



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 01 094 B4** 2007.04.26

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **102 01 094.3**  
(22) Anmeldetag: **09.01.2002**  
(43) Offenlegungstag: **31.07.2003**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **26.04.2007**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **G01N 21/25** (2006.01)  
**B65G 69/10** (2006.01)  
**C12C 1/02** (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:  
**Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei in Berlin  
(VLB), 13353 Berlin, DE**

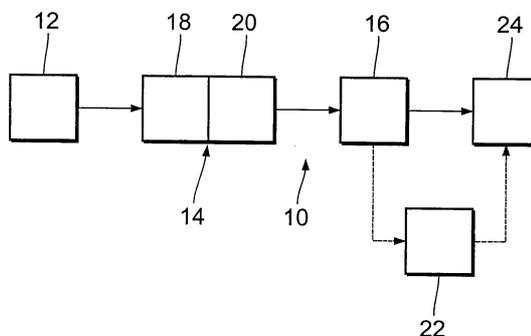
(74) Vertreter:  
**Eisenführ, Speiser & Partner, 10178 Berlin**

(72) Erfinder:  
**Erdmann, Bernd, Dipl.-Phys., 15838 Waldstadt,  
DE; Rath, Frank, Dr., 13353 Berlin, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:  
**DE 698 06 516 T2**  
**US2001/00 55 810 A1**  
**EP 03 88 082 A2**  
**WO 00/71 993 A1**  
**DE-Diplomarbeit: Uhlenkamp K.: Untersuchung  
von  
Gerstenmalz mittels NIR-Spektrometrie.  
Gerhard-Mercator-Universität,  
Gesamthochschule  
Duisburg, Fachbereich Chemie, 1999;**

(54) Bezeichnung: **Einzelkornanalysator und Verfahren zur Einzelkornanalyse**

(57) Hauptanspruch: Einzelkornanalysator (10) mit  
(a) einer Förder- und Separationseinheit (14), in der ein zu untersuchendes Korn (28) (Einzelkorn) aus einer Vielzahl von Körnern (Messgut) separiert und vereinzelt einem Spektrometer (16) zugeführt wird sowie  
(b) einem Spektrometer (16) mit einer Messeinrichtung (34), an der das Korn (28) während der Messung vorbei gefördert wird und die eine auf das Korn (28) ausgerichtete Strahlungsquelle für elektromagnetische Strahlung und einen die Reflektion der Strahlung vom Korn (28) oder die Transmission der Strahlung durch das Korn (28) erfassenden Detektor (42) umfasst.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Einzelkornanalyator, ein dazugehöriges Verfahren zur Einzelkornanalyse sowie deren Verwendung zur Bestimmung der Homogenität der Endospermmodifikation insbesondere von Gersten und Malzen.

**[0002]** Seit Jahrtausenden dient Korn, sei es in verarbeiteten Zustand oder direkt als Rohprodukt, der Ernährung von Mensch und Tier. Zur Züchtung neuer Sorten war es seit jeher notwendig Körner mit den gewünschten Eigenschaften aus dem Gros des Ernteeintrags zu separieren. Dazu sind im Laufe der Zeit zahlreiche Verfahren entwickelt worden, die im wesentlichen auf physikalischen Trennverfahren und manuell-optischen Sortierverfahren beruhen. Informationen über den Gehalt eines oder mehrerer Inhaltsstoffe der einzelnen Körner können auf diese Weise allenfalls grob geschätzt werden. Eine genaue Bestimmung nach chemometrischen Methoden führt zur Zerstörung des Kornes – was bei Züchtungsverfahren selbstverständlich unerwünscht ist. Zudem sind die bisher entwickelten Verfahren zur Selektion einzelner Körner sehr zeit- und damit kostenintensiv.

**[0003]** Moderne industrielle Produktionsverfahren verlangen weiterhin den Einsatz von Rohstoffen, die nicht nur in ihren physikalisch-chemischen Analyse-daten den Anforderungen entsprechen, sondern auch in großen einheitlichen Chargen zur Verfügung stehen. So ist beispielsweise die hohe und gleichbleibende Qualität der verwendeten Rohstoffe eine wesentliche Voraussetzung für die rationelle und kostengünstige Produktion hochwertiger Malze und Biere. Infolge der zunehmenden Technisierung und Automatisierung der Herstellungsprozesse von Malz und Bier und der Entwicklung zu immer größeren Produktionseinheiten haben sich die Anforderungen an die Qualität der Rohstoffe weiter erhöht und ihre Gewichtung verschoben. Inhomogene Gersten mit unterschiedlichen Verarbeitungseigenschaften sind nicht geeignet für einen industriellen Mälzungsprozess mit einem einheitlichen Mälzverfahren. Inhomogene Malze können in der Brauerei zu erheblichen technologischen Problemen führen. Sie erschweren und verteuern die Sudhaus-, Lager- und Filterkellerarbeit und beeinträchtigen die Qualität des Produktes Bier.

