(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
30. April 2009 (30.04.2009)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2009/053073 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
Nicht klassifiziert

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2008/008980

(22) Internationales Anmeldedatum:
23. Oktober 2008 (23.10.2008)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2007 051 135.5
24. Oktober 2007 (24.10.2007) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US)*: **KATZ, Elisabeth** [DE/DE]; Ahornweg 8, 72226 Simmersfeld (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: **KLEIN, Albert** [DE/DE]; Ahornweg 8, 72226 Simmersfeld (DE).

(74) Anwalt: **SCHÖN, Thilo**; Frank Wacker Schön, Schwarzwaldstrasse 1A, 75173 Pforzheim (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** DEVICE FOR THE ONLINE DETERMINATION OF THE CONTENTS OF A SUBSTANCE, AND METHOD FOR USING SUCH A DEVICE

(54) **Bezeichnung:** VORRICHTUNG ZUR ONLINE-BESTIMMUNG DES GEHALTS EINER SUBSTANZ UND VERFAHREN UNTER VERWENDUNG EINER SOLCHEN VORRICHTUNG

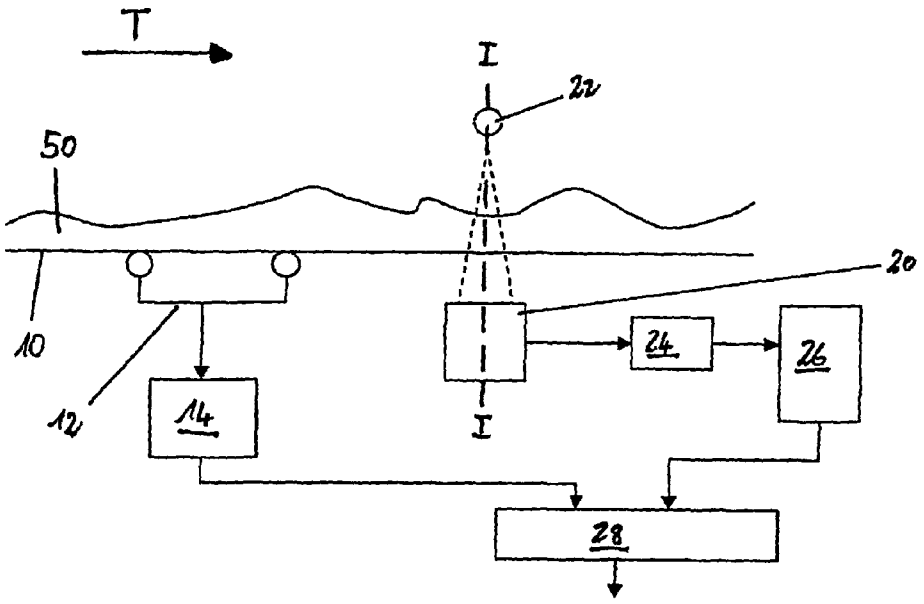


Fig. 1

(57) **Abstract:** The invention relates to a device for the online determination of the contents of a substance having a gamma-radiating isotope. The device comprises at least one detector, which measures the natural gamma radiation of said isotope. In order to be able to easily calibrate the device, a measurement is carried out at the same location for determining the surface dimensions of the substance within the detection region of the detector or of a representative partial region.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2009/053073 A2

TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

(57) Zusammenfassung: Es wird eine Vorrichtung zur Online-Bestimmung des Gehaltes einer Substanz, welche ein gammastrahlendes Isotop aufweist, beschrieben. Die Vorrichtung umfasst mindestens einen Detektor, welcher die natürliche Gammastrahlung dieses Isotopes misst. Um die Vorrichtung einfach kalibrieren zu können, wird von der Vorrichtung ortsgleich eine Messung zur Bestimmung der Flächenmasse der Substanz im Erfassungsbereich des Detektors oder eines repräsentativen Teilbereichs durchgeführt.

Vorrichtung zur Online-Bestimmung des Gehalts einer Substanz und Verfahren unter Verwendung einer solchen Vorrichtung

Beschreibung

Technisches Gebiet der Erfindung

In der industriellen Meßtechnik wird die Messung der natürlichen Gammastrahlung einer Substanz zur Bestimmung verschiedener Matrialparameter dieser Substanz eingesetzt.

Insbesondere wird dieses Verfahren zur Bestimmung des Aschegehaltes von Kohle und der Bestimmung des Kaligehaltes von Kalisalz eingesetzt. Bei der Kaligehaltsmessung bestimmt man die Konzentration des radioaktiven Isotops K-40, das weltweit in der gleichen Konzentration in Kali enthalten ist. Bei der Aschegehaltsmessung kommen noch weitere radioaktive Isotope, die in der Asche enthalten sind, hinzu.

Bei einem ausreichend großen Meßvolumen, wenn die Messtiefe so groß ist, dass Sättigung eintritt, benötigt man lediglich einen großflächigen Detektor oder ein Detektor-Array, um in angemessener Zeit eine statistisch abgesicherte Zahl von Ereignissen zu detektieren und so nach entsprechender Kalibration die gewünschten Meßgrößen zu bestimmen. Dies ist im Allgemeinen der Fall, wenn der Detektor z.B. an einem Bunker angebracht wird.

