



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

PATENTSCHEIN
(19) DD (11) 237 550 A1

4(51) G 01 N 25/56

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP G 01 N / 276 532 4

(22) 21.05.85

(44) 16.07.86

(71) Technische Universität Dresden, Direktorat Forschung, 8027 Dresden, Mommsenstraße 13, DD

(72) Schulte, Karin, Dr.-Ing.; Biedermann, Andreas; Müller, Fred; Pulsack, Ralph, DD

(54) Verfahren und Vorrichtung zur Feuchtebestimmung

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung der Feuchte von Schüttgütern und Feststoffen durch Wärmeübertragung von einer elektrischen Heizquelle und Messung der Temperatur, beispielsweise zur Überwachung von Trocknungsprozessen. Ziel der Erfindung ist es, die Feuchtigkeit von Feststoffen und Schüttgütern mit einfachen Mitteln möglichst schnell und genau zu bestimmen. Aufgabe der Erfindung ist es, die Feuchte durch Wärmeübertragung von einer elektrischen Heizquelle und Messung der Temperatur frei von Fehlern durch die während der Messung wirksame Speicherkapazität der Heizquelle zu bestimmen. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß die Temperatur während der Aufheizphase gemessen, der Regressionskoeffizient B der Asymptote des Temperaturanstiegs über der Zeit festgestellt und seine auf die Heizleistung bezogene Größe als Maß für die Feuchtigkeit ausgewertet wird. Fig. 3

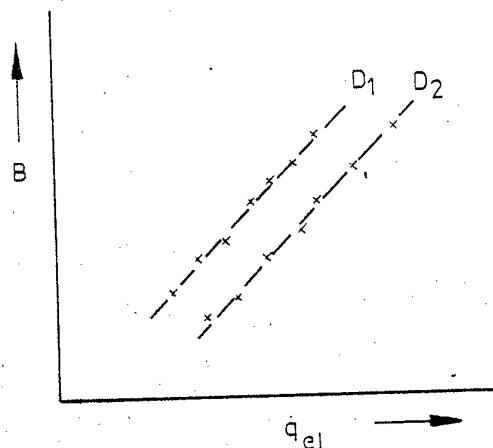


Fig.3

Erfindungsanspruch:

1. Verfahren zur Bestimmung der Feuchte von Feststoffen und Schüttgütern durch Wärmeübertragung von einer elektrischen Heizquelle und Messung der Temperatur, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Temperatur während der Aufheizphase gemessen, der Regressionskoeffizient (B) der Asymptote des Temperaturanstiegs über der Zeit festgestellt und seine auf die Heizleistung bezogene Größe als Maß für die Feuchtigkeit ausgewertet wird.
2. Verfahren nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Leistung der Heizquelle während der Aufheizphase gemessen wird.
3. Verfahren nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß ein konstanter Heizstrom eingestellt wird.
4. Vorrichtung zur Bestimmung der Feuchte von Feststoffen und Schüttgütern mit einem elektrischen Heizdraht, einer Stromquelle für den Heizdraht und elektrischen Mitteln zur Messung der elektrischen Heizleistung und der Temperatur, **gekennzeichnet dadurch**, daß der Heizdraht (3) zusammen mit dem Temperaturfühler, vorzugsweise ein Thermoelement, in einem Rohr (1) angeordnet und der restliche Rohrrinnenraum mit einem Feststoff (2), z. B. ein Keramikkörper oder Glasfasern, verfüllt ist.
5. Vorrichtung nach Punkt 4, **gekennzeichnet dadurch**, daß das Verhältnis von Länge zu Außendurchmesser des Rohres (1) größer als 50:1 ist.
6. Vorrichtung nach Punkt 4, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Ausgänge der elektrischen Meßgeräte über einen Analog-Digital-Wandler (6) an einen Mikrorechner (7) angeschlossen sind.