**[0004]** Die Inhomogenität des Rohstoffes hat in der Regel zahlreiche Gründe. In der Praxis werden häufig Kornpartien mehrerer Handelspartner und unterschiedlicher Anbaugelände zusammengeführt und gemeinsam verarbeitet (Verschneiden). Aber selbst bei identischer Herkunft von einer einzelnen Pflanze bestehen teils erhebliche Unterschiede, da auch die Konkurrenzsituation zwischen den Körnern innerhalb einer Ähre und zwischen den Ähren/Halmen einer Pflanze Auswirkungen zeigt. Für benachbarte Pflan-

zen innerhalb des gleichen Ackerschlaes herrschen unterschiedliche Wachstumsbedingungen (Nährstoff- und Wasserversorgung, Krankheitsdruck u.a.). Zusätzliche Inhomogenitäten entstehen durch ungleichmäßige Trocknung und variierende Lagerbedingungen sowie durch technologische Einflüsse während des Verarbeitungsprozesses (z.B. bei der Mälzung) infolge von Austrocknung, variierenden  $O_2/CO_2$ -Konzentrationen, unterschiedlichen thermischen Bedingungen oder dergleichen.

**[0005]** Die stärkere Einbeziehung der Homogenität in die Bewertung von Kornchargen ist eine wesentliche Voraussetzung für eine präzisere Vorhersage der Verarbeitbarkeit und für eine spürbare Verbesserung der Rohstoffqualität (Kontrollfunktion). Die wenigen bisher entwickelten Methoden zur Untersuchung der Homogenität sind zwar teilweise für Forschungszwecke gut geeignet, für die Anwendung in der Praxis sind sie jedoch zu kompliziert, zu zeitaufwendig, zu wenig reproduzierbar, zu teuer oder weisen andere schwerwiegende Nachteile auf. So haben beispielsweise die Ergebnisse der heute verfügbaren und empfohlenen Methoden der Malzanalyse den Charakter von Mittelwerten. Sie erlauben keine Rückschlüsse auf die Homogenität der Lösungseigenschaften innerhalb einer Charge und die tatsächlichen Verarbeitungseigenschaften eines Malzes unter den Bedingungen einer industriellen Bierherstellung. Auch die Einhaltung vereinbarter Spezifikationen und der darin enthaltenden Standard-Parameter bieten häufig keine Gewähr für eine problemlose Verarbeitung im Sudhaus. Nur durch eine verstärkte Einbeziehung von Homogenitätskriterien in die Bewertung von Gerste und Malz können präzisere Vorhersagen über die tatsächlichen Verarbeitungseigenschaften im Mälzungs- beziehungsweise Brauprozess und weitere spürbare Verbesserungen der Rohstoffqualität erreicht werden.

**[0006]** Als bisher einzige chemometrische Methode zur Bestimmung der Homogenität konnte sich die spezifische Anfärbung hochmolekularer  $\beta$ -Glucane in den Zellwänden und Zellwandresten des Malzendo-sperms mittels Calcofluor etablieren. Obwohl die Entwicklung der Einzelkornanalytik auf der Basis der Calcofluor-Färbung zum Verständnis der Homogenität als einem wichtigen Kriterium der Malzqualität wesentlich beigetragen hat und durch die Entwicklung computergestützter, automatischer Bildanalyse-systeme auch der Aufbau einer praktikablen und reproduzierbaren Routineanalytik möglich wurde, bleiben dennoch methodische Nachteile und Schwächen dieser Homogenitätsanalytik unübersehbar, die einer breiteren Anwendung entgegenstehen.

Stand der Technik

**[0007]** Eine zerstörungsfreie Analysemethode ist die Spektroskopie. Als Spektroskopie bezeichnet

man allgemein die Wechselwirkung zwischen Licht und Materie. Bei der IR-Spektroskopie werden die Schwingungsfreiheitsgrade der bestrahlten Moleküle angeregt. Es kommt zu Absorptionsbanden im IR-Spektrum, deren Grundtöne im MIR-Bereich (mittlerer Infrarot-Bereich;  $400\text{--}4000\text{ cm}^{-1}$ ) und die Kombinations- bzw. Obertöne im NIR-Bereich (naher Infrarot-Bereich;  $4000\text{--}10000\text{ cm}^{-1}$ ) zu finden sind. Während man im MIR sehr scharfe Peaks beobachtet, sind die Banden im nahen Infrarot durch Überlagerung der Schwingungszustände deutlich verbreitert. Eine Zuordnung der Banden zu bestimmten Schwingungen im Molekül, wie im mittleren Infrarot, ist schwierig beziehungsweise nicht möglich.