In vielen Fällen ist aber eine Messung an Förderbändern oder unter anderen Meßbedingungen erwünscht, bei denen die sogenannte Sättigungsschichtdicke nicht erreicht wird. In diesen Fällen muß entweder die Schicht konstant gehalten werden oder es muss eine Kompensation der Schichtdicke oder allgemein des zur Verfügung stehenden Meßvolumens erfolgen.

BESTÄTIGUNGSKOPIE

Stand der Technik

Am meisten verbreitet ist hierbei die Messung an Förderbändern. Zur Kompensation der Bandbelegung benutzt man hierbei vornehmlich Bandwaagen. Hierbei kommen sowohl radiometrische als auch mechanische Bandwaagen zum Einsatz. Diese Aggregate sind entweder bereits beim Einbau der Konzentrationsbestimmung vorhanden, da die Bestimmung des Massenstroms von generellem Interesse ist, oder werden im Rahmen des Einbaus der Messeinrichtung installiert. Bei radiometrischen Bandwaagen wird hierbei der Detektor für die Bestimmung der natürlichen Gammastrahlung so weit von der Strahlung der Bandwaage entfernt eingebaut, daß die Messung der natürlichen Gammastrahlung durch diese radioaktiven Quellen nicht gestört wird. Bei mechanischen Bandwaagen ist meist der für die Messung erfaßte Bandabschnitt deutlich größer als der vom Detektor für die natürliche Gammastrahlung erfaßte Abschnitt. Dies führt dazu, daß statische Kalibrierungen (Kalibrierungen bei stehendem Band mit Hilfe meist schon im Voraus analysierter Proben) sehr schwierig und aufwendig und oft ungenau sind. Es werden entweder große Probenmengen benötigt oder die Probe muß verschoben werden, ohne daß das Flächengewicht und die Form bzw. das Querschnittsprofil der Probe verändert wird. Dies geschieht in Praxis dadurch, dass das Förderband, auf dem die zur Kalibrierung vorgesehene Probe – oft mehr als hundert Kilogramm – liegt, von Hand bewegt wird, so dass die Probe zwischen Bandwaage und Strahlungsdetektor verschoben wird. Bei dynamischen Messungen, d.h. bei Messungen mit laufendem Förderband unter betriebsähnlichen Bedingungen tritt dieses Problem zwar nicht auf, aber es müssen sehr große Materialmengen beprobt werden, was ebenfalls aufwendig und mit Fehlern behaftet ist.

Gegenstand der Erfindung

Ziel der vorliegenden Erfindung ist es eine Anordnung zu schaffen, die eine statische Kalibrierung mit einer vergleichsweise kleinen Probemenge ermöglicht, wobei diese Probe bei der Kalibrierung nicht veschoben wird.

Diese Aufgabe wir durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruch 1 gelöst.

Erfindungsgemäß wird die Messung der natürlichen Gammastrahlung und die der Flächenmasse ortsgleich durchgeführt. Wird zur Bestimmung der Flächenmasse eine mechanische Bandwaage eingesetzt, so muss entweder dafür gesorgt werden, dass der eingesetzte Strahlungsdetekor oder die eingesetzten Strahlungsdetektoren den gesamten Bereich der Substanz erfassen, deren Masse von der mechanischen Bandwaage erfasst wird, oder es muss dafür gesorgt werden, dass der vom Detektor erfasste Bereich repräsentativ für die von der Bandwaage gemessene Substanz ist.

In einer bevorzugten Ausführungsform gemäß Anspruch 2 wird für die Bestimmung des Flächengewichtes ein Gamma- oder Röntgenstrahler eingesetzt, welcher die Substanz durchstrahlt und wobei die durch die Substanz transmittierte Strahlung zumindest teilweise auf den Detektor zur Messung der natürlichen Radioaktivität trifft, sodass dieser Detektor sowohl zur Messung der natürlichen Radioaktivität der Probe als auch der Messung der Abschwächung der eingestrahlten Strahlung und somit der Bestimmung der Flächenmasse dient. Es müssen jedoch Mittel vorhanden sein, welche die vom Detektor gemessene Intensität der Gammastrahlung des Isotopes und die der transmittierten Strahlung unterscheidbar machen. Dies kann auf wenigstens zwei Arten erreicht werden:

Zum einen ist es möglich, einen Detektor einzusetzten, der über eine ausreichende Energieauflösung verfügt. Der mindestens eine zusätzliche radioaktive Strahler emittiert Energiequanten, deren Energien sich von den Energien der natürlichen radioaktiven Strahlung so stark unterscheidet, daß bei simultaner Erfassung die natürliche Gammastrahlung und die durch das bzw. die Nuklide/Röntgenröhre verursachte Strahlung getrennt werden kann. Für die Auswertung wird zu diesem Zwecke dem Detektor beispielsweise ein Vielkanalanalysator nachgeschaltet, der das Spektrum der auftretenden Strahlung erfaßt. In einer Auswerteeinheit kann dann die natürliche und die durch das bzw. die Nuklide/Röntgenröhre verursachte

Strahlung getrennt und die belegungskompensierte Konzentration berechnet werden. Geeignete Nuklide sind insbesondere Cobalt, Americium und Cäsium.

