



**Wirtschaftspatent**

Erteilt gemäß § 5 Absatz 1 des Änderungsgesetzes  
zum Patentgesetz

ISSN 0433-6461

(11)

## 206 592

Int.Cl.<sup>3</sup>

3(51)

G 05 D 11/02

C 10 J 3/46

**AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN**

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

21) WP G 05 D / 231 888 3

(22) 17.07.81

(44) 01.02.84

71) siehe (72)

72) SCHINGNITZ, MANFRED, DR.-ING.; KRETSCHMER, HORST, DIPL.-ING.; TIETZE, GUENTER, DIPL.-ING.;  
REICHERT, WERNER, DIPL.-ING.; DD;  
SCHWEIGEL, HANS-JOACHIM, DIPL.-ING.; SCHEIDIG, KLAUS, DR.-ING.; GUETHER, ROLF, DR.-ING.;  
FROEMER, GUENTER, DD;  
BOESEL, NORBERT, DD;

73) siehe (72)

74) HEINZ BACHSTEIN, VEB MAXHUETTE UNTERWELLENBORN, ABT. WTR/BFSR, 6806 UNTERWELLENBORN

54) **VERFAHREN ZUR MESSUNG UND REGELUNG VON MASENSTROEMEN FEINKOERNIGER MATERIALIEN**

57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur kontinuierlichen Messung und Regelung von Massenströmen und der Dichte von staubförmigen und feinkörnigen festen Materialien, die mittels der pneumatischen Förderung bei beliebigen Feststoffkonzentrationen und Systemdrücken metallurgischen Einrichtungen wie Hochöfen, Kupolöfen, Kupferschachtöfen, Siemens-Martin-Öfen und Metallbädern zum Zwecke des Beheizens, Frischens, Raffinierens, Legierens und ähnlichen metallurgischen Vorgängen zugeführt werden. Auf der Basis bekannter, bereits entwickelter Meßverfahren für die Massenstrombestimmung wurden Verfahren zur Massenstromregelung für die pneumatische Förderung bei beliebigen Feststoffkonzentrationen und Systemdrücken gefunden. Erfindungsgemäß werden Meßgrößen als Regelgrößen bei der pneumatischen Förderung und Dosierung eingesetzt. Fig. 1

Titel der Erfindung

Verfahren zur Messung und Regelung von Massenströmen feinkörniger Materialien

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Messung und Regelung von Massenströmen feinkörniger Materialien, insbesondere von staubförmigen und feinkörnigen festen Brennstoffen und/oder von Stoffen für metallurgische Prozesse beliebiger Feststoffkonzentrationen und Systemdrücke, jedoch bevorzugt hoher Feststoffkonzentrationen in dem oder den Förderrohren zu den Windformen des Hochofens, beispielsweise zum teilweisen Ersatz von metallurgischem Koks, zu Kupolöfen, Kupferschachtöfen und ähnlichen metallurgischen Einrichtungen, zur Beheizung von Siemens-Martin-Öfen, zu Metallbädern zum Zwecke des Frischens, Legierens, Raffinierens und ähnlichen metallurgischen Vorgängen.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Die bekannten technischen Lösungen der Regelung des Massenstromes bei der pneumatischen Förderung von staubförmigen sowie feinkörnigen festen Stoffen besitzen im wesentlichen alle die Verfahrensschritte

1. Abziehen oder Herausdrücken des Feststoffes aus einem Bunker bzw. Dosiergefäß mit oder ohne Fluidisierung durch eine Druckregelung oder mit Drosselorganen und
2. Verdünnung des dosierten Feststoffes bis zu sehr geringen Feststoffkonzentrationen ( $< 10 \text{ kg/m}^3$ ) mit dem Ziel der meßtechnischen Erfäßbarkeit des Massenstromes.

Die fehlenden Betriebsmeßverfahren für Zweiphasenströmungen beliebiger Feststoffkonzentrationen und mangelnde Erkenntnisse über die technologisch eindeutige Beeinflußbarkeit der Dichte sowie des zu dosierenden Massenstromes führten zu komplizierten Lösungen der Regelung und die Verlagerung der Massenstrombestimmung in den Dünnstrombereich, was aus den Erfindungsbeschreibungen DE - OS - 2 554 565 und DE - OS - 2 902 911 hervorgeht.