**[0008]** Trotz der genannten Problematik weist die NIR-Spektroskopie mehrere Vorteile auf, die in den letzten zwei Jahrzehnten zu einem ständig wachsenden Einsatzbereich geführt haben. So erweist es sich als vorteilhaft, dass die Reflektion der NIR-Lichtstrahlung wesentlich größer ist als die im MIR, d.h. trotz der geringen Intensität der Schwingungsobertöne können noch zufriedenstellende Spektren registriert werden. Des Weiteren ist Quarz im NIR-Bereich weitestgehend durchlässig, was den Einsatz von Glasfaserleitungen ermöglicht. Dadurch ist es gerade in der In-Prozess-Kontrolle möglich, eine Trennung von Probenmessort und Spektrometerstandort vorzunehmen. Die Anwendung multivarianter Rechenverfahren, unterstützt durch die heute zur Verfügung stehenden Computerkapazitäten, erlaubt die quantitative Auswertung von NIR-Spektren nach vorhergehender Kalibrierungserstellung innerhalb sehr kurzer Zeitspannen. Die grundsätzliche Eignung der Methodik wurde durch punktuelle NIR-mikroskopische Messungen in verschiedenen Bereichen halber Malzkörner belegt, die signifikante Unterschiede in den spektralen Eigenschaften gut gelöster und schlecht gelöster Bereiche des Malzendosperms zeigten (K. Uhlenkamp, Untersuchung von Gerstenmalz mittels NIR-Spektrometrie, Universität-Gesamthochschule Duisburg, Diplomarbeit, 1999).

#### Aufgabenstellung

**[0009]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen Einzelkornanalysator und ein dazugehöriges Verfahren zu schaffen, mit denen die vorgenannten Nachteile des Standes der Technik überwunden werden können. Das Verfahren beziehungsweise der Einzelkornanalysator sollen es erlauben, eine große Anzahl an Körnern in kürzester Zeit zu untersuchen. Es sollen auf zerstörungsfreiem Wege Informationen über den Gehalt ausgewählter Inhaltsstoffe gewonnen werden und hieraus letztendlich die Homogenität der Korncharge genauer und reproduzierbarer bestimmt werden.

**[0010]** Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch den Einzelkornanalysator mit den im Anspruch 1 ge-

nannten Merkmalen und das Verfahren zur Einzelkornanalyse nach Anspruch 27 gelöst. Dadurch, dass der Einzelkornanalysator

- (a) eine Förder- und Separationseinheit, in der ein zu untersuchendes Korn aus einer Vielzahl von Körnern (Messgut) separiert und vereinzelt einem Spektrometer zugeführt wird sowie
- (b) ein Spektrometer mit einer Messeinrichtung, an der das Korn während der Messung vorbeitransportiert wird und die eine auf das Korn ausgerichtete Strahlungsquelle vorzugsweise für den sichtbaren Bereich und den nahen Infrarot-Bereich (VIS/NIR) und einen die Reflektion vom Korn erfassenden Detektor vorzugsweise im spektralen Messbereich von 380 bis 2400 nm beinhaltet,

umfasst, können erstmalig in sehr kurzer Zeit und mit geringem Arbeitsaufwand Informationen über eine große Anzahl von Messobjekten gewonnen werden.

**[0011]** Die Messeinrichtung ist vorzugsweise eine Messzelle, durch die das Messgut einzeln hindurchgeführt wird. Strahlungsquelle und Detektor können auch so angeordnet sein, dass anstelle oder zusätzlich zur reflektierten Strahlung auch die Transmission der Strahlung gemessen wird. Insbesondere im Falle einer offenen Messeinrichtung anstelle einer geschlossenen Messzelle kann der Transport des Messgutes nahe an der Strahlungsquelle und dem Detektor vorbei auch mit Hilfe eines Förderbandes erfolgen.

**[0012]** Eine bevorzugte Messzelle des Spektrometers umfasst vorzugsweise eine Probenzufuhr aus einem im Bereich der Strahlungsquelle und des Detektors NIR-transparenten Material. Als Probenzufuhr kann insbesondere ein Glasrohr aus Quarzglas verwendet werden. Der Detektor und die Strahlungsquelle werden auf diese Weise vor dem direkten Kontakt mit dem Korn geschützt, so dass Verunreinigungen oder Beschädigungen vermieden werden können. Um den Start- und Endzeitpunkt für die Messung möglichst exakt festzulegen, ist es ferner vorteilhaft, wenn die Messzelle zwei Lichtschranken zur Detektion des Ein- und Austritts des Messobjektes umfasst.

**[0013]** Alternativ oder zusätzlich kann die Messeinrichtung auch ein Laufband zum Transport des Messgutes umfassen.

**[0014]** Als vorteilhaft hat es sich weiterhin erwiesen, wenn der Messzelle Mittel zugeordnet sind, mit denen eine Fördergeschwindigkeit des Kornes in der Messzelle und damit eine Messzeit beeinflusst werden kann. Diese Mittel können eine regelbare Druckluftzufuhr umfassen, durch deren erzeugte Luftströmung das Korn in definierter Weise mitgerissen wird. Denkbar ist auch, dass die Mittel mechanisch, elek-

tromotorisch oder pneumatisch verstellbare Gelenke umfassen, mit denen ein Neigungswinkel der Messzelle veränderbar ist. So führt beispielsweise eine senkrechte Ausrichtung der Messzelle zu einer maximalen gravitatorischen Beschleunigung des Korns und eine Ausrichtung mit geringerer Neigung, aufgrund der entstehenden Reibung an den Wänden der Messzelle, zur Abbremsung des Korns.

