



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) **DD** (11) **228 901 A1**

4(51) G 01 N 23/05
G 01 N 33/46

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP G 01 N / 268 539 8 (22) 19.10.84 (44) 23.10.85

(71) VEB Zellstoff- und Papierfabrik Trebsen, 7247 Trebsen, Fabrikstraße, DD
(72) Köditz, Kurt; Scheidewig, Günter, Dipl.-Ing.; Mey, Jürgen, Dipl.-Ing.; Rasch, Matthias, Dipl.-Ing.; Korell, Udo,
Dr. Dipl.-Forsting.; Zeuner, Albert, Dr. Dipl.-Chem., DD

(54) Verfahren und Vorrichtung zur kontinuierlichen Feuchtemessung von Massenschüttgütern aus Holz

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur kontinuierlichen Feuchtemessung von Massenschüttgütern aus Holz. Sie hat sich die Aufgabe gestellt, eine Lösung zu erarbeiten, die es gestattet, den Feuchtegehalt eines Schüttgutstromes, unabhängig von dessen Temperatur, mit einer für die industrielle Prozeßführung hinreichenden Genauigkeit kontinuierlich zu erfassen und anzuzeigen. Die Aufgabe wird dadurch gelöst, daß in einem kontinuierlichen fließenden Schüttgutstrom Feldverteilungen schneller Neutronen und Gammaquanten erzeugt werden, und daß die durch die Feuchte bzw. Dichte bewirkten Veränderungen der Eigenschaften der Neutronen- bzw. Gamma-Strahlung registriert werden und aus den Meßwerten und/oder in Beziehung zueinander der mittlere Feuchtegehalt des Schüttgutes rechnerisch ermittelt und angezeigt wird.

Erfindungsanspruch:

1. Verfahren zur kontinuierlichen Feuchtemessung von Massenschüttgütern aus Holz, **dadurch gekennzeichnet**, daß in einem kontinuierlich fließenden Schüttgutstrom (10) von gleichbleibendem Querschnitt und gleichbleibender Länge dem Schüttgutstromquerschnitt angepaßte Feldverteilungen schneller Neutronen und Gammaquanten erzeugt werden und daß die durch die Feuchte bzw. Dichte bewirkten Veränderungen der Eigenschaften der Neutronen- bzw. Gamma-Strahlung registriert werden und aus den Meßwerten und/oder in Beziehung zueinander der mittlere Feuchtegehalt des Schüttgutes (10) rechnerisch ermittelt und angezeigt wird.
2. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Punkt 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß sie aus einem vertikalen, oben offenen Meßkanal (1) besteht, in dem längs oder parallel zur Mittelachse lagestabil eine oder mehrere Neutronen- (4) und Gammaquellen (3) neben- oder hintereinander in einem Schutzrohr (7) mit Halterung (9) angeordnet sind und daß sich im Schutzrohr (7) oder am Umfang des Meßkanals (1) zwei oder mehrere Detektoren (3, 5) zur Erfassung der abgebremsten Neutronen oder geschwächten Gammaquanten befinden, die in Verbindung mit Strahlungsmeßgeräten (11) die Impulsraten liefern, die in der Anzeigeeinrichtung (12) verarbeitet werden.
3. Vorrichtung nach Punkt 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Beschaffenheit der Quellen (2, 4) auf die Lichte Weite des Meßkanals (1) abgestimmt ist und das der Meßkanal (1) über die gesamte Höhe des Meßbereiches einen unveränderlichen Querschnitt aufweist, der Brückenbildung beim Durchfluß des Schüttgutes (10) ausschließt.
4. Vorrichtung nach Punkt 2 und 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß an der unteren Öffnung des Meßkanals (1) eine kontinuierlich arbeitende Austragsvorrichtung (6) angeordnet ist.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur kontinuierlichen Feuchtemessung von Massenschüttgütern aus Holz, insbesondere Holzhackschnitzel, bei denen der Feuchtegehalt innerhalb der Einzelstücke als auch zwischen den Einzelstücken aufgrund unterschiedlicher Herkunft, Lagerung und Klimaeinflüsse stark schwankt. Bei denen außerdem die Größe und Form der Einzelstücke, hervorgerufen durch verschiedene Herkunft des Holzes und Herstellungsbedingungen der Hackschnitzel, ebenfalls in weiten Grenzen variiert und bei denen die Temperatur der Einzelstücke und des von ihnen mitgeführten Wasser sich im Bereich von etwa -30 bis $+50^{\circ}\text{C}$ bewegen kann.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Da die Rohstoffkosten allgemein einen hohen Anteil an den Herstellungskosten bei Zellstoff, Spanplatten und anderen Produkten auf der Basis von Massenschüttgütern aus Holz darstellen, wird der quantitativen Erfassung der Gesamtmenge des Feuchteanteils im Schüttgut eine hohe Bedeutung zugemessen.