Ist die natürliche Gammastrahlung auf wenige Spektral-Linien beschränkt, kann die Vielkanalanalysator auch durch eine ausreichende Anzahl von Diskriminatoren ersetzt werden, mit denen die Trennung der Spektral-Linien und der im wesentlichen durch den Comptoneffekt verursachten Verschleppung von Impulsen in den niederenergetischen Bereich möglich ist.

Alternativ hierzu kann gemäß Anspruch 8 die Trennung der Signale der einzelnen Strahler untereinander und der natürlichen Gammastrahlung dadurch erreicht werden, dass die Strahlung der Nuklide/der Röntgenröhre alternierend ausgeblendet wird, wobei ein gechoppter Betrieb besonders vorteilhaft ist (Anspruch 9).

Die erfindungsgemäße Vorrichtung eignet sich gemäß Anspruch 18 insbesondere zur Bestimmung des Kaligehaltes in Kalisalz und gemäß Anspruch 20 zur Bestimmung des Aschegehalts in Kohle.

Weitere bevorzugte Ausführungsformen ergeben sich aus den weiteren Unteransprüchen.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

Es zeigen:

Figur 1	Eine schematische Darstellung einer ersten Ausführungsform der Erfindung,
Figur 2	einen Querschnitt entlang der Linie I-I aus Figur 1, ebenfalls in schematischer Darstellung, wobei unterschiedliche Mengen an Sub stanz eingezeichnet sind,
Figur 3	typische Spektren bei unterschiedlichen Substanzmengen,
Figur 4	den Messbereich bei Vorhandensein von zwei Kollimatoren in schematischer Darstellung,

Figur 5 ein zweites Ausführungsbeispiel der ersten Ausführungsform in schematischer Darstellung und

Figur 6 eine zweite Ausführungsform der Erfindung.

Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen

Die Figur 1 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel einer ersten Ausführungsform der Erfindung mit einer stark schematisierten Darstellung. Die hier dargestellte Vorrichtung dient der Bestimmung der Gesamtkaliumförderung auf einem Förderband 10. Auf dem Förderband 10 wird Kaliumsalz 50 in Richtung T gefördert. Ziel der dargestellten Vorrichtung ist es, die Gesamtfördermenge an Kalium pro Zeiteinheit zu bestimmen. Hierzu weist die Vorrichtung eine mechanische Bandwaage 12 mit entsprechender Auswerte-Einheit 14 auf. Die mechanische Bandwaage 12 mit Auswerteeinheit 14 dient dazu, die Gesamttonage an Kaliumsalz zu bestimmen. Da der Kalium-Anteil im Kaliumsalz schwanken kann, kann aus der Gesamttonage nicht unmittelbar auf die Kalium-Tonage geschlossen werden. Es ist deshalb eine Messvorrichtung vorhanden, welche den prozentualen Anteil des Kaliums im Kaliumsalz bestimmt.

Diese Messeinrichtung umfasst eine Cäsium 137 Quelle 22, welche in diesem Ausführungsbeispiel oberhalb des Förderbandes 10 angeordnet ist, und einen Detektor 20, welcher unterhalb des Förderbandes 10 angeordnet ist. Der Detektor kann beispielsweise ein NaJ-Detektor sein. Die Messeinrichtung umfasst weiterhin einen dem Detektor 20 nachgeschalteten Vielkanal-Analysator 24 sowie einen Messcomputer 26 zur Auswertung der Signale des Vielkanal-Analysators 24. Der Ausgang der Auswerteeinheit der Bandwaage 14 und der Ausgang des Messcomputers 26 sind mit einer Ausgabe-Einheit 28 verbunden, welche die gewünschten Informationen darstellt und ausgibt, beispielsweise Gesamtstunden-Tonage an Kaliumsalz sowie die Gesamtstunden-Tonage an Kalium.

Die Funktionsweise der Messeinrichtung wird nun mit Bezug auf die Figuren 1 bis 3 näher erläutert, wobei die Figur 2 einen Schnitt durch das Förderband an der Stelle der Messeinrichtung zeigt und unterschiedlich hohe Schüttungen des zu

messenden Kalisalzes auf dem Förderband 10 eingezeichnet sind. Hierbei steht die gepunktete Linie für die maximale Schüttung, die durchgezogene Linie für eine mittlere Schüttung und die gestrichpunktete Linie für eine geringe Schüttung. Die Cäsium 137-Quelle 22 durchstrahlt zumindest einen Teil des auf dem Förderband 10 geförderten Kaliumsalzstromes, wobei die Geometrie so eingerichtet ist, dass die gesamte, durch das Kaliumsalz transmittierte Strahlung auf den Detektor 20 auftrifft. Die von der Cäsium 137-Quelle 22 abgestrahlten Gammaquanten haben eine Energie von 660 eV, so dass die Absorption dieser Strahlung von der durchstrahlten Substanzmenge, nämlich von der Flächenmasse in bekannter Art und Weise abhängt.