**[0015]** In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung werden der Detektor und die Strahlungsquelle auf Basis eines auf Glasfaseroptiken beruhenden Messvorsatzes realisiert. Dazu umfassen diese Komponenten Fasersonden aus einem lichtführenden Material, die die reflektierte Strahlung vom Messort zum Detektor (Detektorsonden), beziehungsweise die erzeugte Strahlung von der Strahlungsquelle zum Messort leiten (Strahlungssonden). Vorteilhafterweise ist die Messzelle aus einer oder mehreren Einzelsonden, die aus jeweils wenigstens einer Strahlungssonde und wenigstens einer Detektorsonde bestehen, aufgebaut. Hierbei können die Einzelsonden insbesondere aus einer mittig gelegenen Strahlungssonde und ringförmig darum angeordneten Detektorsonden bestehen.

**[0016]** Störende Einflüsse von Kornform, Korngröße oder der jeweiligen Ausrichtung der Körner können durch spezielle Anordnungen von zumindest zwei Einzelsonden in der Messzelle kompensiert werden. Dazu werden diese Einzelsonden so platziert, dass eine Messung simultan in quer zur Förderrichtung versetzten Bereichen des Korns (Messpunkte) erfolgt (transversale Einzelsonden- und Messpunktanordnung). Vorzugsweise sind die Messpunkte der zumindest zwei Einzelsonden in einer solchen transversalen Einzelsondenanordnung auf einer senkrecht zur Förderrichtung verlaufenden Ebene in einem etwa 90°-Winkel zueinander versetzt angeordnet. Denkbar ist es auch, mehrere Einzelsonden ringförmig um die Messzelle anzuordnen. Nach einer im folgenden noch näher erläuterten Lagebestimmung der Messpunkte auf dem Korn, können auf diese Weise ungeeignete Reflektionsspektren in der weiteren Auswertung ausselektiert werden und so die Genauigkeit und Flexibilität der Methode weiter verbessert werden.

**[0017]** Es hat sich ferner als vorteilhaft erwiesen, wenn zumindest zwei Einzelsonden derart in der Messzelle angeordnet sind, dass eine Messung an in Förderrichtung versetzten Messpunkten erfolgen kann (longitudinale Einzelsonden- und Messpunktanordnung). Hierdurch kann der in Längsrichtung unsymmetrische Aufbau des Korns kompensiert werden und dem Umstand Rechnung getragen werden, dass die Verteilung von Inhaltsstoffen im Korn in der Regel ungleichmäßig ist. Mit der Erhöhung der Anzahl der Messpunkte ist es auch möglich, gezielt in verschiedenen Bereichen des Korns gleiche oder un-

terschiedliche Inhaltsstoffen ihrem Gehalt nach zu erfassen. Als besonders günstig hat es sich erwiesen, wenn 2 bis 20, insbesondere 8 bis 12, derartig unterscheidbarer Messpunkte in longitudinaler Anordnung vorgegeben sind.

**[0018]** Der Detektor ist vorzugsweise ein Diodenarray-Detektor mit einer Photodiodenzeile und als Hochgeschwindigkeitsdetektor mit Messintervallen von 0,01 bis 50 ms, insbesondere 1 bis 10 ms, ausgelegt. Sein spektraler Messbereich beträgt vorzugsweise 350 bis 2000 nm, insbesondere 1000 bis 1700 nm. Durch die direkte Kopplung mit der Optik der Detektorsonden können Integrationszeiten von < 10 ms erzielt werden. Insgesamt dauert die Messung eines Einzelkorn etwa 0,5 s, so dass Tausende von Körner pro Stunde vermessen werden können.

**[0019]** Die Förder- und Separationseinheit umfasst in einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung frequenzgesteuerte Vibratoren oder Rotationsscheiben zur Sortierung der Körner (Rotationsvereinzelung) und ein Modul zur Vereinzelung der Körner (Linearvereinzelung). Die einzelnen Komponenten sollen eine weitere Automatisierung der Detektion ermöglichen und im Zusammenspiel mit der in wenigen Bruchteilen von Sekunden stattfindenden eigentlichen spektralen Messung den Durchsatz von mehreren Hundert bis mehreren Tausend Körnern in sehr kurzen Zeiträumen ermöglichen.

**[0020]** Weiterhin ist bevorzugt, dass der Messzelle eine Sortiereinheit nachgeschaltet ist, mit der die zuvor vermessenen Körner definiert abgelegt werden können. Mit einer solchen, aus dem Stand der Technik an sich bekannten Sortiereinheit kann beispielsweise Saatgut nach dem Gehalt bestimmter Inhaltsstoffe aufgetrennt werden. Daneben ist es auf diese Weise auch möglich, die durch das Verfahren ermittelten Gehalte an Inhaltsstoffen auf chemometrischen Wege zu überprüfen. Dies ist insbesondere bei der Erstellung neuer Referenzdaten für die Auswertung sinnvoll.

**[0021]** In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung umfasst der Einzelkornanalysator eine Auswerteeinheit, in der die vom Spektrometer erfassten Spektren eines jeden Korns mit einem in einen Speichermedium hinterlegten Datensatz aus Referenzspektren auf Übereinstimmung verglichen werden (Korrelationsmodell). Durch die Integration der Auswerteeinheit in den Einzelkornanalysator kann die Auswertung automatisiert werden und auch bei niedriger Qualifikation der Mitarbeiter eine hohe Reproduzierbarkeit und Verfahrenssicherheit gewährleistet werden.