Während die Erfassung der Gesamtmasse bei Massenschüttgütern mit dem Einsatz von Bandwaagen als gelöstes Problem gelten kann, genügen die bekannten Verfahren zur Messung des Feuchtegehaltes nicht den Anforderungen der Praxis.

Das bekannteste Verfahren hierzu ist die Bestimmung des Trocken- oder Feuchtegehaltes durch Wägung einer bestimmten Menge von Schüttgut, Trocknung bis zur Gewichtskonstanz und anschließender Wägung. Hiermit lassen sich aber nur Stichproben erfassen und Schlüsse auf die Gesamtheit der Schüttgutmenge sind wegen der starken Feuchteschwankungen und der geringen Probemenge sehr unsicher. Die für eine hinreichend genaue Messung erforderliche große Probenanzahl ist unter praktischen Bedingungen nicht realisierbar. Weiterhin bedingt die erforderliche Trocknungszeit eine für die Prozeßsteuerung unzumutbare Zeitdauer zwischen Probenahme und Vorliegen des Feuchtemeßwertes. Aus diesen Gründen wurden Feuchtemeßtechniken, die bei anderen Materialien und Schüttgütern eingesetzt werden, hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit auf Schüttgüter aus Holz überprüft. Es handelt sich hierbei um

Niederfrequenz- und Gleichstromverfahren,
 Meßverfahren mit Mikrowellenfrequenzen,
 Reflexionsmeßverfahren mit Infrarotfrequenzen,
 Nuklearmessungen

Bei allen indirekten Meßverfahren wird der Feuchtegehalt durch eine Anzahl anderer Einflüsse, welche das Meßergebnis in seiner Genauigkeit beeinträchtigen, verschlechtert. Unterschiede in der Temperatur und Materialmenge der gemessenen Probe bilden die größten Ursachen von Meßabweichungen.

Zur Erzielung möglichst genauer und zuverlässiger Feuchtigkeitsmessungen müssen entsprechend Kalibrierungen durchgeführt werden. Niederfrequenz- und Gleichstrommessungen sind grundsätzlich empfindlich gegen ionische Leitfähigkeit. Diese Leitfähigkeit wird durch freie Ionen verursacht, die in dem vom Holz mitgeführten Wasser vorhanden sind.

Bei einem Feuchtigkeitsgehalt von rund 15–20% kann die Konzentration freier Ionen ausreichend groß sein, um bei Anlagen einer Gleichspannung oder einer niederfrequenten Wechselspannung Polarisationswirkungen hervorzurufen. Diese Wirkungen können durch Erhöhung der Frequenz eliminiert werden. Meßgeräte im Bereich von Radionwellen- bis Mikrowellenfrequenzen können die Veränderung im Dielektrizitätskoeffizienten und/oder der Leitfähigkeit des Materials zwischen einem Satz Meßplatten (Elektroden) messen. Durch Steigerung der Meßfrequenz verringert sich der Beitrag der Leitfähigkeit zur Gesamtmessung im Vergleich zum Dielektrizitätskoeffizienten. Bei einer Meßfrequenz von 22 GHz ($2,2 \times 10^{10}$ Hertz) zeigt das Wassermolekül eine Resonanzabsorptionserscheinung, die durch die Rotation des gesamten Moleküls verursacht wird.