Neben der - gegebenenfalls durch das Kaliumsalz transmittierten - Strahlung der Cäsium 137-Quelle 22 trifft auf den Detektor 20 weiterhin die in den entsprechenden Raumrichtungsbereich abgegebene natürliche Strahlung des Kalium-Isoptopes K-40 mit einer Quantenenergie von 1,461 MeV. Die maximale Schüttung des Kalisalzes ist so, dass weder eine nahezu vollständige Absorption der 660 keV-Strahlung, noch eine Sättigung der natürlichen Gammastrahlung des K 40 eintritt. Somit ergeben sich für verschiedene Schüttungen Spektren, wie sie beispielhaft in Figur 3 dargestellt sind:

Bei geringer Schüttung (gestrichpunktete Linie) ist die Absorption der Cs-137-Strahlung gering, das vom Detektor 20 gemessene Signal groß. Das Signal der natürlichen K-40-Strahlung bei 1,461 MeV ist entsprechend klein. Wird bei gleichbleibender Zusammensetzung der durchstrahlten Substanz deren Schütthöhe vergrößert, so verringert sich entsprechend der Peak bei 660 keV, während sich der Peak bei 1,461 MeV entsprechend vergrößert. Die durchgezogene Linie zeigt das Spektrum der mittleren Schüttung, die gepunktete Linie das Spektrum der hohen Schüttung.

Betrachtet man die Abhängigkeit der Zählrate der K-40-Strahlung in Abhängigkeit der Schichtdicke in linearer Näherung, so ergibt sich folgender Zusammenhang:

$$\frac{F_{K-40-Peak}}{\ln \frac{F_{Cs-137-Peak}}{F_{leer}}} = konst(Konz_{K-40})$$

mit:

$F_{K-40-Peak}$ = Fläche unter dem K-40-Peak

$F_{Cs-137-Peak}$ = Fläche unter dem Cs-137-Peak

F_{leer} = Fläche unter dem Cs-137-Peak bei leerem Förderband

$konst(Konz_{K-40})$ = Konstante, die bei gegebener Geometrie nur von der K-40-Konzentration abhängt.

Man könnte diesen Ansatz als „semilinearen" Ansatz bezeichnen. Dieser ist dann möglich, wenn man durch starke Kollimation eine einfache Messgeometrie erreichen kann und wenn die maximale betrachtete Schüttung nicht sehr groß ist.

Die Flächen unter den Peaks und den entsprechenden Quotienten kann man unmittelbar bestimmen, so dass man bei einer Änderung des Quotienten unmittelbar auf eine Änderung des K-40 und somit des Kalium-Gehaltes schließen kann. Die Abhängigkeit von $konst(Konz_{K-40})$ von der K-40-Konzentration kann man häufig als linear betrachten.

Um eine höhere Genauigkeit zu erzielen, wird man zumeist berücksichtigen, dass die Zählrate des K-40-Signals nicht linear mit der Belegung ansteigt, da die detektornahe Schicht Photonen aus der detektorfernen Schicht absorbiert. Bei sehr großen Schichtdicken tritt hier eine Sättigung ein, hier ist das beschriebene Näherungsverfahren nicht mehr einsetzbar. Ferner muss man berücksichtigen, dass bei größeren Schichtdicken das an der Kalium-Messung beteiligte Volumen nicht linear sondern stärker ansteigt, da auch von der Seite mehr Strahlung in den Detektor fällt. Das erfasste Volumen ist somit kein Zylinder, eher ein Kegel. Der Öffnungswinkel kann durch einen Kollimator definiert werden. Die für die Auswertung erforderlichen Algorithmen sind bekannt und werden derzeit beispielsweise bei Kalibandwaagen oder Aschegehaltsmessgeräten, die auf der Messung natürlicher Gammastrahlung basieren, eingesetzt.

In der Praxis wird man entsprechende Kalibrationskurven erzeugen, indem man Messungen mit unterschiedlich hohen Schüttungen durchführt. Die Kalibration ist jedoch wenig aufwendig, da einerseits nur eine relativ geringe Materialmenge benötigt und da andererseits keine Bewegung des Förderbandes notwendig ist. Die statische Kalibrierung ermöglicht es, eine Probe bei verschiedenen Schichtdicken (Schüttungen) auf einfache Weise zu messen.

