroffen werden, um die Anlage in einen sicheren Betriebszustand zu bringen. Die Schutzelektrode 18 kann entweder wie hier dargestellt als Ringelektrode ausgebildet sein oder als Stabelektrode 18a, welche sich vom Deckel des Ofenraumes in den schüttgutfreien Raum nach unten erstreckt. Entsprechend gehören hierzu die Leitungen 19a und die Signalerfassung 20a.

Die Kontrollelektrode 21 ist immer mit Schüttgut bedeckt, demzufolge fließt ständig ein Strom über die Leitungen 22 durch einen Widerstand 23 zur Erde. Spannung oder Strom werden hier in nicht näher dargestellter Weise ständig kontrolliert. Beim Absinken von Strom und/oder Spannung am Widerstand 23 muß die Anlage ebenfalls in einen sicheren Betriebszustand zurückgefahren werden, weil ein Schüttgutpegelabriß an der stromzuführenden Elektrode 14 darunter, insbesondere bei Gleichstrom, zur Ausbildung von Lichtbögen führen könnte.

In den Figuren 2 und 3 werden Einzelheiten der stromzuführenden oberen Elektrode 14 gezeigt. In diesem Falle ist die Elektrode zweigeteilt aus Gründen der leichteren Montage. Die Elektrode 14 besteht aus zwei gegenüberliegenden, unter einem Winkel α gegenüber der Horizontalen geneigten, elektrisch leitfähigen Platten. Von diesen geneigten Elektrodenplatten 14 aus erstrecken sich wiederum rechenartig angeordnete, ebenfalls plattenförmige Zungen 30 parallel zueinander und vertikal, d.h. in Fließrichtung des Materials ausgerichtet, um einerseits den Materialfluß nicht unnötig zu behindern, andererseits aber auch eine große Oberfläche für den elektrischen Kontakt mit dem elektrisch leitfähigen Schüttgut bereitzustellen. Diese rechenartig angebrachten Platten 30 dienen außerdem einer Vergleichmäßigung des Materialflusses und können zu diesem Zweck auch noch länger ausgebildet sein und so versetzt sein, daß sie teilweise in gegenüberliegende Zwischenräume der Rechenplatten 30 einer gegenüberliegenden Elektrodenplatte 14 ein Stück weit eingreifen. Bei einer anderen Ausgestaltung wäre es auch

denkbar, daß die Elektrode 14 als Ringelektrode in Form des Mantels eines Pyramidenstumpfes bzw. in Form eines Trichters ausgebildet ist und anstelle der Rechenplatten 30 können dann beispielsweise sich kreuzweise zwischen gegenüberliegenden Seiten oder diagonal durch den Trichter erstreckende Platten vorgesehen sein, die einerseits eine große Stromübergangsfläche in das Material bereitstellen, andererseits auch zu einer Vergleichmäßigung des Materialflusses beitragen, damit nicht beispielsweise im Zentrum des Schachtes das Material schneller nach unten fließt als in den weiter außen liegenden Bereichen oder umgekehrt. Die Vergleichmäßigung des Materialflusses wird im wesentlichen auch durch die Art und Weise des Abziehens des Materials am unteren Ende des Schachtes bestimmt, die das Material vom gesamten Schachtquerschnitt möglichst gleichmäßig abziehen sollte.

Als Alternative zu der in Figur 1 dargestellten Abzugsvorrichtung in Form eines Schneckenbodens wird in Figur 4 eine Ausführung mit einem Kratzförderer dargestellt. Das Gehäuse 31 dieses Kratzförderers ist mit der Erdleitung verbunden. Der Kratzförderer kann in üblicher Weise als Kettenband, welches sich über die gesamte Breite des Ofenschachtes erstreckt, ausgebildet sein. Das Kettenband 35 ist mit einem hier nicht dargestellten stufenlos verstellbaren Antrieb 32 versehen, um entsprechend dem durchgesetzten Massenstrom eine konstante Verweilzeit zu garantieren.

Als weitere erfindungsgemäße Alternative ist in Figur 5 ein Lamellenboden dargestellt. Der Lamellenboden bildet den direkten unteren Abschluß des schachtförmigen Ofenraumes. Die einzelnen Lamellen 34 sind um ihre jeweilige Achse 33 einzeln oder gemeinsam winklig verstellbar. Je nach Öffnungsweite des Winkels β fließt mehr oder weniger erwärmtes Schüttgut durch die freien Querschnitte zwischen den Lamellen. Auch hier ist das eigentliche Austragsorgan, nämlich die einzelnen Lamellen mit der Erde elektrisch verbunden und bildet so den negativen Pol bzw. Nulleiter des Stromkreises. Auf die Darstellung einer gemeinsamen Winkelverstellereinrichtung der Lamellen ist in Figur 5 verzichtet worden.

Die Figur 6 zeigt die Einordnung der Heizeinrichtung in eine Gesamtanlage. In den Silos 35 und 36 ist das zu erwärmende Schüttgut gelagert, es kann sich hierbei um Koks, Graphit, Kohle und auch aus Mischungen von elektrisch leitfähigen und elektrisch nicht leitfähigen Schüttgütern handeln. Bei 37 und 38 sind Fließbandwaagen, welche den Massenstrom gravimetrisch erfassen, eingezeichnet. Das aus den Silos 35 und 36 ausgetragene Schüttgut gelangt über die Zudosiereinrichtung 11 in den Ofenraum 1 und verläßt als aufgeheiztes Schüttgut mit Hilfe der Abzugsvorrichtung 9 das Heizsystem. Es gelangt im Anschluß daran in eine Verarbeitungsmaschine 42, in welcher weitere Komponenten wie Bindemittel oder ähnliches zugesetzt werden können. Die Temperaturmeßeinrichtung 40, z.B. ein Strahlungs-pyrometer, dient zur Temperaturüberwa-

chung, um Temperaturabweichungen, die auf der Strecke aufgetreten sein könnten, der Steuerung 43 mitzuteilen. Sollte die Masse auf dem Weg bis zur Verarbeitung der Arbeitsmaschine 42 an Temperatur verloren haben, so wird entsprechend ein höherer Energieeintrag in das Schüttgut ausgelöst, z.B. durch Erhöhen des Stromes, möglicherweise aber auch durch Erhöhen der Verweilzeit. Der Regeltransformator 39, welcher im Falle der Beheizung mit Gleichstrom mit einem Gleichrichter kombiniert ist, sorgt in Verbindung mit einem Stromsteller 41 für den notwendigen Energieeintrag in Abhängigkeit von der gemessenen Durchsatzleistung der Fließbandwaage 37 und 38, wobei die Temperaturen am Eintrag, gemessen mit der Temperaturmeßeinrichtung 43, und am Austrag, gemessen mit der Temperaturmeßeinrichtung 40, in die Berechnung des Leistungseintrages einbezogen werden.