Die alleinige Regulierung des Massenstromes über den Fluidisierungsgasvolumenstrom des Dosiergefäßes, wie es in der Patentschrift DD - PS - 147 188 ausgeführt ist, führt insbesondere bei großen Durchsatzleistungen zu starker gegenseitiger Beeinflussung von Dichte und Massenstrom.

Die in der Patentschrift DD - PS - 147 933 angewandte Drosselregulierung des Massenstromes vor Eintritt des Feststoffes in ein Förderrohr besitzt eine relativ geringe Regelbreite und kann durch Stoßeffekte, Abbremsung des Feststoffes zu Unstetigkeiten des Massenstromes bei hohen Feststoffkonzentrationen und geringen Durchsätzen führen.

#### Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist eine gesicherte Prozeßsteuerung und -überwachung der pneumatischen Förderung sowie Dosierung bei hohen Feststoffkonzentrationen, wie sie bei metallurgischen,

wärmetechnischen und technologischen Prozessen eingesetzt werden.

#### Darlegung des Wesens der Erfindung

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, daß Verfahren zur Messung und Regelung von Massenströmen feinkörniger Materialien, insbesondere von staubförmigen und feinkörnigen festen Brennstoffen und/oder von Stoffen für metallurgische Prozesse beliebiger Feststoffkonzentrationen und Systemdrücke, jedoch bevorzugt hoher Feststoffkonzentrationen zu den Windformen des Hochofens, zu Kupolöfen, Kupferschachtöfen und ähnlichen metallurgischen Einrichtungen, zur Beheizung von Siemens-Martin-Öfen, in Metallbäder zum Zwecke des Frischens, Legierens, Raffinierens und ähnlichen metallurgischen Vorgängen in dem oder den Förderrohren auf der Basis bekannter, bereits entwickelter Meßverfahren für die Massenstrombestimmung, wie die Injektionsmethode oder Laufzeitmessungen auf der Basis aufgeprägter Dichteänderungen, für die pneumatische Förderung bei beliebigen Feststoffkonzentrationen und Systemdrücken angewandt werden sollen. Die wesentlichsten Zusammenhänge Gas - Feststoff sind bilanzmäßig in der Schüttung und Strömung zu finden, um einfache, eindeutige Regelgrößen und Regelverfahren daraus abzuleiten.

Erfindungsgemäß kann ein definierter Zusammenhang zwischen dem aus einem Dosierbehälter ausströmenden Staubvolumen und dem einströmenden Gasvolumen unter Berücksichtigung der Erzielung einer strömungstechnisch erforderlichen Fließdichte  $\rho_{f1}$  im Förderrohr abgeleitet werden. Die Fließdichte  $\rho_{f1}$  kann dabei zum Beispiel relativ einfach mittels radiometrischer Dichtesonde und einem Fluidisiergasregler bestimmt und geregelt werden. Es wurde gefunden und bestätigt, daß ausgehend von der Schüttdichte  $\rho_S$  des Feststoffes in einem Dosierbehälter über einen Fluidisierboden der nach Gl. (1) zu

ermittelnde Gasvolumenstrom  $\dot{V}_{G(N)}$  zugeführt werden muß, um die geforderte Fließdichte  $\varrho_{f1}$  in der Strömung für einen bestimmten Massenstrom  $\dot{m}_K$  zu erzielen.

$$\dot{V}_G = \dot{m}_K \frac{(\varrho_K - \varrho_G) \cdot (\varrho_S - \varrho_{f1})}{\varrho_K \cdot (\varrho_S - \varrho_G) \cdot (\varrho_{f1} - \varrho_G)} \quad \text{Gl. (1)}$$

$$\dot{V}_G = \dot{V}_{G(N)} \cdot \frac{P_N}{P} \cdot \frac{T}{T_N} \quad \text{Gl. (1.1)}$$

$$\varrho_G = \varrho_{G(N)} \cdot \frac{P}{P_N} \cdot \frac{T_N}{T} \quad \text{Gl. (1.2)}$$

T und P stellen die Temperatur bzw. den Druck im Dosiergefäß dar;  $\dot{V}_G$  ist der auf den Betriebszustand und  $\dot{V}_{G(N)}$  der auf den Normzustand bezogene gemessene Fluidisiergasvolumenstrom;  $\varrho_S$  und  $\varrho_K$  sind die feststoffspezifischen Kennwerte Schütt- bzw. Korndichte;  $\varrho_G$  ist die Gasdichte im Betriebszustand.