Die Kalibrierung und die mathematische Behandlung wird erheblich vereinfacht, wenn der durchstrahlte Bereich der Substanz, welcher vom Detektor 20 "gesehen" wird, identisch mit dem Bereich der Substanz ist, dessen K-40-Strahlung auf den Detektor 20 auftrifft. Um dies zu erreichen, können ein oberer und ein unterer Kollimator 23,21 vorhanden sein (Figur 4), welche den betrachteten Raumbereich definieren. Insbesondere der untere Kollimator 21 ist von erheblicher Bedeutung, da sonst auch K-40-Strahlung von Substanz gemessen wird, welche nicht in einem Bereich liegt, welcher von der Cäsium 137-Quelle 22 durchstrahlt wird und deren transmittierte Strahlung auf den Detektor 20 aufkommt. Der untere Kollimator muss für die 1,461 MeV-Strahlung im wesentlichen undurchdringlich sein und besteht vorzugsweise aus Blei.

Ein Spektrum, wie es in Figur 3 dargestellt ist, wird vom Vielkanal-Analysator 24 erzeugt und vom Messcomputer 26 mit den bekannten Algorithmen ausgewertet. Da die beiden Peaks einen großen Abstand voneinander haben, wäre es auch möglich, den Vielkanal-Analysator 24 durch eine Diskriminatorschaltung zu ersetzen.

Die Figur 5 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel der ersten Ausführungsform der Erfindung, welche ohne Vielkanal-Analysator oder Diskriminatorschaltung auskommt. Das Messprinzip ist grundsätzlich dasselbe wie oben beschrieben, es werden nämlich die Peaks bei 660 keV und 1,461 MeV betrachtet. Um hier unterscheidbar zu machen, welche vom Detektor 20 gemessene Impulse von welcher Strahlungsquelle kommen, ist im Strahlengang der Cs-137 Quelle 22 oberhalb des Förderbandes 10 ein aus einem Blendenrad 32 und einem Motor 34 beste-

hender Strahlzerhacker 30 (Chopper) angeordnet. Die Signale des Detektors 20 werden einem Pulszähler 25 zugeleitet, welcher vom Strahlzerhacker 30 synchronisiert wird, so dass der Pulszähler 25 "weiß", welche gezählten Pulse zum 660 keV und welche Pulse zur Summe aus 660 keV und 1,461 MeV-Peak gehören. Bei der Auswertung muss hier zunächst die Differenz gebildet werden, so dass man separate „Zählraten" für die beiden Energien erhält. Die rechnerische Auswertung entspricht dem oben Beschriebenen.

Die Figur 6 zeigt schematisch eine zweite Ausführungsform der Erfindung. Wie oben dargelegt wurde, dient die Messung der Absorption der von der Cäsum-137 Quelle 22 kommenden Strahlung der Bestimmung der Masse des Messbereiches des Kaliumsalzes, also der Bandbelegung in einem bestimmten Bandabschnitt. Diese Information kann natürlich grundsätzlich auch durch die mechanische Bandwaage erhalten werden, wobei hier jedoch zu beachten ist, dass die betrachtete Substanzmenge relativ groß ist. Idealerweise sind der Bereich, dessen Masse von der Bandwaage 12 gemessen wird, und derjenige Bereich, dessen natürliche K-40-Strahlung gemessen wird, identisch, wie dies in Figur 6 schematisch angedeutet ist. Auch hier wird der Messbereich durch einen Kollimator 60 bestimmt. Ein Nachteil der zweiten Ausführungsform gegenüber der ersten Ausführungsform ist, dass man zum Kalibrieren wesentlich größere Mengen des Kaliumsalzes benötigt.

Als weitere Alternative zur Kompensation der Schütthöhe kann ein Oberflächenscanner eingesetzt werden, welcher am Ort der Bestimmung der K-40 Strahlung das Profil des auf dem Förderband geförderten Kalisalzes misst. Bei Annahme konstanter Dichte kann aus der Kenntnis des Profils die Masse berechnet werden, welche vom Detektor 20 „gesehen" wird, so dass auch hier eine entsprechende Belegungskompensation durchgeführt werden kann. Ein solcher Oberflächenscanner kann beispielsweise mit Lasern arbeiten.

Die vorliegende Erfindung wurde anhand der Bestimmung der Kaliummenge in einem Kalisalz dargestellt. Diese Methode kann jedoch grundsätzlich auch bei anderen Substanzen angewendet werden, solange diese Isotope haben, welche

Gammastrahlen einer passenden Wellenlänge aussenden, und bei denen sichergestellt ist, dass die Isotopenverteilung konstant und bekannt ist.