In Figur 7 erkennt man eine Variante der Erfindung, bei welcher der Schacht im unteren Abschnitt stufenartig erweitert ist. Elektroden sind in dieser Figur nicht dargestellt, können jedoch eine ähnliche Anordnung und Struktur aufweisen, wie dies in Verbindung mit Figur 1 bereits beschrieben wurde. Das Material fließt von oben nach unten und bildet an dem stufenförmigen Übergang 40, an welchem sich der Behälter aus der Sicht des Schüttgutmaterials plötzlich um eine horizontale Stufe erweitert, einen Hohlraum 48. Da das Schüttgutmaterial aus einzelnen, körnigen Elementen besteht und sich nicht wie eine Flüssigkeit verhält, bildet es auch unter dem Druck des aus dem verjüngten Teil des Behälters nachrutschenden Materials immer noch einen gewissen Schüttkegel aus, selbst wenn dieser möglicherweise kleiner ist als bei frei aufgeschüttetem Material. Hierdurch entsteht der Hohlraum 48 und man kann auf dem stufenförmigen Übergang 40 einen oder mehrere Öffnungsstutzen 41 vorsehen, durch welche das sich im Hohlraum 48 ansammelnde Gas entweichen bzw. abgesaugt werden kann. Wenn der Schüttkegel des Materials, z.B. im Falle eines sehr feinkörnigen, gut fließenden Materials und unter dem Druck der hohen Materialsäule in dem höher gelegenen Schachtteil, sehr flach wird, so daß der Raum 48 seine Funktion als Sammel- und Ableitraum für sich bildendes Gas nur unzureichend erfüllen könnte, so kann, wie dies in der linken Hälfte in Figur 7 dargestellt ist, die Wand des inneren Behälters auch über den stufenförmigen Übergang 40 hinaus nach unten in den erweiterten Behälterabschnitt hinein verlängert werden. Auf diese Weise ist die Ausbildung eines hinreichend großen Gassammelraumes 48 sichergestellt.

In Figur 7 sind im Querschnitt auch noch Einbauten 42, 43 zu erkennen, welche ebenfalls Gassammelräume definieren und welche erforderlichenfalls zusätzlich zu den stufenförmigen Erweiterungen 40 vorgesehen sind, andererseits jedoch auch bei Schächten mit im wesentlichen konstantem Querschnitt einen solchen stufenförmigen Übergang bezüglich der Funktion als Gassammelraum ersetzen können. Die Einbauten 42, 43

sind z. B. Profileile von konstantem Querschnitt, welche sich vorzugsweise quer und senkrecht zum Materialstrom durch den Behälter bzw. Schacht 1 hindurch erstrecken und jeweils in gegenüberliegenden Wänden 2 des Schachtes gelagert bzw. an diesen befestigt sind. Die Einbauten 42, 43 sind von einer Seite her konvex und von der anderen Seite her konkav ausgebildet und so in dem Schacht 1 angeordnet, daß sie dem von oben nach unten absinkenden Schüttgutmaterial ihre konvexe Seite zuwenden. In diesem Zusammenhang beziehen sich die Begriffe "konvex" und "konkav" nicht nur auf Querschnitte mit gleichmäßiger bzw. sich gleichmäßig ändernder Krümmung, sondern umfassen auch beispielsweise die Dreieck- oder Dachform des Elementes 42, eine rechteckige U-Form etc. Von der Unterseite her müssen die Einbauten 42 und 43 auch nicht notwendigerweise konkav ausgebildet sein, da sich wegen des sich einstellenden Schüttgutkegels am unteren Rand der Einbauten 42, 43 ohnehin auch gegenüber einer horizontalen unteren Fläche ein Hohlraum 48 bilden würde. Die obere konvexe Seite sollte jedoch nach Möglichkeit immer so ausgebildet sein, daß sich keinerlei Schüttgut darauf ansammelt, sondern das Material lediglich um das Einbauelement herumgeleitet wird.

Figur 8 zeigt die Lagerung derartiger Einbauten in gegenüberliegenden Schachtwänden. Dabei sind die Schachtwände im linken Teil ausschnittsweise im Schnitt dargestellt und weisen insbesondere eine im wesentlichen rechteckige Aussparung 45 auf, in welche ein Ende der Elemente 42 oder 43 eingreift, wobei die Elemente 42, 43 länger sind als der lichte Abstand zwischen den gegenüberliegenden Wänden 2, aber kürzer als der lichte Abstand zwischen den zurückspringenden Wänden der gegenüberliegenden Aussparungen 45, so daß sie in diese Aussparungen eingesetzt werden können. Die Einbauten 42, 43 liegen dann mit dem unteren Rand ihrer beiden Enden auf dem unteren Rand der Aussparung 45 auf, wobei die Wände 2 des Schachtes in diesem Bereich jeweils eine Bohrung 45a aufweisen, die mit dem Gasammelraum 48 fluchtet bzw. in Verbindung steht, welcher von den Einbauten 42, 43 gebildet wird. An die Durchgangsöffnung 45a kann sich ein Absaugstutzen oder eine Absaugleitung 46 anschließen.

Figur 9 zeigt eine weitere Variante eines Schachtes, bei welchem Gassammelräume für die Abfuhr von sich bildendem Gas vorgesehen sind. In diesem Fall sind an gegenüberliegenden Wänden 2 des Schachtes 1 schräg nach unten verlaufende Blenden bzw. Leitelemente 50, 51 und 52 vorgesehen, an deren Oberseite das herabfließende Schüttgutmaterial abgelenkt wird, so daß sich unter den Blenden 50, 51, 52 und zwischen diesen und der Wand 2 jeweils ein Gassammelraum 54 bildet. Auch hier können wieder Stutzen 56 an Durchgangsöffnungen im Bereich der Gassammelräume 54 vorgesehen sein, um das sich bildende Gas abzuleiten bzw. abzusaugen. Die Stutzen 56 und Durchgangsöffnungen, ebenso wie auch die Öffnungen 45a oder auch die Stutzen 41 in der Ausführungsform gemäß Figur 7

können jedoch in vorteilhafter Weise auch für eine ergänzende Materialzufuhr genutzt werden. Durch die Entgasung kann es auch zu einer Änderung des spezifischen elektrischen Widerstandes des Materials kommen, so daß unter Umständen die Zufuhr von vorzugsweise gasförmigem oder flüssigem, aber auch von pulverigem oder körnigem Zuschlagmaterial, welches die gewünschten elektrischen Eigenschaften des entgasenden Schüttgutes wieder herstellt, sich als sehr zweckmäßig erweisen kann.

Die Einbauten können aus elektrisch isolierendem Material bestehen oder mit einem solchem Material beschichtet sein, wobei es jedoch auch Anwendungen gibt, bei welchen metallische bzw. elektrisch leitfähige Einbauten bevorzugt sind, welche entweder für eine bessere Stromverteilung in Querrichtung sorgen oder aber als Zusatzelektroden geschaltet sind.

Die Zahl und Dichte der vorzusehenden Gassammelräume bzw. Einbauten kann dabei in Strömungsrichtung des Schüttgutmaterials variieren und sollte insbesondere dort größer sein, wo die Entgasung besonders stark ist, also z.B. eher im unteren Bereich nicht weit vom Austrag des Materials. Letztlich ist jedoch die Anordnung der Gassammelräume auch eine Frage des verarbeiteten Materials, der verwendeten Stromstärke und der Flüchtigkeit der in dem Material gebundenen Gase.

Der Aspekt der Gasabfuhr soll nochmals anhand eines Beispiels erläutert werden.

Beispiel

Wie bereits erwähnt, spielen "der materialbedingte elektrische Widerstand bzw. seine Widerstandsänderung infolge der Erwärmung" und weitere "elektrische Kenngrößen des Materials" für ein optimales Funktionieren der Heizeinrichtung eine ausschlaggebende Rolle.

Die nahezu unvermeidliche Feuchtigkeit des zur Aufheizung vorgesehenen elektrisch leitfähigen Schüttgutes führt zu einer Dampfentwicklung während des Aufheizprozesses. Die Dampfentwicklung ist besonders nennenswert, wenn das Schüttgut auf Temperaturen von über 100°C gebracht wird.