Modularer Aufbau: Einzelkornmodul (Sondenmodul), Spektrometer (Messmodul), Auswertemodul

**[0022]** Ferner wird ein Modell für das Korn erstellt und im Speichermedium hinterlegt. Das Modell, in dem charakteristische spektrale Merkmale (Bezugsgrößen) für bestimmte Bereiche des Kornes (modellierete Messpunkte) eingearbeitet sind, erlaubt eine Zuordnung der an einzelnen Messpunkten erfassten Spektren zu den modellierten Messpunkten (Lagezuordnung). Wenn ermittelt wurde, an welcher definierten Stelle des Kornes das jeweilige Spektrum aufgenommen wurde, kann in Abhängigkeit von einer der Messung zugrundeliegenden Aufgabenstellung eine Selektion der Spektren erfolgen. Hierdurch lässt sich zum Einen der Rechenaufwand verringern und zum Anderen kann für jeden Messpunkt individuell festgelegt werden nach welchen Kriterien er auszuwerten ist. Neben einer örtlichen Selektierung der Spektren ist es auch denkbar, dass Spektren bestimmter Messpunkte, die eine vorgegebene Abweichung zur Bezugsgröße des Modells überschreiten, vor dem Vergleich mit den Referenzspektren aussortiert werden (qualitative Selektierung der Spektren). Die definierten Ausreißer (Leveragewert, Residualwerte) sind selbstverständlich für jedes Messgut vorab in das zugrundeliegende Kalibriermodell aufzunehmen. Wird der gesetzte Grenzwert überschritten, so wird dieses Spektrum nicht mehr zur weiteren Auswertung (z.B. Mittelung) herangezogen. Hiermit können insbesondere Leermessungen an der Optik unterdrückt werden.

**[0023]** Mit Hilfe der nach dem Korrelationsmodell ermittelten Referenzspektren können Schätzwerte für den Gehalt an einen oder mehreren Inhaltsstoffen im Korn vorhergesagt werden. So ist es beispielsweise möglich den Gehalt an  $\beta$ -Glucanen in Malzen zu prognostizieren. Die Schätzwerte für die einzelnen Körner des Messguts werden in der Auswerteeinheit statistisch ausgewertet und können unter anderen ein Maß für die Homogenität des Messguts liefern.

**[0024]** Mit vorab geschildertem Einzelkornanalysator und der entwickelten praxistauglichen Methode zur Einzelkornanalyse wird insgesamt die Überprüfung qualitativer Eigenschaften des Messguts vereinfacht und eine genauere Voraussage über die Verarbeitungseigenschaften ermöglicht. Darüber hinaus bietet sie dem Pflanzenzüchter ein neues Instrument für eine zerstörungsfreie Selektion.

**[0025]** Es hat sich als besonders vorteilhaft erwiesen, den Einzelkornanalysator und das dazugehörige Verfahren für die Vermessung von Gerste oder Malz zu verwenden. Die Messung kann insbesondere zur Ermittlung des Eiweißgehalts (besonders  $\beta$ -Glucane) des Malzes dienen und ein Maß für den Grad einer Endosperm-Umwandlung des Malzes liefern.

**[0026]** Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Vorrichtung sind Gegenstand der übrigen Unteransprüche.

#### Ausführungsbeispiel

**[0027]** Die Erfindung wird nachfolgend in einem Ausführungsbeispiel anhand der zugehörigen Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

**[0028]** [Fig. 1](#) eine Blockschaltbild zur Funktionsweise eines Einzelkornanalysators;

**[0029]** [Fig. 2](#) eine schematische Darstellung einer Messzelle des Einzelkornanalysators;

**[0030]** [Fig. 3](#) eine Prinzipdarstellung zur Beeinflussung der Fördergeschwindigkeit durch Änderung eines Neigungswinkels;

**[0031]** [Fig. 4](#) eine schematische Darstellung einer Einzelsonde;

**[0032]** [Fig. 5](#) eine ringförmige, transversale Einzelsondenanordnung;

**[0033]** [Fig. 6](#) eine alternative transversale Einzelsondenanordnung;

**[0034]** [Fig. 7](#) eine longitudinale Einzelsondenanordnung;

**[0035]** [Fig. 8](#) eine longitudinale und transversale Messpunktanordnung auf einem Korn;

**[0036]** [Fig. 9](#) an den Messpunkten eines Kornes erfasste Reflektionsspektren und

**[0037]** [Fig. 10](#) Reflektionsspektren von verschiedenen Körnern am gleichen Messpunkt.

**[0038]** Die [Fig. 1](#) zeigt in einem Blockschaltbild den prinzipiellen Aufbau eines Einzelkornanalysators **10**. In einem Vorratsbehälter **12** wird das zu untersuchende Messgut, hier eine Charge von Malzkörnern, bereitgestellt. Das Messgut kann je nach Auslegung des Einzelkornanalysators **10** aus mehreren Hundert bis mehreren Tausend einzelnen Körnern bestehen. In einer sich dem Vorratsbehälter **12** anschließenden Förder- und Separationseinheit **14** werden die Körner separiert, einzeln und in definierter Weise einem Spektrometer **16** zugeführt. Dazu umfasst die Förder- und Separationseinheit **14** beispielsweise ein Modul **18** zur Rotationsvereinzelung, bei dem die Auftrennung des Messguts über eine mit Öffnungen versehene, rotierende Scheibe erfolgt. In einem weiteren Modul **20** erfolgt eine Linearvereinzelung der Körner, wobei auch eine Ausrichtung der zu vermessenden Objekte möglich ist – insbesondere derart, dass eine Längsachse der Körner parallel zur Förder-