Im stationären Betriebszustand bildet sich damit im Dosiergefäßunterteil eine partielle Wirbelschicht aus, weil das gesamte Fluidisiergas mit der Feststoffströmung des Dosiergefäß verläßt.

Zur Kompensation der über der Wirbelschicht nachrutschenden Schüttung bzw. des Schüttvolumens im Dosiergefäß oder in einer in Verbindung stehenden Vorratsschleuse und zur Aufrechterhaltung des stationären Förderzustandes muß ein sogenanntes Kompensationsgas KG zur eigentlichen Massenstromregelung zugeführt werden, das einfach nach Gl. (2) ermittelt werden kann.

$$\dot{V}_{KG} = \frac{\dot{m}_K}{\rho_S} \quad \text{Gl. (2)}$$

$$\dot{V}_{KG(N)} = \dot{V}_{KG} \cdot \frac{P}{P_N} \cdot \frac{T_N}{T} \quad \text{Gl. (2.1)}$$

N Normzustandsgrößen  
 $\dot{V}_{KG}$  Kompensationsgasvolumenstrom auf den Betriebszustand bezogen.

Damit kann die Massenstromregelung auf die Regelung der einzigen Variablen  $\dot{V}_{KG}$  reduziert werden, wenn der Fluidisiergasvolumenstrom  $\dot{V}_G$  nach Gl. (1) mit den Sollgrößen  $\dot{m}_K$  Soll,  $\rho_{f1}$  Soll und den Festwerten  $\rho_{G(N)}$ ,  $\rho_K$ ,  $\rho_S$  mittels Mikroprozessor ermittelt und dem Fluidisiergasregler als Festwertführungsgröße eingegeben wird. Bei Massenstromschwankungen verändert sich die Fließdichte  $\rho_{f1}$  zwar mit, jedoch stabilisiert sie sich zwangsläufig mit der Nachregelung des Massenstromes über das Kompensationsgas. Der Kompensationsgasvolumenstrom muß über der Schüttung in das Dosiergefäß also nicht in die Schüttung in unmittelbarer Nähe des Fluidisierbodens oder bei Füllstandskonstanz im Dosiergefäß mittels Zellenrad in eine verbundene Schleuse, aus der die Feststoffschüttung über das Zellenrad nachläuft, zugeführt werden.

Mittels einer Dichteregelung  $\rho_{f1}$  kann auch trotz Massenstromänderungen bzw. -schwankungen die Dichte konstant gehalten werden. Diese Regelung bietet hierbei keinen zusätzlichen Vorteil, lediglich Mehraufwand, und es kann sogar zu gegenseitiger Beeinflussung der Regelungen kommen.

Diese vorgestellte Regelmöglichkeit ist anwendbar für große Einheitenleistungen, wo ein Förderrohrmindstdurchmesser und eine davon abhängige Mindestfördergeschwindigkeit für einen

stabilen, stetigen Dosierbetrieb gesichert sind (Rohrdurchmesser  $\geq 10$  mm,  $v_S \geq 3,0$  m/s bei Dichtstrom für Braunkohlentaub) und für ein Ein- und Mehrrohrregime bei Förderrohren gleicher Fördercharakteristik und stets erforderlicher gleichbleibender Förderleistung.

Bei kleinen Einheitenleistungen, wo mit den kleinen Förderrohrquerschnitten bzw. bei Wahl größerer Querschnitte und damit unterschrittener Mindestfördergeschwindigkeiten kritische Förderbedingungen erreicht werden, und bei mehreren Förderrohren unterschiedlicher Förderleistungen müssen die Massenstromregelung sowie die Geschwindigkeitserhöhung im Förderrohr erfolgen, wobei aber stets Dichtstrom erhalten bleibt.

Bei dieser zweiten Regelvariante wird mittels der Kompensationsgasregelung in Abhängigkeit eines maximal erforderlichen Differenzdruckes  $P_{dIC}$  zwischen dem Dosiergefäß und dem Verbraucher, beispielsweise der Windform eines Hochofens, dieser Differenzdruck zur Sicherung des maximal erforderlichen Massendurchsatzes mittels des Kompensationsgasvolumenstromes  $\dot{V}_{KG}$  am Dosiergefäß konstant gehalten. Dieser Differenzdruck  $P_{dIC}$  muß größer sein als für den maximalen Massenstrom erforderlich ist.