Dieser Resonanzabsorptionsmechanismus wird am leichtesten bei geringen Feuchtigkeitsgehalten wahrgenommen, wo die einzelnen Wassermoleküle ausreichend auseinandergelockert sind, um diese Rotation zu ermöglichen.

Weitere Absorptionsmechanismen, hervorgerufen durch Anregen der einzelnen Schwingungsfrequenzen innerhalb der Wassermoleküle, sind bei Infrarot- und optischen Frequenzen feststellbar. Ionische Leitfähigkeit und Dielektrizitätskoeffizient nehmen mit steigender Temperatur zu. Hier ist aber eine Korrektur des Meßwertes durch gleichzeitige Temperaturmessung möglich. Bei Verwendung von Mikrowellenfrequenzen sind die Meßwerte stark temperaturabhängig und können wegen des in der Kalibrierkurve auftretenden Knickpunkten, bei etwa 30°C , nur mangelhaft korrigiert werden. Die Eindringtiefe in das Meßgut hängt von der Frequenz des Meßsenders und der Leitfähigkeit und somit vom Feuchtegehalt des gemessenen Gutes ab. Die Feldeindringung von Mikrowellen in Holzhackschnitzeln beträgt max. 5 cm, abhängig vom Feuchtegehalt. Bei Infrarotmessung

beträgt die Feldeindringung nur einige Mikrometer, so daß hier nur die Oberflächenfeuchte der Hackschnitzel erfaßt wird, die nicht identisch mit der inneren Feuchtigkeit der Hackschnitzel zu sein braucht. Bei niedriger Frequenz beeinflußt die Oberflächenstruktur des Schüttgutes die Messung nicht, wenn zwischen den Elektroden und dem Material ein gleichmäßiger Kontakt beibehalten wird. Hingegen ist bei der Infrarotmessung der Anteil der reflektierten Strahlung von der Oberflächenbeschaffenheit und der Farbe des Schüttgutes, die wiederum keine echte Beziehung zum Feuchtegehalt besitzen und insbesondere bei Hackschnitzeln stark schwanken, abhängig. Die relative Feuchte in der Umgebungsluft beeinflußt den Oberflächenfeuchteanteil ebenfalls. Die Abhängigkeit der Meßwerte, bei den vorgenannten Verfahren ist so groß, daß bei einem bezüglich Feuchteverteilung, Temperatur, Stückgröße, Oberflächenbeschaffenheit und Farbe so wechselhaftem Schüttgut wie Holzhackschnitzel alle vorgenannten Verfahren nicht die Mindestanforderungen an die Meßgenauigkeit erfüllen. Geeigneter für die Feuchteermittlung von Massenschüttgütern aus Holz, wie z. B. Hackschnitzel, erscheinen die radiometrischen Meßverfahren. Zur Feststellung des Wassergehaltes ist die Messung des Neutronenthermalisierungseffektes bekannt. Neutronen, welche die gleiche Masse wie der Wasserstoffkern aufweisen, werden thermalisiert, indem sie mit den Protonen kollidieren, die in den Wassermolekülen und in den Kohlehydraten der Zellulose gebunden sind und können durch einen hierzu geeigneten Detektor nachgewiesen werden. Die Flußdichte der thermischen Neutronen ist dem Wasserstoffgehalt im Schüttgut direkt proportional, wobei für die Wassergehaltsbestimmung in Holzprodukten vorausgesetzt werden darf, daß der Gehalt an organisch gebundenem Wasserstoff nur in geringen Grenzen schwankt. Die Neutronenthermalisierung ist unabhängig von Temperatur, Oberflächenbeschaffung und Feuchteverteilung im Schüttgut, wird aber beeinflußt durch Meßgeometrie, Dichte und Verdichtungsgrad des Meßgutes. Bekannt ist auch die Feuchteermittlung über die Bestimmung der Dichte, z. B. mit Hilfe der Gammastrahlung.