Daß die Dampfentwicklung nicht vernachlässigbar ist, sieht man an dem folgenden Beispiel:

Bei einer Durchsatzmenge von ca. 30 t/Std. Petrolkoks mit einer Wasserfeuchte von nur 0,1 % werden stündlich 30 Liter Wasser verdampft. Dies entspricht einer Dampfmenge bei einer Dampftemperatur von 100°C von ca. 50 m³/h. Nachdem das Schüttgut während des Durchlaufes durch die Heizeinrichtung im allgemeinen auf Temperaturen im Bereich von 200°C aufgeheizt wird, nimmt dementsprechend der Dampf auch eine Temperatur von ca. 200°C an. Demzufolge ist die resultierende Dampfmenge noch deutlich größer.

Der entstehende Dampf verändert nicht nur den Widerstand des Schüttgutes während der Erwärmung, er

wirkt sich insbesondere negativ auf die Einhaltung eines möglichst engen Verweilzeitspektrums aus, so daß eine konstante Temperatur des aufgeheizten Schüttgutes am Austrag nicht mit Sicherheit eingehalten werden kann. Der entstehende Dampf versucht natürlich, sich an kalten Schüttgutpartikeln niederzuschlagen und zu kondensieren. Das führt dazu, daß es zu einer feuchten Schicht von Schüttgut zwischen dem Schüttgutkegel am Produkteintrag und dem Beginn der heißeren Zone innerhalb des Schüttgutes kommt. Es kommt also zwangsläufig zu einem gewissen Druckanstieg infolge der "oberen Abdichtung" durch das feuchte Schüttgut. Geisierartige Dampfdurchbrüche sowohl in Richtung Produktaustrag als auch in Richtung Produkteintrag sind nicht zu vermeiden. Damit wird das für eine gleichmäßige Erwärmung notwendige enge Verweilzeitspektrum erheblich gestört.

Durch die vorgesehenen Gassammelräume, vorzugsweise in dem vertikalen Abschnitt des Schachtes, in bzw. unterhalb welchem Temperaturen von etwa 100°C erreicht werden und damit die Dampfbildung auftritt, kann dieser Dampf zumindest zu einem erheblichen Teil nach außen abgeführt werden, was man durch Absaugen noch unterstützen kann. Auf diese Weise vermeidet man weitgehend die erwähnte Kondensation an den noch kalten Schüttgutpartikeln und die daraus resultierenden, unerwünschten Vorgänge.

Patentansprüche

1. Verfahren zum kontinuierlichen Eintrag von Wärme in elektrisch leitfähige Schüttgüter unter Ausnutzung deren elektrischen Widerstandes, in einem Ofenraum mit einer Einlauföffnung und einer Abzugsvorrichtung für den kontinuierlichen Durchsatz von Schüttgut, wobei während des Materialdurchlaufes elektrische Energie in das Material eingeleitet wird, dadurch gekennzeichnet, daß das Material zwischen der positiven und negativen Elektrode im wesentlichen parallel zur Stromrichtung geführt wird und daß die Abzugsvorrichtung mindestens als Teil der negativen Elektrode bzw. des Nulleiters verwendet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Schüttgut in einem Schacht abwärts geleitet wird, dadurch gekennzeichnet, daß das erwärmte Material durch die am unteren Ende des Schachtes vorgesehene Abzugsvorrichtung (9) im wesentlichen gleichmäßig von dem gesamten Schachtquerschnitt abgezogen wird.
3. Vorrichtung zum kontinuierlichen Eintrag von Wärme in elektrisch leitfähige Schüttgüter unter Ausnutzung von deren elektrischem Widerstand, mit einem Ofenraum (1) mit einer Einlauföffnung (15) und einer kontinuierlichen Abzugsvorrichtung (9) für das Schüttgut und mit mindestens einem Elektrodenpaar (14, 16, 19), über welches während des kontinuierlichen Materialdurchlaufes elektrische Energie in das Material eingeleitet wird, dadurch gekennzeichnet, daß sich die positiv gepolte Elektrode oder Phasenelektrode (14) in der Nähe der Einlauföffnung (15) befindet und die negativ gepolte Elektrode bzw. Nulleiterelektrode (16, 9) im Bereich der Abzugsvorrichtung (9) vorgesehen ist und die negativ gepolte Elektrode bzw. Nulleiterelektrode (16, 9) und die Abzugsvorrichtung (9) geerdet sind.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die innere Gehäusewand der Abzugsvorrichtung (9) geerdet ist und mindestens als Teil der negativen Elektrode bzw. des Nulleiters dient.
5. Vorrichtung nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß neben der Wand der Abzugseinrichtung mindestens eine weitere zu- bzw. abschaltbare negative Elektrode bzw. Nulleiterelektrode (16, 16a) in der Nähe der Abzugsvorrichtung (9) vorgesehen ist.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der Abzugsvorrichtung (9) und der positiven Elektrode bzw. Phasenelektrode (14) mehrere negative Elektroden bzw. Nulleiterelektroden (16, 16a) in verschiedenen Abständen zur Abzugsvorrichtung (9) angeordnet sind.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß eine neben der Abzugsvorrichtung (9) vorhandene, negative Elektrode (16, 16a) in ihrem Abstand zu der Abzugsvorrichtung und/oder der positiven Elektrode (14) einstellbar ist.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß oberhalb der positiven Elektrode (14) im schüttgutfreien Raum eine geerdete Schutzelektrode (18) vorgesehen ist.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Schutzelektrode (18) oberhalb des Schüttgutes über eine Strommeßeinrichtung (20) mit Masse verbunden ist.
10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß eine Spannungsmeßeinrichtung vorgesehen ist für die Messung eines Spannungsabfalls entlang der Verbindung zwischen Schutzelektrode (18) und Masse.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß unmittelbar oberhalb

der positiven Elektrode (14) und innerhalb eines normalen Schüttgutstandes eine Überwachungselektrode (21) über einen Widerstand (R1) mit Masse verbunden ist.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Abzugsvorrichtung (9) aus einem mit Masse verbundenen Gehäuse und einer oder mehreren angetriebenen Transportschnecken (8) besteht.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß als Abzugsvorrichtung (9) ein mit Masse verbundenes Gehäuse mit einem darin befindlichen Austragskratzersystem (31) mit regelbarem Antrieb (32) vorgesehen ist.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß als Abzugsvorrichtung (9) ein sogenannter Lamellenboden vorgesehen und mit Masse verbunden ist und daß der Öffnungswinkel (B) der Lamellen (4) einstellbar ist.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die positive Elektrode (14) trichterförmig angeordnete Begrenzungswände (30) aufweist.

16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß Zungen (30) sich von gegenüberliegenden Wänden der positiven Elektrode (14) aus parallel zueinander und mit ihrer Ebene in Fließrichtung des Materiales ausgerichtet angeordnet sind.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest die als Elektrode wirkenden Teile der Abzugsvorrichtung (9) und/oder die Abzugsvorrichtung (9) als Ganzes als leicht von dem Ofen demontierbare Austauschstelle vorgesehen sind.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß der Schacht bzw. Ofenraum einen im wesentlichen konstantem Querschnitt aufweist.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß der Ofenraum- bzw. Schachtquerschnitt absatzweise in einer oder mehreren Teilstufen (40) quer zur Materialflußrichtung erweitert ist.

20. Vorrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Wand des Schachtabschnittes mit dem jeweils kleineren Querschnitt in den Schachtabschnitt (2a) mit dem jeweils größeren Querschnitt teilweise hineinerstreckt.