richtung im Spektrometer **16** verläuft. Die einzelnen Körner haben einen definierten Abstand zueinander. Neben der Vereinzelung der Körner wird das Messgut in den Modulen **18**, **20** von kleinen anhaftenden Partikeln gesäubert. Derartige Module **18**, **20** sind seit langem aus dem Stand der Technik bekannt. Da sie in einem hohen Maße variabel den jeweiligen Erfordernissen anpassbar und austauschbar sind, wird auf eine weitergehende Erläuterung verzichtet. Festzuhalten bleibt an dieser Stelle, dass das Messgut in definierter Weise für die spektrale Vermessung bereitgestellt werden muss, wobei pro Stunde mehrere Hundert bis mehrere Tausend vereinzelte Körner aufgetrennt werden.

**[0039]** Bestandteil des Einzelkornanalysator **10** ist eine Auswerteeinheit **22**, die eine unmittelbare Auswertung der im Spektrometer **16** gemessenen Spektren erlaubt. Die Auswerteeinheit **22** beinhaltet gängige Komponenten zur elektronischen Datenverarbeitung, wie beispielsweise ein Speichermedium, Arbeitsspeicher, eine Prozessoreinheit, eine Tastatur, Geräte zur Informationswiedergabe und Schnittstellen zu weiteren Peripheriegeräten. Die Auswertung der Spektren wird im weiteren noch näher erläutert und liefert insbesondere Schätzwerte für den Gehalt bestimmter Inhaltsstoffe im Korn. Der Informationsfluss zwischen der Auswerteeinheit **22** und dem Spektrometer **16** und zwischen der Auswerteeinheit **22** und einer nachgeordneten Sortiereinheit **24** ist über die gestrichelten Pfeile angedeutet. Die Sortiereinheit **24** dient zur definierten Ablage der zuvor vermessenen Körner nach Kriterien, die durch die Auswerteeinheit **22** vorgegeben werden. Ein solches Vorgehen ist unter anderem dann sinnvoll, wenn zu Züchtungszwecken Körner mit bestimmten Gehalten an Inhaltsstoffen selektiert werden sollen. Die selektierten Körner können auch zu Kalibrierungszwecken oder zur Erstellung neuer Modelle für die zugrunde liegenden Auswertungen vorzugsweise chemometrisch oder alternativ mit anderen Referenzmethoden auf den 'tatsächlichen' Gehalt überprüft werden.

**[0040]** Sortiereinheiten **24** für derartige Zwecke sind hinreichend bekannt, so dass auf eine weitere Beschreibung verzichtet wird.

**[0041]** Ein Teilbereich des Spektrometers **16** ist in [Fig. 2](#) skizziert. Der dargestellte Bereich umfasst ein Glasrohr **26**, in dem ein zu vermessendes Korn **28** transportiert wird, eine erste und zweite Lichtschranke **30**, **32** und die eigentliche Messzelle **34** in der die spektrale Messung durchgeführt wird.

**[0042]** Das Glasrohr **26** besteht aus Quarzglas und ist für elektromagnetische Strahlung im VIS/NIR-Bereich (380 bis 2400 nm) durchlässig. Der Rohrquerschnitt kann so gewählt werden, dass ein Verdrehen des Kornes **28** in Förderrichtung – angedeutet durch die Pfeile – verhindert wird. Die Geschwindigkeit mit

der sich das Korn **28** im Glasrohr **26** vorwärts bewegt, kann beispielsweise durch eine hier nicht dargestellte steuer- oder regelbare Druckluftzufuhr, die einen das Korn **28** mitreißenden Luftstrom erzeugt, beeinflusst werden. Alternativ ist denkbar, den Neigungswinkel  $\alpha$  der Messzelle **34** und damit des Glasrohrs **26** an einem Gelenk **36** zu verstellen ([Fig. 3](#)). Bei senkrechter Stellung fällt das Korn **28** ungebremst durch das Glasrohr **26** – wird der Neigungswinkel  $\alpha$  jedoch verringert, so führt die resultierende Reibung des Kornes **28** an den Wänden des Glasrohrs **26** zu einer Verringerung der Fördergeschwindigkeit. Das Gelenk **36** kann auf mechanischen, elektromotorischen oder pneumatischen Wege regel- oder ansteuerbar sein. Für die Regelung oder Steuerung der Fördergeschwindigkeit stehen Regelgrößen wie ein Korngewicht oder die mit Hilfe der Lichtschranken **30**, **32** bestimmte Fördergeschwindigkeit bei vorhergehenden Messungen, zur Verfügung.