Auf der Grundlage radiometrischer Meßprinzipien ist ein Verfahren zur Trockenmassebestimmung bei Hackschnitzeln bekannt geworden. Auf einem Transportband wird die Dichte, der vorbeigeführten Hackschnitzel, mittels einer über dem Band befindlichen Gammastrahlungsquelle und einer unter dem Band angeordneten Detektorkette und die Feuchte mittels einer über dem Band angeordneten Einheit aus einer Neutronenquelle und einem Detektor für moderierte Neutronen bestimmt (Oftedal, E., Trockenmassebestimmung an Hackschnitzeln, Norak Skogind., Jg. 32, Heft 9, S. 206–208/1978). Die Errechnung der für die Prozeßsteuerung notwendigen Größen aus den Meßwerten für Feuchte und Dichte wurde hierbei einem Mikrorechner übertragen. Als nachteilig für die Meßgenauigkeit wirken sich hierbei Mengenschwankungen in der Bandbelastung aus, welche sich aus technologischen Gründen bei der Randförderung nicht vermeiden lassen. Belastungsschwankungen führen hierbei zu Veränderungen der Meßgeometrie und der Schüttdichte und damit zu fehlerhaften Aussagen. Ein weiteres bekanntes Verfahren, was für Pulver, Granulate und ähnliche Schüttgüter benutzt wird, beruht auf der gleichzeitigen, kontinuierlichen Anwendung der Mikrowellendämpfung, der Gammadurchstrahlung und der Temperaturmessung, sowie der Errechnung der Feuchte aus diesen Meßwerten.

Für Massenschüttgüter aus Holz ist dieses Meßverfahren wegen der für die Mikrowellenmessung oben beschriebenen Nachteile nicht geeignet.

Insgesamt sind bisher keine technischen Lösungen bekannt geworden, die es gestatten, den Feuchtegehalt eines Schüttgutstromes, speziell eines Stromes aus Holzhackschnitzeln unabhängig von der Temperatur des Schüttgutes, mit einer für die industrielle Prozeßführung hinreichenden Genauigkeit kontinuierlich zu erfassen und anzuzeigen.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, eine Lösung anzubieten, die durch sofortige Angabe des Feuchtegehaltes bei der Herstellung, der Lagerung, dem Verkauf und der industriellen Verwertung von Massenschüttgütern ein wirksames Mittel zur Kostenbeeinflussung und zur Prozeßführung darstellt.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Die Erfindung hat sich die Aufgabe gestellt, ein Verfahren und eine Vorrichtung vorzuschlagen, die es gestatten, den Feuchtegehalt eines Schüttgutstromes, unabhängig von dessen Temperatur, mit einer für die industrielle Prozeßführung hinreichenden Genauigkeit kontinuierlich zu erfassen und anzuzeigen.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß in einem kontinuierlich fließendem Schüttgutstrom von gleichbleibendem Querschnitt und gleichbleibender Länge dem Schüttgutstromquerschnitt angepaßte Feldverteilungen schneller Neutronen und Gammaquanten erzeugt werden. Die durch die Feuchte bzw. Dichte bewirkten Veränderungen der Eigenschaften der Neutronen- bzw. Gammastrahlung werden registriert und aus den Meßwerten und/oder in Beziehung zueinander wird der mittlere Feuchtegehalt des Schüttgutes rechnerisch ermittelt und angezeigt. Die erfindungsgemäße Vorrichtung besteht aus einem vertikalen, oben offenen Meßkanal, in dem längs oder parallel zur Mittelachse eine oder mehrere Neutronen- und Gammaquellen in einem Schutzrohr angeordnet sind. Im Schutzrohr oder am Umfang des Meßkanals befinden sich zwei oder mehrere Detektoren zur Erfassung der abgebremsten Neutronen oder geschwächten Gammaquanten. Die Detektoren liefern in Verbindung mit Strahlungsmeßgeräten die Impulsraten, die im Auswertegerät verarbeitet werden.