21. Vorrichtung nach Anspruch 19 oder 20, dadurch gekennzeichnet, daß im Bereich der stufenförmigen Erweiterung verschleißbare Entlüftungsöffnungen (41) angeordnet sind.

22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß hohlraumbildende Einbauten (43, 50, 51, 52) im Inneren des Schachtes (1) eingebaut sind.

23. Vorrichtung nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß sich die hohlraumbildenden Einbauten quer und vorzugsweise genau senkrecht zur Materialflußrichtung durch den Innenraum des Schachtes (1) erstrecken.

24. Vorrichtung nach Anspruch 22 oder 23, dadurch gekennzeichnet, daß die hohlraumbildenden Einbauten (50, 51, 52) mit der Schachtwand einen gemeinsamen Hohlraum bilden.

25. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 22 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Einbauten (42, 43) in Aussparungen (45) in gegenüberliegenden Wänden des Schachtes gelagert sind.

26. Vorrichtung nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß in der Schachtwand (2) vorzugsweise verschleißbare Durchgangsöffnungen (45a) in Flucht mit den hohlraumbildenden Einbauten (42, 43) vorgesehen sind.

27. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 22 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß die Einbauten aus einem isolierenden Material bestehen oder mit einem isolierenden Material beschichtet sind.

28. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 22 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß die hohlraumbildenden Einbauten als stromleitende Elektroden ausgebildet sind.

29. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 28, dadurch gekennzeichnet, daß die durch Schachterweiterungen oder Einbauten gebildeten Hohlräume und/oder die mit diesen in Verbindung stehenden Durchgangsöffnungen an eine Absaugleitung angeschlossen sind.

Claims

1. A method for the continuous input of heat into electrically conductive bulk materials utilising the electrical resistance thereof, in a furnace chamber with an intake opening and a discharge device for the continuous throughput of bulk material, wherein during the passage of the material therethrough

electrical energy is introduced into the material, characterised in that the material is guided between the positive and negative electrode substantially parallel to the current direction and that the discharge device is used at least as part of the negative electrode or the neutral conductor.

2. A method according to claim 1 wherein the bulk material is passed downwardly in a shaft, characterised in that the heated material is drawn off substantially uniformly from the entire shaft cross-section by the discharge device (9) disposed at the lower end of the shaft.

3. Apparatus for the continuous input of heat into electrically conductive bulk materials utilising the electrical resistance thereof, comprising a furnace chamber (1) with an intake opening (15) and a continuous discharge device (9) for the bulk material and at least one pair of electrodes (14, 16, 19) by way of which electrical energy is introduced into the material during the continuous passage of material through the apparatus, characterised in that the positively poled electrode or phase electrode (14) is disposed in the proximity of the intake opening (15) and the negatively poled electrode or neutral conductor electrode (16, 9) is disposed in the region of the discharge device (9) and the negatively poled electrode or neutral conductor electrode (16, 9) and the discharge device (9) are earthed.

4. Apparatus according to claim 3 characterised in that the inner housing wall of the discharge device (9) is earthed and serves at least as part of the negative electrode or the neutral conductor.

5. Apparatus according to claim 3 or claim 4 characterised in that provided beside the wall of the discharge device (9) in the proximity of the discharge device is at least one further negative electrode or neutral conductor electrode (16, 16a) which can be switched on and off.

6. Apparatus according to one of claims 3 to 5 characterised in that a plurality of negative electrodes or neutral conductor electrodes (16, 16a) are arranged at different spacings relative to the discharge device (9) between the discharge device (9) and the positive electrode or phase electrode (14).

7. Apparatus according to one of claims 3 to 6 characterised in that a negative electrode (16, 16a) which is disposed beside the discharge device (9) is adjustable in its spacing relative to the discharge device and/or the positive electrode (14).

8. Apparatus according to one of claims 3 to 7 characterised in that there is an earthed protective elec-

trode (18) above the positive electrode (14) in the space which is free of bulk material.

9. Apparatus according to claim 8 characterised in that the protective electrode (18) is connected to earth above the bulk material by way of a current measuring device (20).

10. Apparatus according to claim 8 or claim 9 characterised in that there is provided a voltage measuring device for measuring a voltage drop along the connection between the protective electrode (18) and earth.

11. Apparatus according to one of claims 3 to 10 characterised in that directly above the positive electrode (14) and within a normal level of bulk material a monitoring electrode (21) is connected to earth by way of a resistor (R1).

12. Apparatus according to one of claims 3 to 11 characterised in that the discharge device (9) comprises a housing connected to earth and one or more driven transportation screws (8).

13. Apparatus according to one of claims 3 to 11 characterised in that provided as the discharge device (9) is a housing connected to earth, and disposed therein a discharge scraper system (31) with regulatable drive (32).

14. Apparatus according to one of claims 3 to 13 characterised in that a so-called shutter slat-type bottom arrangement is provided as the discharge device (9) and is connected to earth and that the angle of opening (B) of the shutter slats (34) is adjustable.

15. Apparatus according to one of claims 3 to 14 characterised in that the positive electrode (14) has boundary walls (30) arranged in a funnel configuration.

16. Apparatus according to claim 15 characterised in that tongues (30) are arranged to extend from oppositely disposed walls of the positive electrode (14) in mutually parallel relationship and aligned with their plane in the direction of flow of the material.

17. Apparatus according to one of claims 3 to 16 characterised in that at least the parts acting as an electrode of the discharge device (9) and/or the discharge device (9) as a whole are provided in the form of interchangeable parts which can be easily dismantled from the furnace.

18. Apparatus according to one of claims 3 to 17 characterised in that the shaft or furnace chamber is of

a substantially constant cross-section.

19. Apparatus according to one of claims 3 to 17 characterised in that the furnace chamber or shaft cross-section is enlarged at intervals in one or more steps (40) transversely to the material flow direction. 5
20. Apparatus according to claim 19 characterised in that the wall of the shaft portion of the respectively smaller cross-section partially extends into the shaft portion (2a) of the respectively larger cross-section. 10
21. Apparatus according to claim 19 or claim 20 characterised in that closable vent openings (41) are arranged in the region of the stepped enlargement. 15
22. Apparatus according to one of claims 3 to 21 characterised in that cavity-forming installation components (43, 50, 51, 52) are installed in the interior of the shaft (1). 20
23. Apparatus according to claim 22 characterised in that the cavity-forming installation components extend transversely and preferably precisely perpendicularly to the material flow direction through the interior of the shaft (1). 25
24. Apparatus according to claim 22 or claim 23 characterised in that the cavity-forming installation components (50, 51, 52) form with the shaft wall a common cavity. 30
25. Apparatus according to one of claims 22 to 24 characterised in that the installation components (42, 43) are mounted in openings (45) in oppositely disposed walls of the shaft. 35
26. Apparatus according to claim 25 characterised in that provided in the shaft wall (2) are preferably closable through openings (45a) disposed in alignment with the cavity-forming installation components (42, 43). 40
27. Apparatus according to one of claims 22 to 26 characterised in that the installation components comprise an insulating material or are coated with an insulating material. 45
28. Apparatus according to one of claims 22 to 26 characterised in that the cavity-forming installation components are in the form of current-carrying electrodes. 50
29. Apparatus according to one of claims 19 to 28 characterised in that the cavities formed by shaft enlargement portions or installation components and/or the through openings connected thereto are connected to a suction removal line. 55