Eine Drosselung des Massenstromes  $\dot{m}_K$  und der damit verbundene erforderlich niedrigere Massendurchsatz  $\dot{m}_{Ki}$  des Förderrohres oder jedes beliebig anderen Förderrohres wird durch Zuführung eines Steuergasvolumenstromes  $\dot{V}_{SGi}$  in eine Mischstelle oder in ein Mischapparat der Förderrohre in Abhängigkeit des in einen Steuergasregler jedes Förderrohres eingegebenen Massenstromsollwertes indirekt proportional geregelt. Die Zuführung des Steuergasvolumenstromes über den Steuergasregler in die Förderrohre erfolgt in Abhängigkeit einer Regelgröße, die sich aus dem Vergleich Soll-Ist-Massenstrom ergibt. Dabei ist der Fluidisiergasvolumenstrom  $\dot{V}_G$  im Dosiergefäß auf solch

einen Wert einzustellen, daß mit der strömungstechnisch noch zulässigen minimalen Fließdichte im Förderrohr gefahren werden kann. Es besteht aber auch die Regelmöglichkeit den Fluidisiergasvolumenstrom  $\dot{V}_G$  gem. Gl. 1 über einen Mikroprozeßrechner in Abhängigkeit vom Massenstromsollwert

$$\sum_{i=1}^n \dot{m}_{Ki}$$

zu errechnen und als Führungsgröße dem Fluidisiergasregelventil als Festwert vorzugeben, so daß der kritische, erforderliche Fluidisiergasvolumenstrom nicht unterschritten wird.

Die Zugabe des Steuergasvolumenstromes  $\dot{V}_{SG}$  kann gleich zur Massenstromermittlung nach der bekannten Injektionsmethode ausgenutzt werden, wobei dann stets eine bestimmte Grundlast  $\dot{V}_{SG}$  auch bei maximaler Förderung anstehen muß, um die Massenstrommessung zu gewährleisten und um eine kritische minimale Fördergeschwindigkeit  $v_S$  nicht zu unterschreiten. Es ist bei dieser Regelung zweckmäßig, die Fließdichte  $\rho_{f1}$  bis zur Massenstrommeßstrecke relativ hoch einzustellen, damit zwecks Erzielung einer großen Meßgenauigkeit am Steuergas-Mischrohr eine große Dichteänderung  $\rho_{f1} - \rho_{f2}$  erreicht wird und trotzdem Dichtstrom erhalten bleibt. Aus diesem Grunde ist es vorteilhaft, den Fluidisiergasvolumenstrom  $\dot{V}_G$  nicht nach der gemessenen Dichte  $\rho_{f1}$  zu regeln, denn bei einer hohen Dichte kann der Fluidisiergasvolumenstrom leicht nach Null gehen und eine kritische Fließdichte  $\rho_{f1}$  verursachen, sondern gemäß Gl. (1) als Führungsgröße vorzugeben, so daß eine Fluidisierung gewährleistet bleibt.

Wenn aus dem Dosiergefäß mit einheitlicher Wirbelschicht mehrere Förderrohre münden, so wird zur Ermittlung des Fluidisiergasvolumenstromes  $\dot{V}_G$  die Summe der Massenströme  $\sum_{i=1}^n \dot{m}_{Ki}$

aller Förderrohre eingesetzt und diese Summe für die Kompensationsgasregelung

$$\dot{V}_{KG} = \frac{1}{\rho_S} \cdot \sum_{i=1}^n \dot{m}_{Ki}$$

genutzt und dieser Gasvolumenstrom dem Dosiergefäß zugeführt.

### Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird an zwei Ausführungsbeispielen erläutert. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1: Vereinfachtes Blockschema der Massenstromregelung mittels Kompensationsgas.

Fig. 2: Vereinfachtes Blockschema der Massenstromregelung mittels Steuergas.

### Ausführungsbeispiel 1

Bei der Ausführung des Verfahrens nach Figur 1 sollen 30000 kg/h Braunkohlenstaub mit einer Schüttdichte  $\rho_S = 500 \text{ kg/m}^3$  und einer Korndichte  $\rho_K = 1400 \text{ kg/m}^3$  aus einem Dosiergefäß 1, dessen Füllstand LICH mittels Zellenrad 11 konstant gehalten wird, über ein Förderrohr 8 zu einem Vergasungsreaktor 5 einer zugeordneten metallurgischen Anlage transportiert werden und zwischen 30 und 100 % regelbar sein. Die optimale Fließdichte des Förderstromes soll  $\rho_{F1} = 300 \text{ kg/m}^3$  betragen. Als Fluidisiergas 2 und Kompensationsgas wird Stickstoff mit einer Normdichte  $\rho_{G(N)} = 1,25 \text{ kg/m}^3$  verwendet, und die Zustandsgrößen im Dosiergefäß 1 betragen  $p = 3,0 \text{ MPa}$  und  $T = 293 \text{ K}$ . Die Meßstellen befinden sich unmittelbar am Ausgang des Dosiergefäßes 1.