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung der Feuchte von Schüttgütern und Feststoffen durch Wärmeübertragung von einer elektrischen Heizquelle und Messung der Temperatur, beispielsweise zur Überwachung bzw. Steuerung von Trocknungsprozessen.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Unter den verschiedenen Verfahren zur Feuchtigkeitsbestimmung sind auch solche bekannt, bei denen die Wärme einer elektrischen Heizquelle in den Prüfstoff übertragen und die Feuchtigkeit indirekt über die Wärmeleitfähigkeit gemessen wird. So wird nach DE-OS 31 22 642 eine vorbestimmte Menge elektrischer Energie in einen im Prüfstoff befindlichen Widerstandsdraht eingespeist und die Temperatur bzw. die Zeit bis zum Erreichen einer bestimmten Temperatur indirekt über die Widerstandsänderung erfaßt. Je geringer die Wärmeleitfähigkeit des Prüfstoffes, um so größer ist der Temperaturanstieg im Widerstandsdraht.

Die Beziehungen zwischen der Wärmeleitfähigkeit und der Stofffeuchte werden über Kalibriermessungen festgestellt. Zur Berücksichtigung der Wärmespeicherfähigkeit und der Widerstandsveränderung des Heizdrahtes sowie der Wärmeübertragung zwischen Heizdraht und Prüfstoff wird die Kalibrierung direkt unter Verwendung des Heizdrahtes vorgenommen. Auch unter diesen Bedingungen bleibt die Genauigkeit durch die Bestimmung nur eines Temperaturwertes begrenzt. Zur Verringerung dieses Fehlers sind je Prüfstoff wenigstens zwei Messungen mit verschiedenen Energiemengen durchzuführen.

Die Verwendung des Heizdrahtes schafft im übrigen weitere Probleme. Zum einen kann er nicht in jedem Schüttgut ausreichend gerade gespannt werden. Vor allem aber entstehen Korrosionsprobleme und damit über einen längeren Zeitraum stärkere Abweichungen gegenüber der ursprünglichen Kalibrierung.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, die Feuchtigkeit von Feststoffen und Schüttgütern mit einfachen Mitteln möglichst schnell und genau zu bestimmen.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es, die Feuchte durch Wärmeübertragung von einer elektrischen Heizquelle und Messung der Temperatur frei von Fehlern durch die während der Messung wirksame Speicherkapazität der Heizquelle zu bestimmen. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß die Temperatur während der Aufheizphase gemessen, der Regressionskoeffizient B der Asymptote des Temperaturanstiegs über der Zeit festgestellt und seine auf die Heizleistung bezogene Größe als Maß für die Feuchtigkeit ausgewertet wird. Es wurde gefunden, daß eine indirekte Proportionalität zwischen der Wärmeleitfähigkeit λ_f des feuchten Prüfstoffes und dem Regressionskoeffizienten B besteht, ohne daß die Werte λ_f und ΔpcA explizit bekannt sein müssen.

Die Abhängigkeit des Regressionskoeffizienten von der elektrischen Leistung hat im interessierenden Meßbereich je Material und Feuchte einen charakteristischen, reproduzierbaren Verlauf. Die Verläufe werden einmalig vermessen und sind Grundlage für die Auswertung.

Durchgeführte Untersuchungen weisen eine sehr zuverlässige Feuchteklassifizierung auch bei sehr kleinen Feuchtedifferenzen aus.

Für die Messung kann erfindungsgemäß eine Sonde eingesetzt werden, bei der der Heizdraht zusammen mit dem Temperaturfühler, vorzugsweise einem Thermoelement, in einem Rohr angeordnet und der restliche Rohrrinnenraum mit einem Feststoff, z. B. einem Keramikkörper oder Glasfasern, verfüllt ist. Das Verhältnis von Länge zu Außendurchmesser des Rohres sollte größer als 50:1 sein. Die Auswertung kann von Hand erfolgen. Besser ist der Anschluß eines Mikrorechners.

Ausführungsbeispiel

In den Zeichnungen zeigen

Fig. 1: eine erfindungsgemäße Vorrichtung

Fig. 2: eine Meßkurve

Fig. 3: die Abhängigkeit des Regressionskoeffizienten B von der elektrischen Heizleistung $\dot{q}_{el}$ für zwei verschiedene Feuchten D_1 und D_2

Die Vorrichtung besteht aus einem metallischen Schutzrohr 1 vom Außendurchmesser d, das formschlüssig auf einen Keramikkörper 2 mit vier Bohrungen aufgebracht wurde. In diesen Bohrungen verlaufen kreuzweise ein Heizdraht 3 und die Thermoschenkel 4 einer Thermopile 5, die etwa auf halber Länge der Sonde angebracht ist.