Revendications

1. Procédé pour introduire en continu de la chaleur dans des matières en vrac électro-conductrices par utilisation de leur résistance électrique, dans un espace de four comprenant un orifice d'entrée et un dispositif de décharge pour le débit continu de la matière en vrac, où, pendant le passage de la matière, une énergie électrique est introduite dans la matière, caractérisé en ce que la matière est guidée entre l'électrode positive et l'électrode négative, essentiellement d'une manière parallèle à la direction du courant, et que le dispositif de décharge est utilisé au moins en tant que partie de l'électrode négative ou du conducteur neutre.
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la matière en vrac est dirigée vers le bas dans une cuve, caractérisé en ce que la matière chauffée est déchargée d'une manière essentiellement uniforme, sur toute la section transversale de la cuve, par le dispositif de décharge (9) prévu à l'extrémité inférieure de la cuve.
3. Dispositif pour introduire en continu de la chaleur dans des matières en vrac électro-conductrices, par utilisation de leur résistance électrique, avec un espace de four (1) comportant un orifice d'entrée (15) et un dispositif de décharge continue (9) pour la matière en vrac, et comportant au moins une paire d'électrodes (14, 16, 19), par laquelle l'énergie électrique est introduite dans la matière pendant le passage continu de cette dernière, caractérisé en ce que l'électrode à polarité positive ou l'électrode de phase (14) se trouve au voisinage de l'orifice d'entrée (15), et l'électrode à polarité négative, ou électrode de conducteur neutre (16, 9) est prévue dans la zone du dispositif de décharge (9), et l'électrode à polarité négative, ou électrode de conducteur neutre (16, 9) est à la terre, ainsi que le dispositif de décharge (9).
4. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce que la paroi intérieure du dispositif de décharge (9) est à la terre, et sert au moins de partie de l'électrode négative ou du conducteur neutre.
5. Dispositif selon la revendication 3 ou 4, caractérisé en ce que, à côté de la paroi du dispositif de décharge, on prévoit, au voisinage du dispositif de décharge (9), au moins une électrode négative ou électrode de conducteur neutre (16, 16a) supplémentaire, pouvant être mise en circuit ou hors circuit.
6. Dispositif selon l'une des revendications 3 à 5, caractérisé en ce que, entre le dispositif de décharge (9) et l'électrode positive ou électrode de phase

- (14), on a disposé plusieurs électrodes négatives ou électrodes de conducteur neutre (16, 16a) à différentes distances par rapport au dispositif de décharge (9).
7. Dispositif selon l'une des revendications 3 à 6, caractérisé en ce que l'on peut ajuster la distance entre une électrode négative (16, 16a), présente à côté du dispositif de décharge (9), et le dispositif de décharge et/ ou l'électrode positive (14).
8. Dispositif selon l'une des revendications 3 à 7, caractérisé en ce qu'on prévoit une électrode de protection (18) à la terre, dans l'espace ne contenant pas de matière en vrac au-dessus de l'électrode positive (14).
9. Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce que l'électrode de protection (18) est, au-dessus de la matière en vrac, reliée à la masse par l'intermédiaire d'un dispositif (20) de mesure du courant.
10. Dispositif selon la revendication 8 ou 9, caractérisé en ce qu'on prévoit un dispositif de mesure de la tension, pour mesurer une chute de tension le long de la liaison entre l'électrode de protection (18) et la masse.
11. Dispositif selon l'une des revendications 3 à 10, caractérisé en ce que, immédiatement au-dessus de l'électrode positive (14), et à l'intérieur d'un niveau normal de la matière en vrac, une électrode de surveillance (21) est reliée à la masse par l'intermédiaire d'une résistance (R1).
12. Dispositif selon l'une des revendications 3 à 11, caractérisé en ce que le dispositif de décharge (9) est constitué d'une enveloppe, reliée à la masse, et d'une ou plusieurs vis sans fin de transport (8), menées.
13. Dispositif selon l'une des revendications 3 à 11, caractérisé en ce qu'on prévoit en tant du dispositif de décharge (9) une enveloppe reliée à la masse, comportant un système (31) de racleur d'évacuation qui s'y trouve, et comportant un entraînement réglable.
14. Dispositif selon l'une des revendications 3 à 13, caractérisé en ce qu'on prévoit en tant que dispositif de décharge ce que l'on appelle un fond à lamelles, qui est relié à la masse, et que l'angle d'ouverture (B) des lamelles (4) est réglable.
15. Dispositif selon l'une des revendications 3 à 14, caractérisé en ce que l'électrode positive (14) comporte des parois de limitation (30) disposées en entonnoir.
16. Dispositif selon la revendication 15, caractérisé en ce que des languettes (30) sont disposées parallèlement l'une à l'autre, à partir de parois opposées de l'électrode positive (14), et sont disposées de façon à être orientées par leur plan dans la direction d'écoulement de la matière.
17. Dispositif selon les revendications 3 à 16, caractérisé en ce qu'on prévoit sous forme de pièces de rechange facilement démontables du four au moins les parties du dispositif de décharge (9) servant d'électrodes, et/ou le dispositif de décharge (9) en bloc.
18. Dispositif selon l'une des revendications 3 à 17, caractérisé en ce que la cuve ou l'espace de four présente une section transversale essentiellement constante.
19. Dispositif selon l'une des revendications 3 à 17, caractérisé en ce que la section transversale de l'espace du four ou de la cuve s'élargit par échelons, en un ou plusieurs étagements partiels (40) transversalement à la direction d'écoulement de la matière.
20. Dispositif selon la revendication 19, caractérisé en ce que la paroi du segment de cuve ayant la section transversale la plus petite pénètre partiellement dans le segment de cuve (2a) ayant la section transversale qui dans chaque cas est la plus grande.
21. Dispositif selon la revendication 19 ou 20, caractérisé en ce que des ouvertures de désaération (41), pouvant être obturées, sont disposées dans la zone de l'élargissement en forme d'étagements.
22. Dispositif selon l'une des revendications 3 à 11, caractérisé en ce que des éléments intérieurs (43, 50, 51, 52), formant des cavités, sont disposés à l'intérieur de la cuve (1).
23. Dispositif selon la revendication 22, caractérisé en ce que les éléments intérieurs formant des cavités s'étendent transversalement et de préférence d'une manière rigoureusement perpendiculaire à la direction de l'écoulement de matière, en traversant l'espace intérieur de la cuve (1).
24. Dispositif selon la revendication 22 ou 23, caractérisé en ce que les éléments intérieurs (50, 51, 52) formant des cavités forment, avec la paroi de la cuve, une cavité commune.
25. Dispositif selon l'une des revendications 22 à 24, caractérisé en ce que les éléments intérieurs (42, 43) sont logés dans des renforcements (45) aménagés dans des parois opposées de la cuve.