Mit Gl. (1), (1.1) und (1.2) wird an einem Prozeßrechner 4 der Fluidisiergasvolumenstrom gemäß der Massenstromregelbreite mit  $\dot{V}_{G(N)} = 383$  bis  $1277 \text{ m}^3$  i.N./h ermittelt und als Führungsgröße über einen Variantenwahlschalter 13, Festwertregelung über Prozeßrechner 4 oder Dichteregelung QIC mit einem Regler 7, einem Fluidisiergasregelventil 12 eingegeben.

Gemäß Gl. (2) und (2.1) ergibt sich dann für ein Kompensationsgasregelventil 9 eine erforderliche Durchlaßfähigkeit von  $\dot{V}_{KG(N)} = 487$  bis  $1624 \text{ m}^3$  i.N./h, die über eine Rohrleitung 10 der mit dem Dosiergefäß 1 im Verbund stehenden Schleuse zugeführt wird. Die Regelung des Kompensationsgases 3 erfolgt mittels Regler 6 und Kompensationsgasregelventil 9 unter Verwendung der Regel- und Meßgröße  $\dot{m}_K$ .

#### Ausführungsbeispiel 2

Bei der Ausführung des Verfahrens nach Figur 2 sollen  $800 \text{ kg/h}$  Braunkohlenstaub mit einem Förderrohr 8 der lichten Weite von  $14 \text{ mm}$  aus dem Dosiergefäß 1 zu einer Windform 5 eines Hochofens mittels Luft ( $\rho_{G(N)} = 1,293 \text{ kg/m}^3$ ) bei einem Überdruck von  $0,2 \text{ MPa}$  und einer Temperatur von  $293 \text{ K}$  gefördert werden. Die Schüttdichte des Braunkohlenstaubes beträgt  $\rho_S = 500 \text{ kg/m}^3$  und die Korndichte  $\rho_K = 1400 \text{ kg/m}^3$ . Die Fließdichte nach einem Mischapparat 4  $\rho_{f2}$  soll mit Rücksicht auf den geringen Förderrohrquerschnitt  $260 \text{ kg/m}^3$  betragen. Da mit dem vorgesehenen Prozeßrechner 6 gleich der Massenstrom  $\dot{m}_K$  ermittelt werden soll, wird über einen Dichteregler 7 im Dosiergefäß 1 mittels Fluidisiergas 2 über Fluidisiergasregelventil 12 eine Fließdichte  $\rho_{f1} = 400 \text{ kg/m}^3$  vor dem Mischapparat 4 eingestellt. Die Fördergeschwindigkeiten  $v_S$  betragen vor dem Mischrohr des Mischapparates 4  $3,6 \text{ m/s}$  und danach  $5,6 \text{ m/s}$ . Durch Veränderung des Steuergasvolumenstromes  $\dot{V}_{SG}$  zum Mischapparat 4 kann der Massenstrom  $\dot{m}_K$  erhöht oder vermindert werden. Der erforderliche Kompensationsgasvolumenstrom 3  $\dot{V}_{KG}$  zur Auf-

231888 3

10

rechterhaltung eines konstanten Differenzdruckes  $P_{dIC}$  zwischen Dosiergefäß 1 und einer Windform 5 wird mittels des Differenzdruckreglers 13 und Kompensationsgasregelventil 9 dem Dosiergefäß 1 oder der Schleuse über Rohrleitung 10 zugeführt. Der Füllstand im Dosiergefäß 1 soll mittels Füllstandsregelung LICH und einem Zellenrad 11 konstant gehalten werden. Die Differenzdruckhöhe  $P_{dIC}$  ergibt sich aus dem maximalen Massenstrom und der Förderrohrlänge.