Die Meßsignale werden wahlweise von Hand registriert oder über einen Analog-Digital-Wandler 6 einem Mikrorechner 7 zugeführt, der dann die gesamte Meßwertaufnahme, -steuerung und -verarbeitung realisiert.

In Fig. 2 ist der Meßkurvenverlauf für eine Messung mit beschriebener Einrichtung dargestellt.

Fig. 3 zeigt die Abhängigkeit des Regressionskoeffizienten B von der elektrischen Heizleistung $\dot{q}_{el}$ für verschiedene Feuchten D_1 und D_2 .

Im Prüfstoff Kalidünger K60 mit den Feuchtigkeitsstufen

$D_1 = 0,24 \text{ Ma.-% H}_2\text{O}$

$D_2 = 0,43 \text{ Ma.-% H}_2\text{O}$

lag der mittlere Fehler m_B bei der Ermittlung des Regressionskoeffizienten B im Bereich $m_B = 0,0003 \dots 0,009 \text{ K}$. Der mittlere Fehler m des reproduzierten Temperaturverlaufs im Asymptotenbereich 1-2 betrug $m = 0,006 \dots 0,03 \text{ K}$.

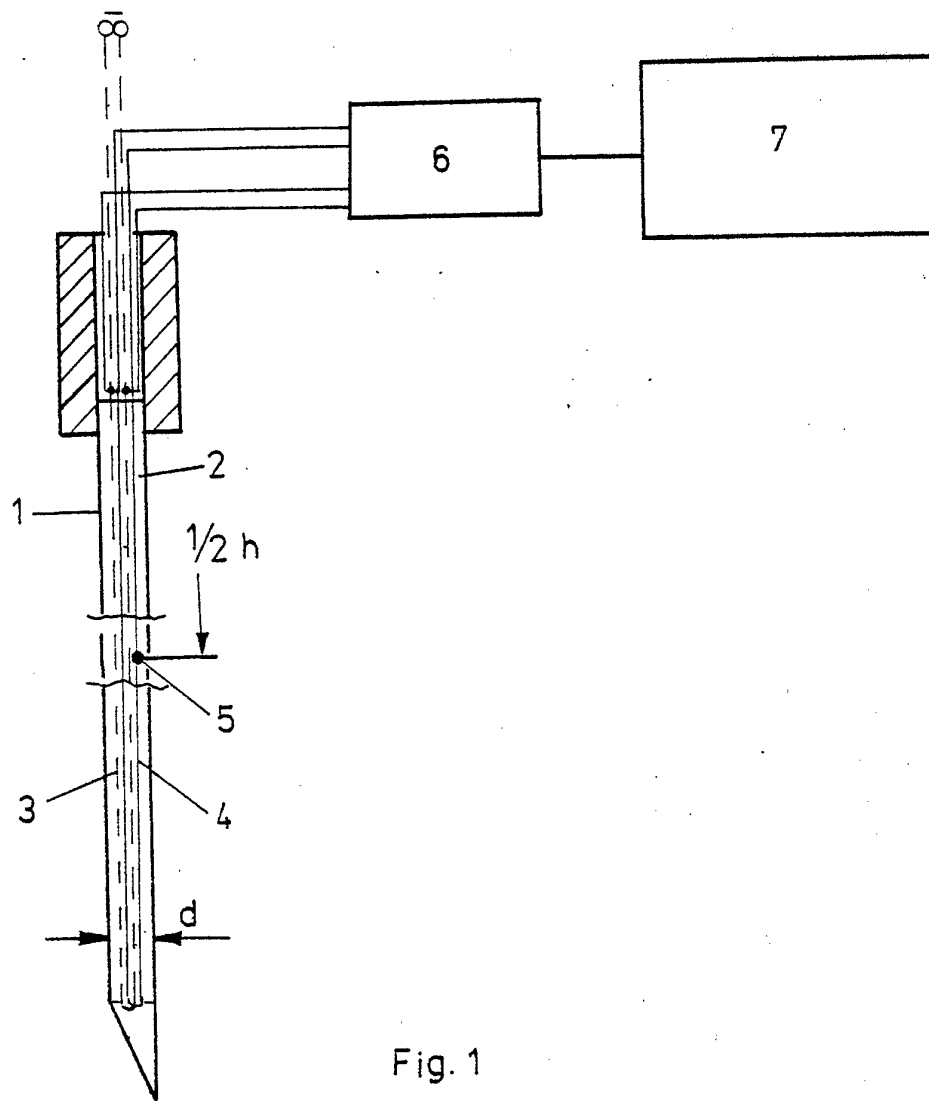


Fig. 1

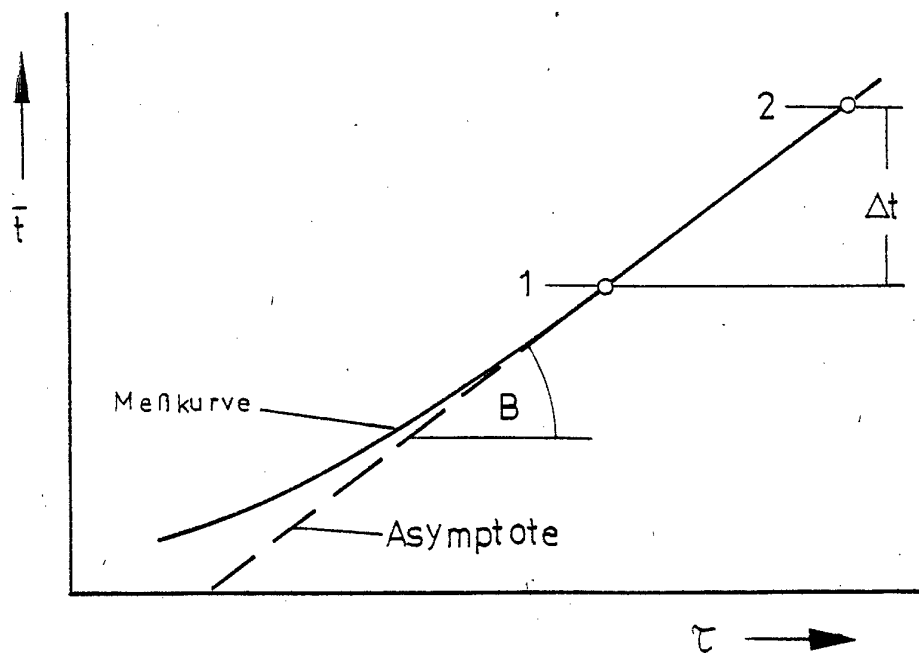


Fig. 2

01595- 254922

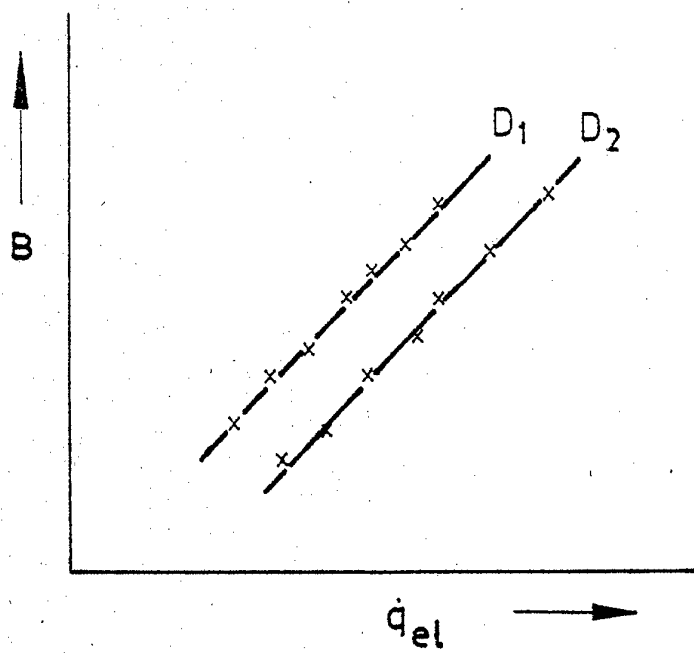


Fig. 3