Bezugszeichenliste

10	Förderband
12	meachanische Bandwaage
14	Auswerte-Einheit der Bandwaage
20	Detektor
21	unterer Kollimator
22	Cs-137-Quelle
23	oberer Kollimator
24	Vielkanal-Analysator
25	Pulszähler
26	Messcomputer
28	Ausgabe-Einheit
30	Chopper
32	Blendenrad
34	Motor
50	Kalisalz
60	Kollimator

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Online-Bestimmung des Gehaltes einer Substanz, welche ein gammastrahlendes Isotop aufweist, wobei die Vorrichtung mindestens einen Detektor (20) umfasst, welcher die natürliche Gammastrahlung dieses Isotopes misst,
dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung ortsgleich eine Messung zur Bestimmung der Flächenmasse der Substanz im Erfassungsbereich des Detektors (20) oder eines repräsentativen Teilbereichs durchführt.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Gamma- oder Röntgen-Strahler (22) vorhanden ist, welcher die Substanz durchstrahlt, wobei die durch die Substanz transmittierte Strahlung zumindest teilweise auf den Detektor (20) trifft, so dass der Detektor auch die transmittierte Strahlung misst, und dass Unterscheidungsmittel vorhanden sind, welche die vom Detektor gemessene Intensität der Gammastrahlung des Isotopes und die der transmittierte Strahlung unterscheidbar machen.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Gamma- oder Röntgenstrahler ein Americium-, Cäsium- oder Cobaltstrahler ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Gamma- oder Röntgenstrahler eine Röntgenröhre ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der vom Detektor (20) erfasste Bereich durch mindestens einen Kollimator (21) eingeschränkt wird.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Unterscheidungsmittel einen dem Detektor (20) nachgeschalteten Vielkanal-Analysator (24) umfassen.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Unterscheidungsmittel einen dem Detektor nachgeschalteten Diskriminator zur Realisierung von Schwellen beziehungsweise Fenstern umfassen.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Unterscheidungsmittel einen zwischen Gamma- oder Röntgen-Strahler und Substanz angeordneten Strahlunterbrecher (32) umfassen.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Strahlunterbrecher getaktet arbeitet (Chopper).

10. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Substanz mit Hilfe eines Transportmittels durch die Messeinrichtung transportiert wird.

11. Vorrichtung nach Anspruch 2 und Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Transportmittel von dem Gamma- oder Röntgen-Strahler durchstrahlt wird.

12. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet daß der Substanzstrom auf einem Förderband (10) gefördert wird.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß sie weiterhin eine Einrichtung zur Massenstrommessung aufweist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13 ,dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung zur Massenstrommessung eine mechanische Bandwaage (12) ist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung zur Massenstrommessung eine radiometrische Bandwaage ist.

16. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß unter Annahme einer konstanten Dichte die Flächenmasse mit mindestens einem Abstandssensor bestimmt wird.

17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß durch zusätzliche Messung der Materialgeschwindigkeit der Massenstrom bestimmt wird.

18. Verfahren unter Verwendung einer Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die zu messende Substanz Kalium enthält und die Konzentration des radioaktiven Isotop K-40 bestimmt wird.

19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß aus der K40-Konzentration der Kaligehalt und in Kombination mit einer Massenstrommessung die Kali-Förderrate und die Kaliförderung in einem bestimmten Zeitraum bestimmt wird.

20. Verfahren unter Verwendung einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die zu messende Substanz Kohle ist und die natürliche Gammastrahlung zur Bestimmung des Aschegehaltes herangezogen wird und in Kombination mit einer Massenstrommessung die geförderte Aschemenge und der Ascheinhalt einer Charge bestimmt wird.