Erfindungsanspruch

1. Verfahren zur Messung und Regelung von Massenströmen feinkörniger Materialien bei der pneumatischen Förderung und Dosierung fester, staubförmiger und feinkörniger Brennstoffe und Stoffe für metallurgische Prozesse beliebiger Feststoffkonzentrationen und Systemdrücke, jedoch bevorzugt hoher Feststoffkonzentrationen zu den Windformen des Hochofens, zu Kupolöfen, Kupferschachtöfen und ähnlichen metallurgischen Einrichtungen, zur Beheizung von Siemens-Martin-Öfen, in Metallbäder zum Zwecke des Frischens, Legierens, Raffinierens und ähnlichen metallurgischen Vorgängen und Messung der Massenströme in dem oder den Förderrohren nach bekannten Meßmethoden, gekennzeichnet dadurch, daß die Staubstromregelung allein mit einer sogenannten Kompensationsgasregelung  $\dot{V}_{KG}$  vorgenommen wird, wenn der zur Einstellung der strömungstechnisch erforderlichen Fließdichte  $\rho_{f1}$  im Förderrohr notwendige Fluidisiergasvolumenstrom  $\dot{V}_G$  nach der gefundenen Beziehung

$$\dot{V}_G = \dot{m}_K \cdot \frac{(\rho_K - \rho_G) \cdot (\rho_S - \rho_{f1})}{\rho_K (\rho_S - \rho_G) \cdot (\rho_{f1} - \rho_G)} \quad \text{Gl. 1}$$

errechnet und direkt im Dosiergefäß dem mit Schüttdichte  $\rho_S$  vorliegenden Feststoff über einen Fluidisierboden zugeführt wird, so daß sich die Massenstromregelung auf eine einfache Regelung des im Dosiergefäß oder in der mit ihr in Verbindung stehenden Vorratsschleuse zu kompensierenden Schüttvolumen  $\dot{V}_{KG} = \frac{\dot{m}_K}{\rho_S}$  reduziert, wobei die Sollwertvor-

gabe des Fluidisiergases, in Abhängigkeit des Massenstromsollwertes  $\dot{m}_K$  mittels Prozeßrechner und Gl. 1 ermittelt, dem Fluidisiergasregler ständig als Führungsgröße eingegeben wird und wobei der Kompensationsgasvolumenstrom  $\dot{V}_{KG}$  nicht in die Schüttung in unmittelbarer Nähe des Fluidisierbodens zugegeben wird.

2. Verfahren nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß mittels Kompensationsgasregelung in Abhängigkeit eines maximal erforderlichen Differenzdruckes  $P_{dIC}$  zwischen Dosiergefäß und Verbraucher dieser Differenzdruck zur Sicherung des maximal erforderlichen Massendurchsatzes konstant gehalten wird und ein tatsächlich erforderlicher, niedrigerer Massendurchsatz  $\dot{m}_{Ki}$  des Förderrohres oder jedes beliebigen, anderen Förderrohres durch Zuführung eines Steuergasvolumenstromes  $\dot{V}_{SGi}$  in eine Mischstelle der Förderrohre in Abhängigkeit des in den Steuergasregler jedes Förderrohres eingegebenen Massenstromsollwertes indirekt proportional geregelt wird, wobei der Fluidisiergasvolumenstrom  $\dot{V}_G$  im Dosiergefäß mittels Dichtemeßsonde  $\rho_{f1}$  des Förderrohres und dem Fluidisiergasregler auf solch einen Wert eingestellt wird, daß mit der strömungstechnisch noch zulässigen, minimalen Fließdichte im Förderrohr gefahren wird oder wobei der Fluidisiergasvolumenstrom  $\dot{V}_G$  gemäß Gl. 1 über einen Mikroprozessor in Abhängigkeit vom Massenstromsollwert

$$\sum_{i=1}^n \dot{m}_{Ki}$$

errechnet und als Führungsgröße dem Fluidisiergasregelventil als Festwert vorgegeben wird, so daß der kritische, erforderliche Fluidisiergasvolumenstrom nicht unterschritten wird.

3. Verfahren nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß die strömungstechnisch erforderliche Fließdichte  $\rho_{f1}$  im Förderrohr mittels einer radiometrischen Dichtemeßsonde und des Fluidisiergasreglers ständig geregelt wird und Dichteschwankungen durch Massenstromänderungen ausgleicht.
4. Verfahren nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß aus dem Dosiergefäß mit einer einheitlichen Wirbelschicht mehrere Förderrohre münden und zur Ermittlung des Fluidisiergasvolumenstromes  $\dot{V}_G$  die Summe der Massenströme  $\sum_{i=1}^n \dot{m}_{Ki}$

231888 3

13

aller n Förderrohre eingesetzt wird und auch diese Summe bei der Kompensationsgasregelung

$$\dot{V}_{\text{KG}} = \frac{1}{\rho_{\text{S}}} \sum_{i=1}^n \dot{m}_{\text{Ki}}$$

eingeht und dieser Gasvolumenstrom dem Dosiergefäß zugeführt wird.