26. Dispositif selon la revendication 25, caractérisé en ce qu'on prévoit dans la paroi (2) de la cuve des ouvertures de passage (45a) de préférence pouvant être obturées, en alignement avec les éléments intérieurs (42, 43) formant des cavités. 5
27. Dispositif selon l'une des revendications 22 à 26, caractérisé en ce que les éléments intérieurs sont en un matériau isolant ou sont revêtus d'un matériau isolant. 10
28. Dispositif selon l'une des revendications 22 à 26, caractérisé en ce que les éléments intérieurs formant des cavités sont conçus comme des électrodes conductrices de courant. 15
29. Dispositif selon l'une des revendications 19 à 28, caractérisé en ce que les cavités formées par les élargissements de la cuve ou par les éléments intérieurs, et/ou les ouvertures de passage qui communiquent avec eux, sont raccordés à une conduite d'aspiration. 20

25

30

35

40

45

50

55

Fig.1

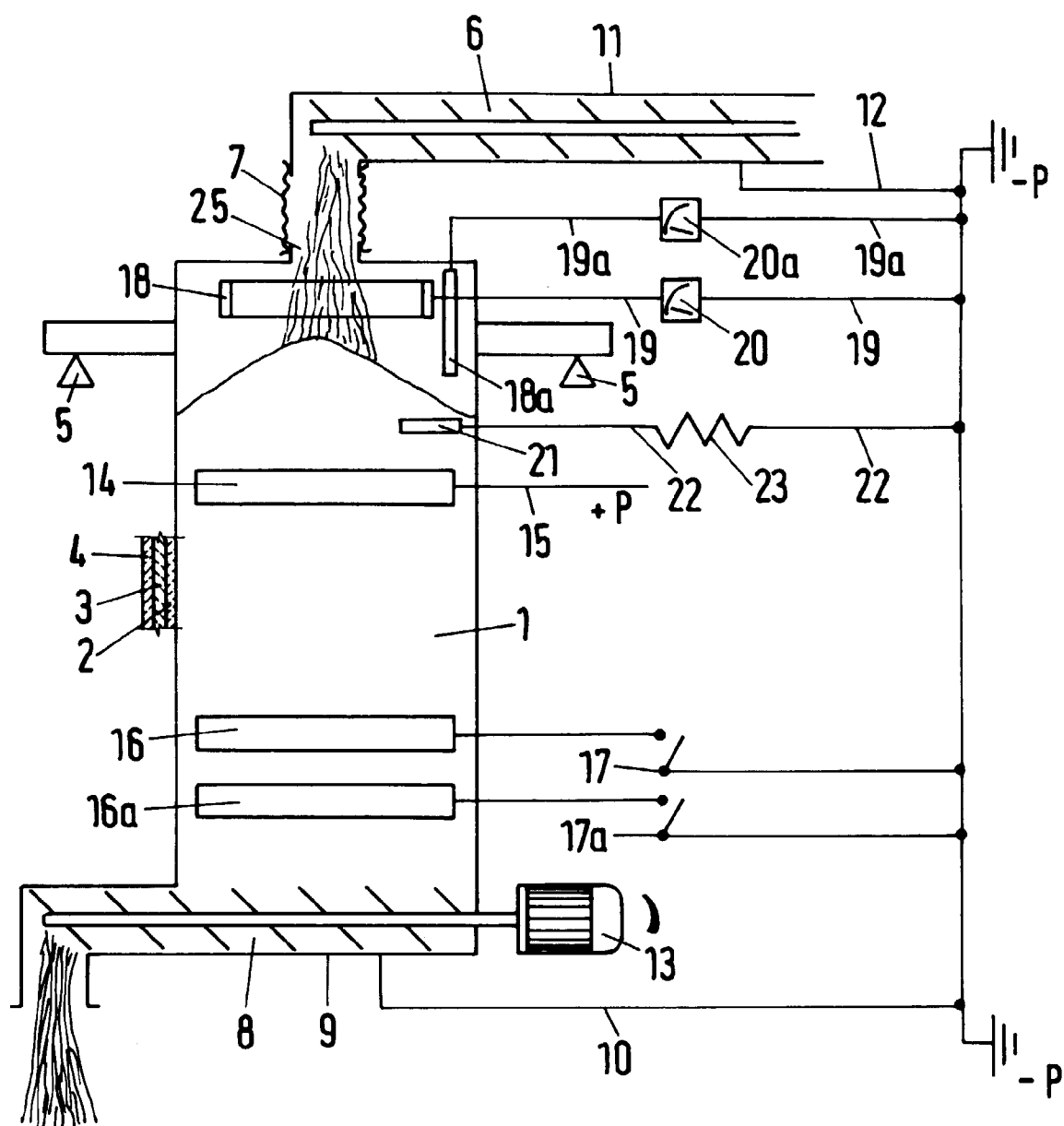


Fig.2

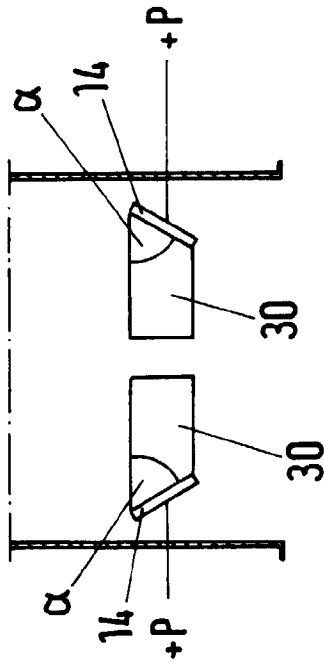


Fig.3

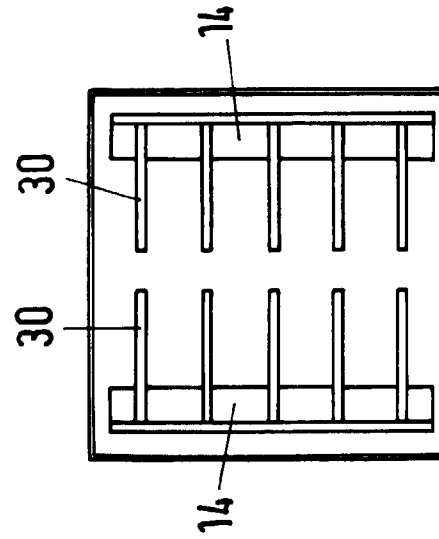


Fig.4

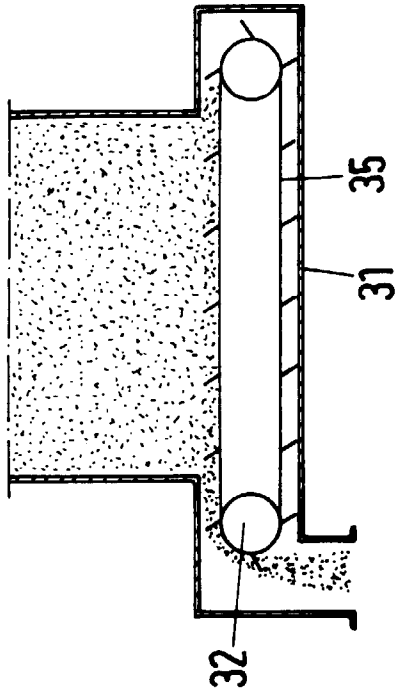
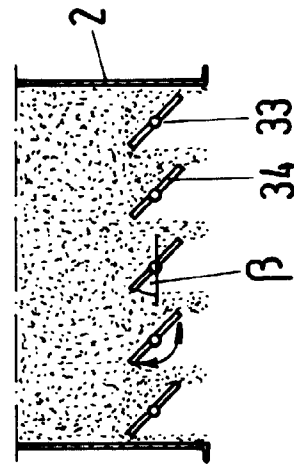