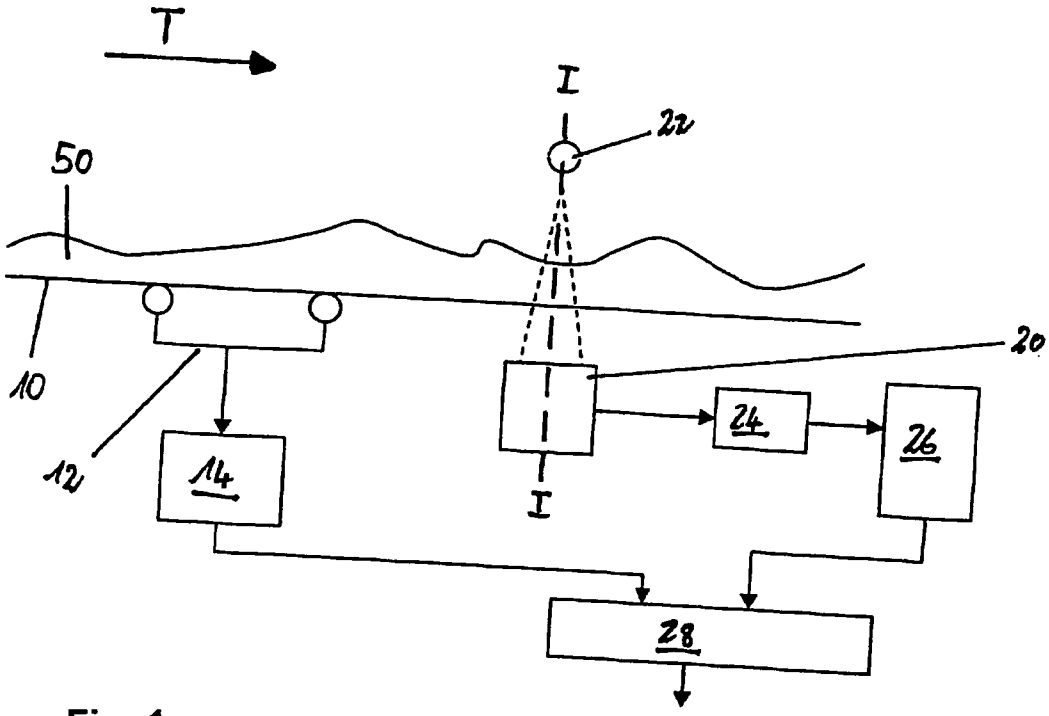


Fig. 1

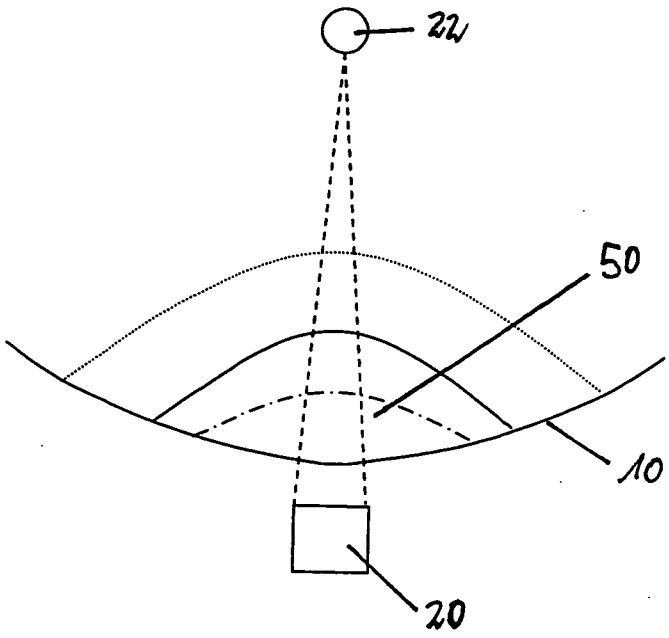


Fig. 2

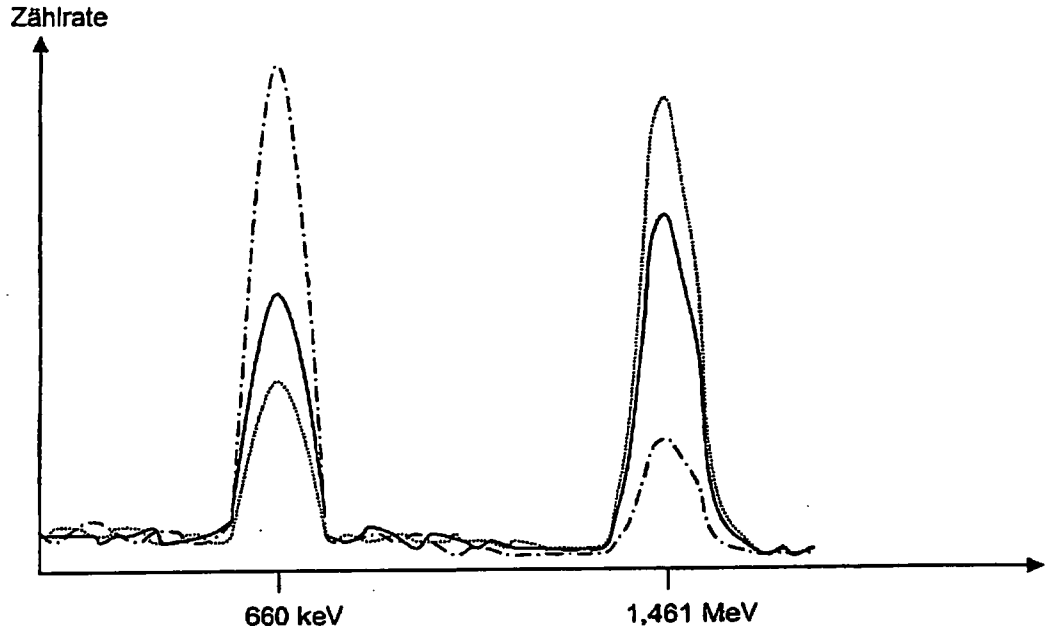


Fig. 3