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen

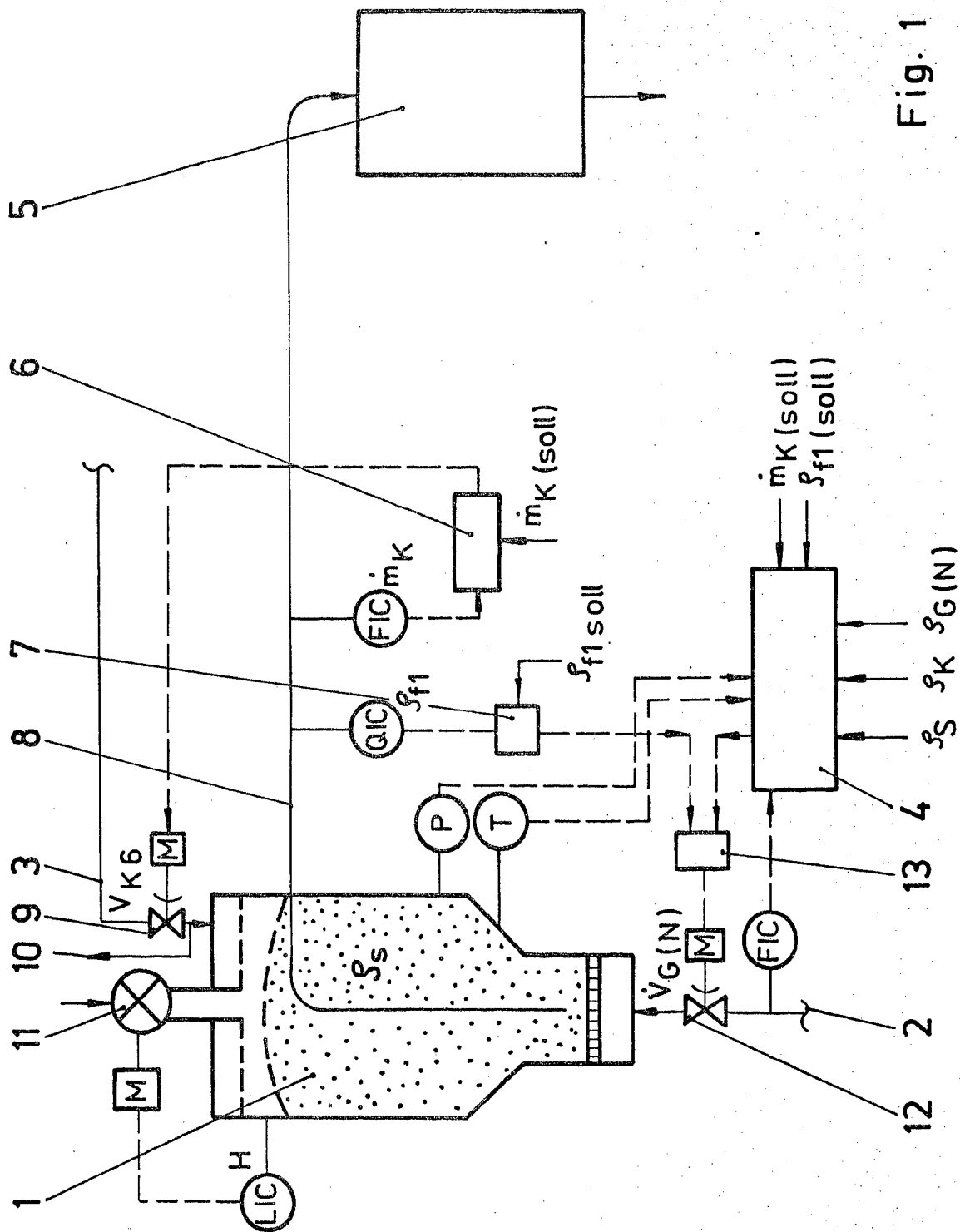


Fig. 1