Fig.5



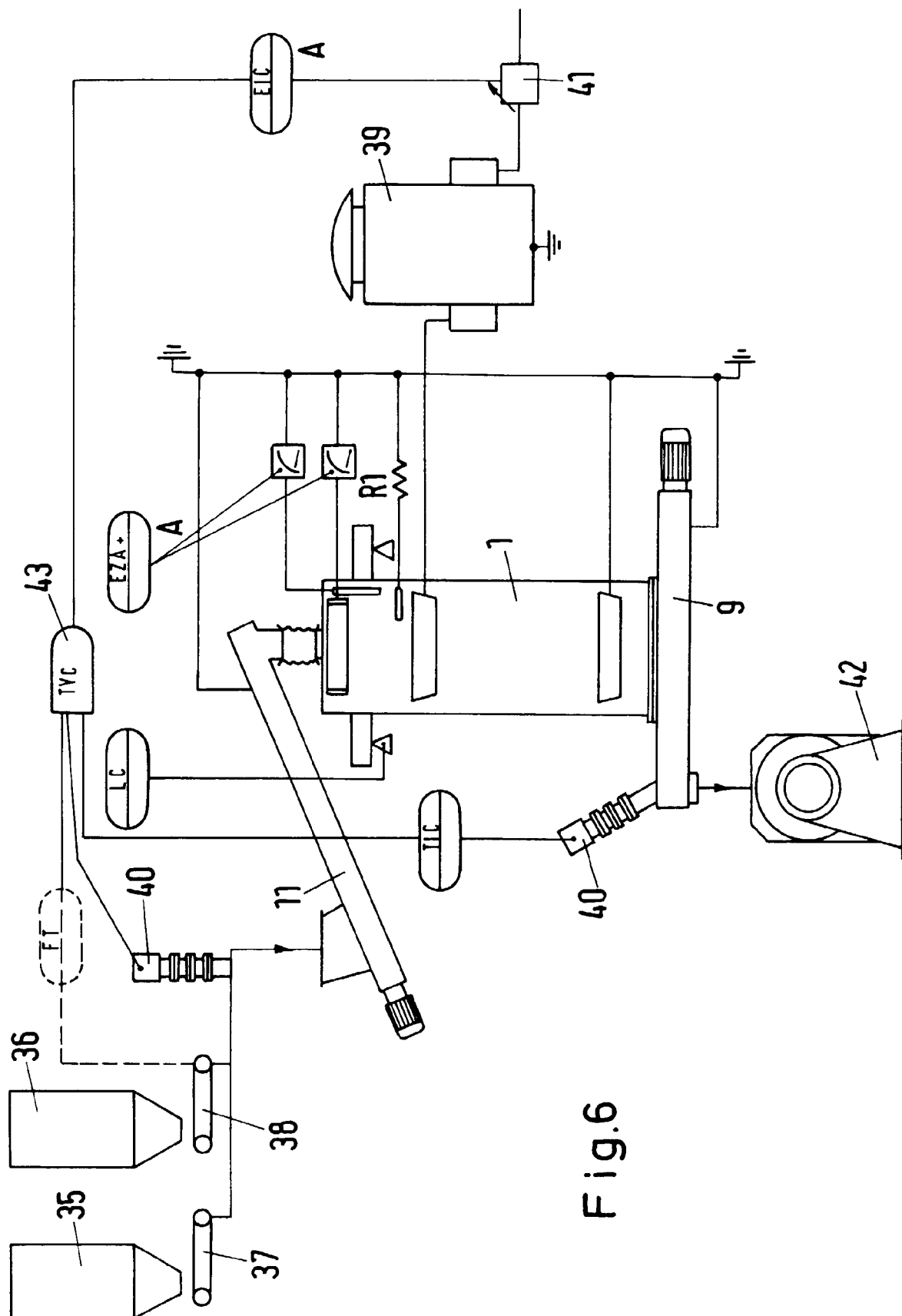


Fig. 6

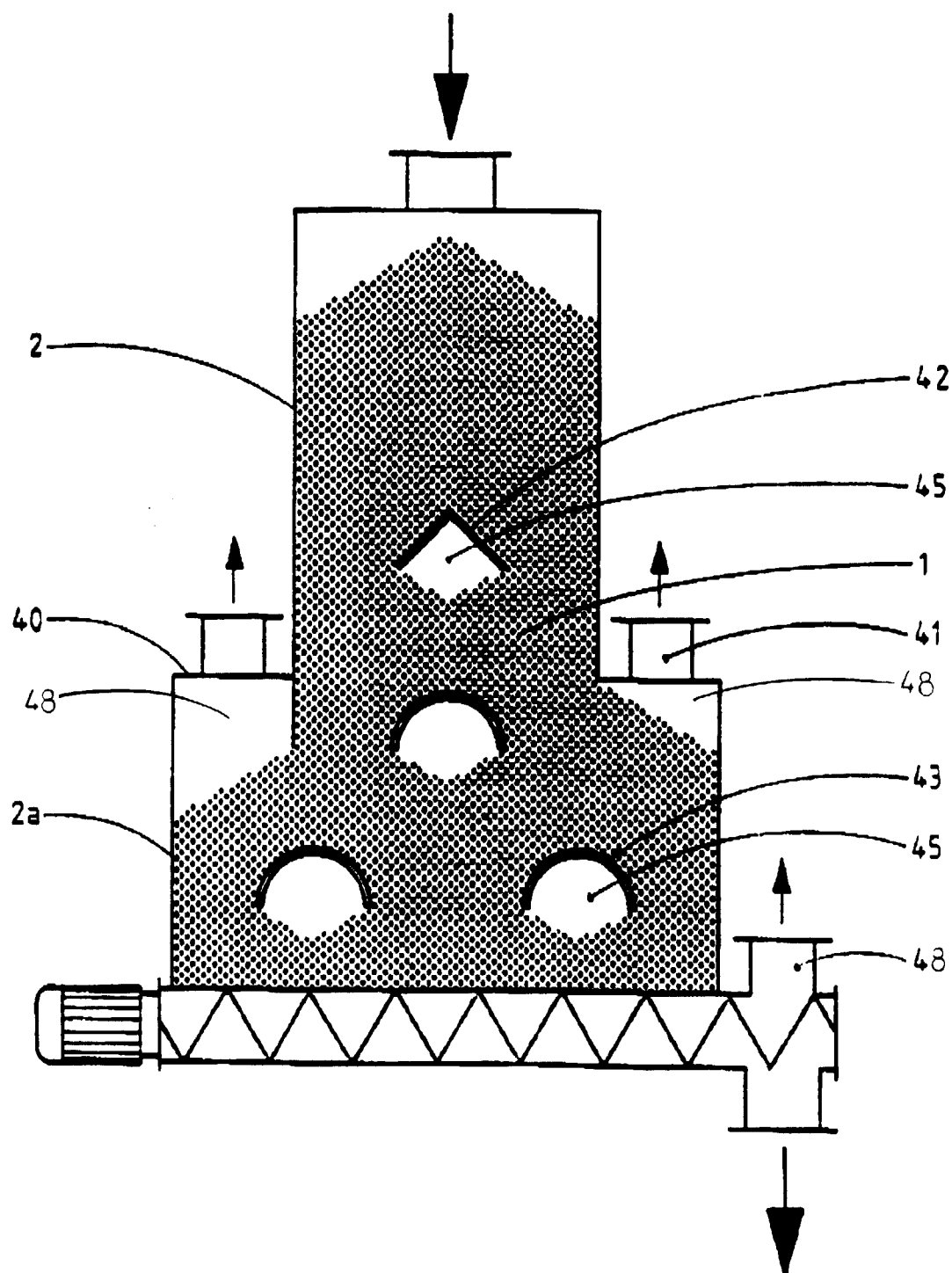