**[0043]** Die Lichtschranken **30**, **32** dienen zur Erfassung des Ein- und Austritts des Kornes **28** aus dem Spektrometer **16**. Wenn das Korn **28** die erste Lichtschranke **30** passiert oder gegebenenfalls mit einer vorgebbaren Verzögerung, wird die Messung gestartet und beim Durchlaufen der zweiten Lichtschranke **32** beendet.

**[0044]** In der [Fig. 2](#) sind zwei Einzelsonden **38** der Messzelle **34** dargestellt, die zur Einspeisung der Messstrahlung und Messung der Reflektion am Korn **28** dienen. Die Einzelsonden **38** wiederum sind aus einzelnen Fasersonden – basierend auf einem lichtleitenden Material – zusammengesetzt und ermöglichen die vom Ort der Messung distanzierte Anordnung von Strahlungsquelle **40** und Detektor **42** ([Fig. 4](#)). Im vorliegenden Beispiel bilden sechs ringförmig um eine Strahlungsquelle **46** angeordnete Detektorsonden **44** eine Einzelsonde **38**. Mehrere Einzelsonden **38** können in später noch erläuteter Weise in der Messzelle **34** angeordnet werden. Insgesamt sind alle Detektorsonden **44** auf den zentralen Detektor **42**, beziehungsweise alle Strahlungsquellen **46** auf die zentrale Strahlungsquelle **40**, zusammen geschaltet.

**[0045]** Die Strahlungsquelle **40** stellt eine Messstrahlung im nahinfraroten Spektralbereich bereit. Um Integrationszeiten  $< 10$  ms zu erreichen, wird als Detektor **42** ein polychromatischer Hochgeschwindigkeits-Diodenarray-Detektor mit 256 Photodiodenzeilen eingesetzt (beziehbar u.a. über die Firma Carl Zeiss Jena GmbH, Deutschland). Der Detektor **42** ist mit einer InGaAs-Diodenzeile ausgestattet, die Messintervalle von 1 bis 10 ms erlaubt und sich durch eine sehr gute Wellenlängenstabilität und eine sehr hohe Empfindlichkeit im nahinfraroten Spektralbereich von 400 bis 2400 nm auszeichnet. Der Detektor **42** ist durch seine hohe Widerstandsfähigkeit gegen Erschütterung und Temperaturänderung für die ver-

schiedensten Anwendungsbereiche geeignet und bietet deutliche Vorteile gegenüber der Filter- und Monochromatortechnik. Die Messung erfolgt mit einer Auflösung von 0,5 nm, wobei etwa 280 Messungen pro Sekunde durchgeführt werden. Pro Korn beträgt die Gesamtmesszeit etwa 0,5 s.

**[0046]** Eine spezielle Anordnung mehrerer Einzelsonden **38** in der Messzelle **34** soll die Aussagekraft der Messung erhöhen und eine größere Flexibilität bei der Messung mit sich bringen. Es hat sich als sinnvoll erwiesen, quer zur Förderrichtung zumindest zwei Einzelsonden **38** anzuordnen, denn hierdurch können die auf der unregelmäßigen Kornform oder einer unterschiedlichen Kornausrichtung beruhenden Messunterschiede im Rahmen der Auswertung kompensiert werden. Für eine solche transversale Einzelsonden- und daraus resultierende Messpunktanordnung auf dem Korn **28** zeigen die [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) zwei Alternativen auf. Nach einer ersten Variante ([Fig. 5](#)) werden drei oder mehr Einzelsonden **38** ringförmig, mit einem geeigneten Abstand um das Glasrohr **26** angeordnet und ermöglichen die Messung an entsprechend vielen Messpunkten auf dem Korn **28**. Wenn aus baulichen Gründen eine solche Vielfachanordnung nicht möglich ist, können nach einer zweiten Variante ([Fig. 6](#)) zwei Einzelsonden **38** in einer senkrecht zur Förderrichtung verlaufenden Ebene in einem Winkel von etwa 90° zueinander am Glasrohr **26** angebracht werden. Die [Fig. 8](#) zeigt beispielhaft sieben Messpunktpaare (a/a' bis g/g') die sich aus einer transversalen Einzelsondenanordnung mit je zwei Einzelsonden **38** ergeben. In der Auswerteeinheit **22** werden die Spektren der Messpunktpaare verglichen und bei bestehenden Unterschieden anhand eines weiter unten noch beschriebenen Modells die zur weiteren Auswertung geeigneten Spektren ausgewählt.

**[0047]** Es ist auch möglich mit einzelnen Fasern erfasste Strahlung in einer einzigen Faser zusammenzuführen, so dass sich ein mittleres Spektrum, das dem Detektor zugeführt wird.

**[0048]** Da das Korn **28** auch in Längsrichtung inhomogen aufgebaut ist und die daraus resultierenden Ungenauigkeiten bei der Messung signifikant sein können, hat sich eine Mehrfachanordnung von Einzelsonden **38** auch in Förderrichtung als vorteilhaft erwiesen. In [Fig. 7](#) sind exemplarisch fünf Einzelsonden **38** für eine derartige longitudinale Einzelsondenanordnung dargestellt, deren Abstand zueinander selbstverständlich auf die Dimensionen des Kornes **28** abgestimmt sein muss. Die sich ergebende longitudinale Messpunktanordnung für sieben Einzelsonden **38** ist der [Fig. 8](#) zu entnehmen (Messpunkte a bis g beziehungsweise a' bis g'). In der Praxis haben sich besonders Anordnungen mit 8 bis 12 Messpunkten in longitudinaler Erstreckung bewährt. Auch diese longitudinal unterschiedlichen Spektren können zu ei-

nem Mittelwertspektrum zusammengeführt werden.