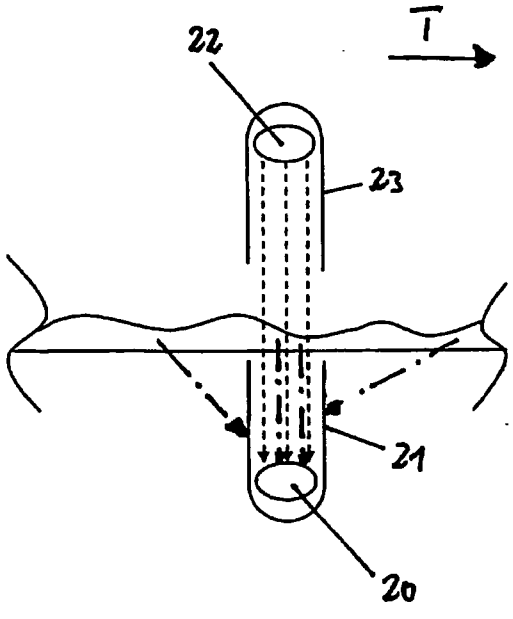


Fig. 4

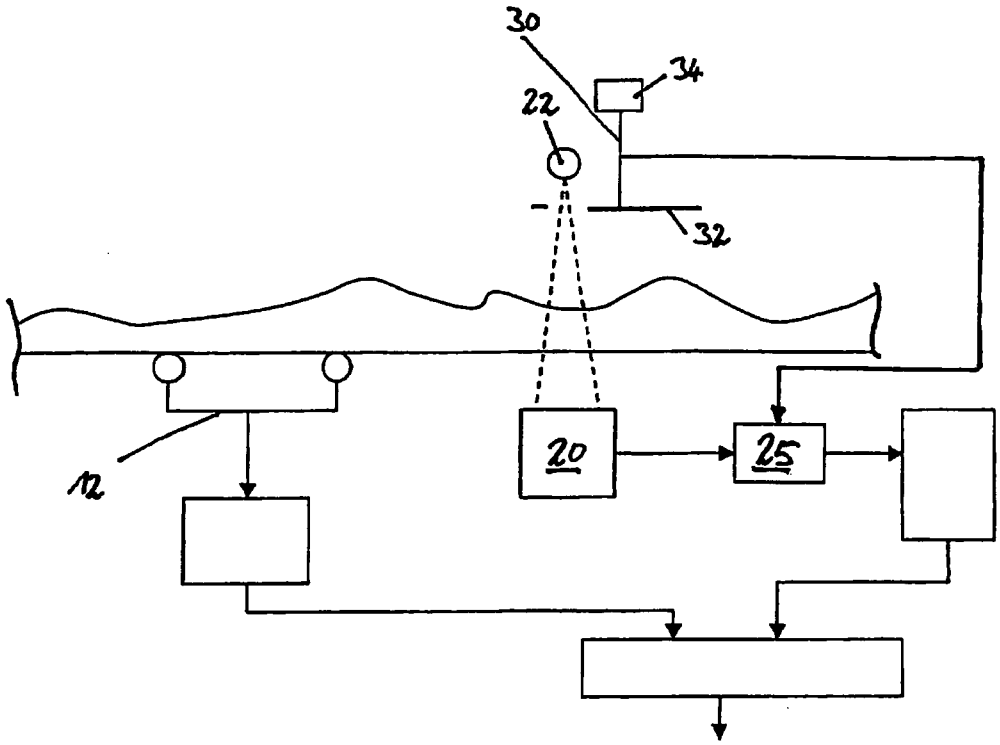


Fig. 5

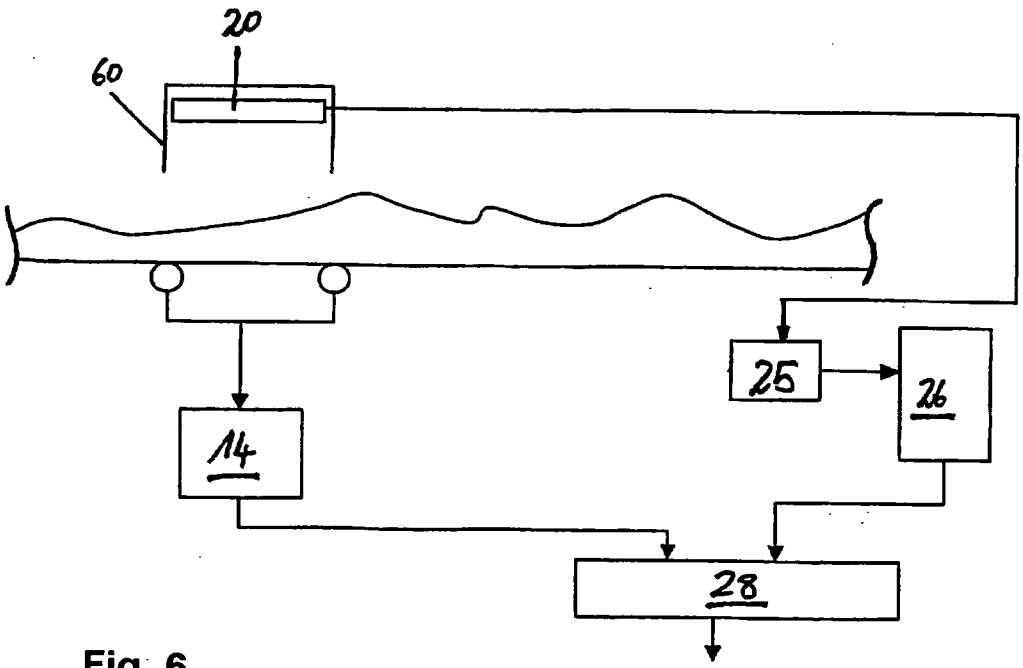


Fig. 6