FIG. 7

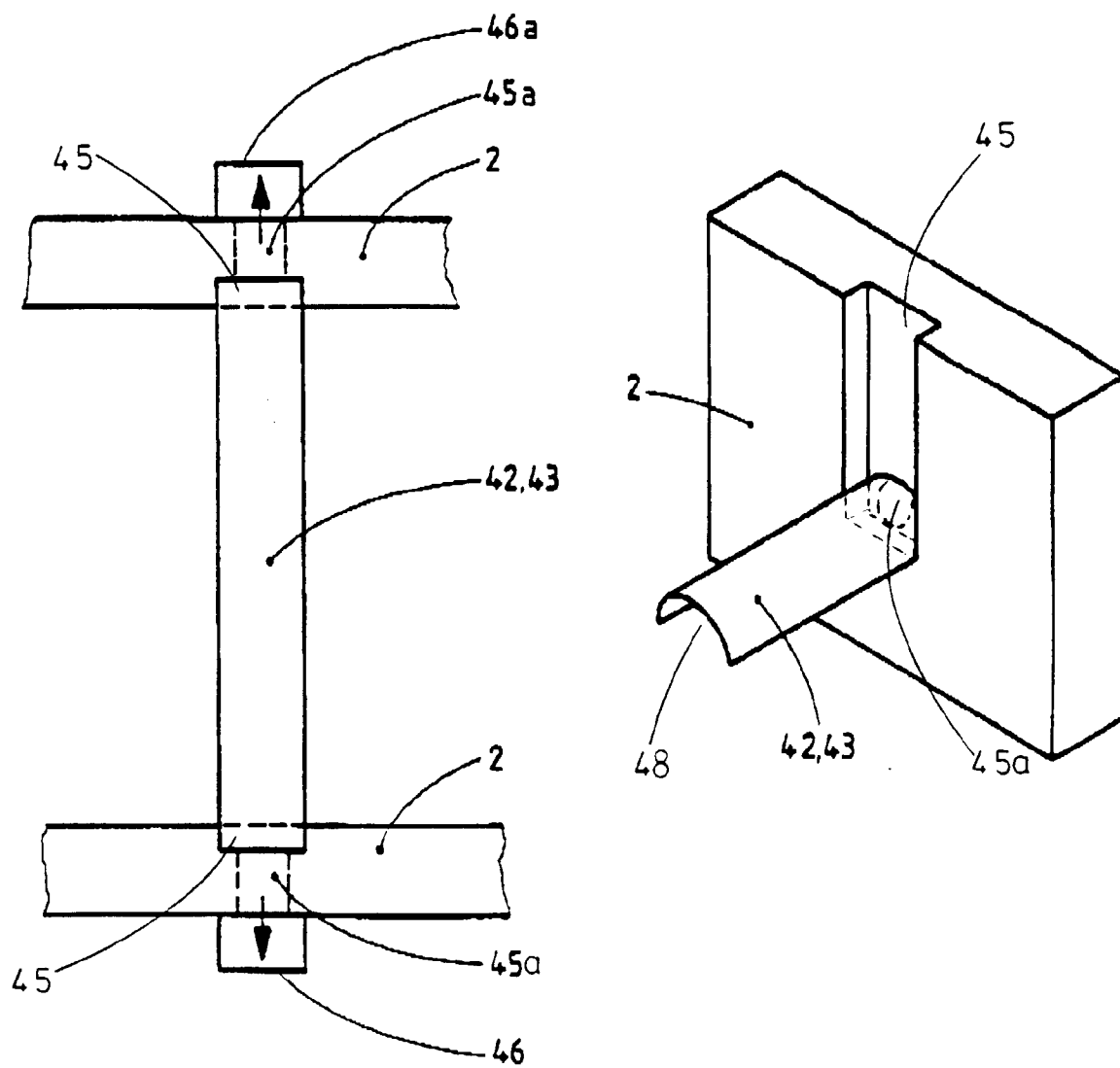


FIG. 8

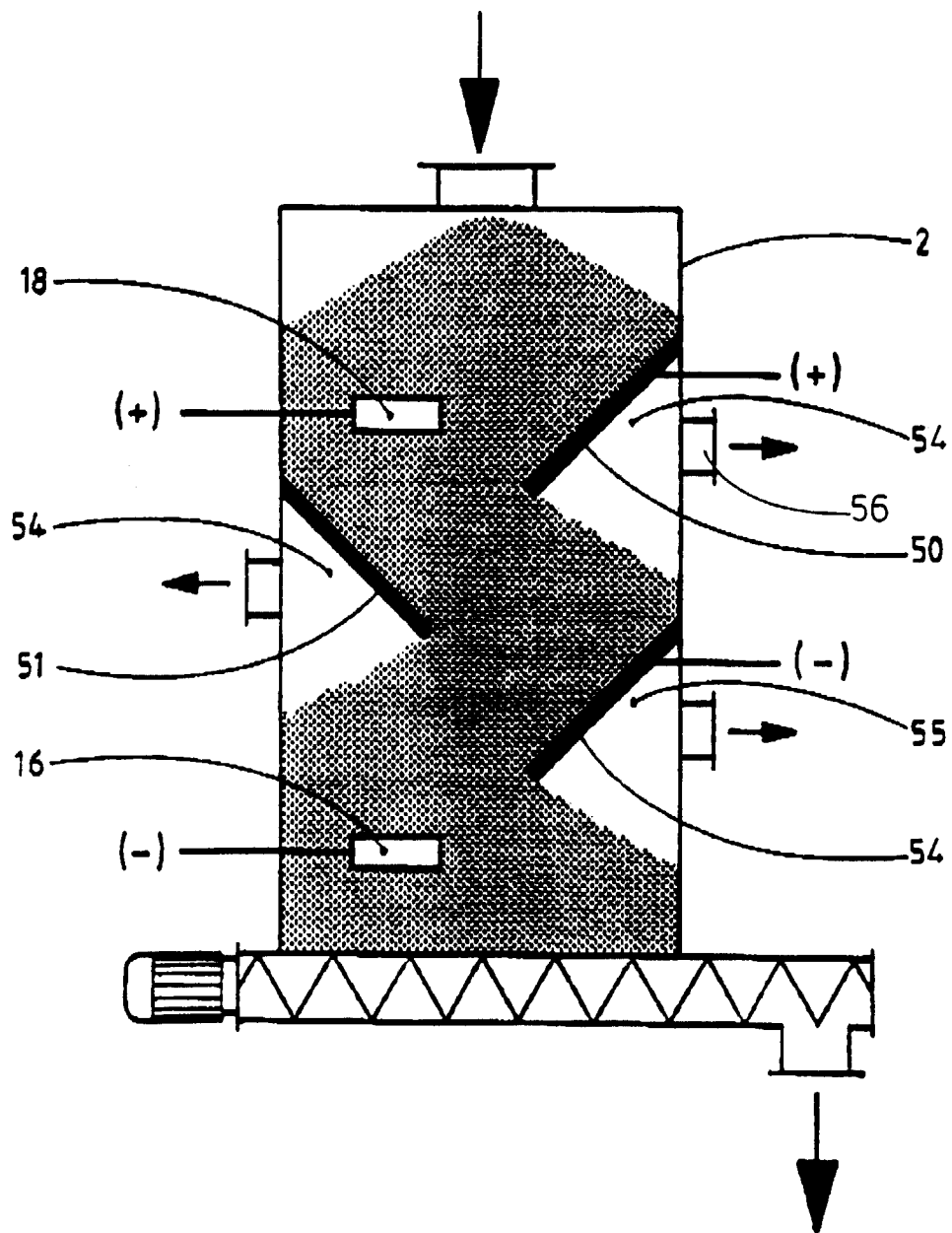


FIG. 9