Erfindungsgemäß ist weiterhin, daß die Beschaffenheit der Neutronen- und Gammaquelle auf die lichte Weite des Meßkanals abgestimmt ist und daß der Meßkanal über die gesamte Höhe des Meßbereiches einen unveränderlichen Querschnitt aufweist, der Brückenbildung beim Durchfluß des Schüttgutes ausschließt. An der unteren Öffnung des Meßkanals ist eine kontinuierlich arbeitende Austragsvorrichtung angeordnet.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert werden. In der dazugehörigen Zeichnung zeigt Fig. 1 das Schema der erfindungsgemäßen Vorrichtung im Schnitt.

Die Vorrichtung besteht aus einem kontinuierlich mit herabfallendem Schüttgut 10 beaufschlagtem Meßkanal 1 mit hierin befindlichem ortsfestem Schutzrohr 7 mit Halterung 8 zur Aufnahme von Gammaquelle 2, Gammadetektor 3, Neutronenquelle 4 und Detektor für moderierte Neutronen 5 sowie aus einem an der unteren Öffnung des Meßkanals angeordneten Austragsorgan 6 für das Schüttgut 10.

Durch die durch den Meßkanal 1 wandernden Schüttgutteilchen wird an den von den Quellen 2, 4 ausgesendeten Gammaquanten und schnellen Neutronen eine Rückstreuung und Moderation bewirkt, deren Intensität von den Detektoren 3, 5 und den nachgeschalteten Strahlungsmeßgeräten 11 registriert wird. Aus den beiden registrierten Impulsraten wird in der Recheneinheit mit den peripheren Anzeigeeinrichtungen 12 der mittlere Feuchtegehalt errechnet und angezeigt.

Zur Gewährleistung eines reibungslosen Durchlaufes verhältnismäßig grober Hackschnitzel 10 durch den Meßkanal 1 und zur Vermeidung von Brückenbildung sollte der Maßkanal 1 eine Lichte Weite von mindestens 600 mm aufweisen.

Die Länge des Meßkanals 1 sollte mindestens dem doppelten Wert der Lichten Weite haben.

Flachgurtförderer haben sich als Austragsorgan 6 bewährt. Schwankungen in der Zulaufmenge an Hackschnitzeln, die zu Füllstandsschwankungen führen können, die wiederum die Meßergebnisse beeinflussen, lassen sich durch eine Regelung der Austrags- bzw. Fördergeschwindigkeit oder der Weite der Austragsöffnung ausgleichen.

Soll statt der beschriebenen Vollstrommessung nur eine Teilstrommessung vorgenommen werden, kann auf eine Austragsregelung völlig verzichtet werden, indem Schwankungen in der Zulaufmenge durch einfachen Überlauf des Schüttgutes ausgeglichen werden.

Mit dem nach dem erfindungsgemäßen Verfahren ermittelten Zählergebnissen lassen sich bei Holzhackschnitzeln, wie sie zur Zellstoffherzeugung eingesetzt werden, Feuchtegehalte von 20 bis 65% bei einem relativen Fehler von 2,0–3,4% feststellen. Mit diesem Meßbereich und dem geringen hierbei auftretenden relativen Fehler ist die Erfindung geeignet, bei der Erzeugung, dem Verkauf und der industriellen Verwertung von Holzhackschnitzeln und ähnlichen Schüttgütern aus Holz ein wirksames Mittel zur Charakterisierung und zur Steuerung von Verarbeitungsprozessen zu sein.