**[0049]** Für ein konkretes Malzkorn ergeben sich aus einer solchen Messung die in [Fig. 9](#) aufgezeigten Spektren. Es wird deutlich, dass die Reflektion an verschiedenen Messpunkten a bis g unterschiedlich geformte Spektren liefert. Zur Bestimmung der absoluten Lage der einzelnen Messpunkte – das Korn **28** kann ja in zweierlei Richtungen ins Glasrohr **26** eingespeist werden – wird auf ein in der Auswerteeinheit **22** hinterlegtes Modell für Malzkörner zurückgegriffen. Ein solches Modell kann beispielsweise derart erstellt werden, dass Malzkörner zunächst spektroskopisch an den in Frage kommenden Messpunkten vermessen werden und die gewonnenen Daten durch chemometrische Bestimmungen oder alternative Referenzmethoden quantitativen Gehalten an bestimmten Inhaltsstoffen zugeordnet werden. Das Verhältnis der einzelnen Messpunkte zueinander ist aufgrund der Inhomogenität des Kornaufbaus charakteristisch für den Längsaufbau des Kornes und liefert daher eine Bezugsgröße für die Lagebestimmung von Messpunkten mit unbekannter Orientierung des Kornes **28**.

**[0050]** Unter bestimmten Umständen ist eine weitere Selektion der nun konkreten Messpunkten zugeordneten Spektren notwendig. So kann beispielsweise der Gehalt eines für die Reflektion verantwortlichen Inhaltsstoffes in einem bestimmten Bereich besonders charakteristisch sein und/oder es sollen bei einer Messung Bereiche mit abweichenden Reflektionsverhalten infolge der Anwesenheit von unterschiedlichen Inhaltsstoffen voneinander getrennt werden. Mit vorab beschriebener Lagebestimmung ist eine örtliche Selektierung besonders einfach, indem bei der jeweiligen Auswertung nur vorher festgelegte Messpunkte berücksichtigt werden. Ferner ist es sinnvoll, auch qualitative Kriterien bei der Auswahl der Spektren für die weitere Auswertung mit einfließen zu lassen. Durch Vorgabe von Grenzwerten für eine Abweichung von den im Modell hinterlegten Bezugsgrößen können Leermessungen unterdrückt werden.

**[0051]** Sobald die Selektierung abgeschlossen ist und die Lage der Messpunkte bestimmt ist, können die Spektren von mehreren Körnern **28** am gleichen Messpunkt gegenübergestellt werden. Beispielhaft zeigt [Fig. 10](#) einen solchen Vergleich für sieben Malzkörner am Messpunkt d. Schon hier ist ersichtlich, dass erhebliche Unterschiede bestehen. Bei Malzkörnern ist die gemessene Reflektion ein Maß für den Gehalt an  $\beta$ -Glucanen und damit ein Anhaltspunkt für den Stand der Endosperm-Umwandlung. Aus den Intensitäten der einzelnen Spektren können demnach Schätzwerte für den Gehalt an  $\beta$ -Glucanen bestimmt werden. Da die Intensität der einzelnen Spektren im in Frage kommenden Spektralbereich vom Lambert-Beer'schen Gesetz abweichen kann,

sollte zunächst auf chemometrischen Wege eine Kalibrierungsfunktion ermittelt werden. Mit Hilfe der in der Auswerteeinheit **22** hinterlegten Kalibrierungsfunktion lassen sich dann in der Praxis gut mit den tatsächlichen Gehalten übereinstimmende Schätzwerte bestimmen. Nach einem einfacheren Korrelationsmodell können die erfassten Spektren aber auch gleich mit einem im Speichermedium hinterlegten Datensatz an Referenzspektren auf Übereinstimmung verglichen werden und so aussagekräftige Schätzwerte liefern. Die gewonnenen Daten lassen sich in bekannter Weise statistisch auswerten und ermöglichen aufgrund der in kurzer Zeit erhältlichen großen Zahl an Einzelmessungen (> 7000 Messungen pro h) eine zuverlässige Abschätzung der Homogenität des Messgutes.

**[0052]** Der hier beanspruchte und beschriebene Einzelkornanalysator ist beispielsweise auch als Einzelstückanalysator z.B. zur Analyse von pharmazeutischen Erzeugnissen wie Pillen oder anderen Proben einsetzbar.

#### Bezugszeichenliste

<b>10</b>	Einzelkornanalysator
<b>12</b>	Vorratsbehälter
<b>14</b>	Förder- und Separationseinheit
<b>16</b>	Spektrometer
<b>18</b>	Modul für die Rotationsvereinzelung
<b>20</b>	Modul für die Linearvereinzelung
<b>22</b>	Auswerteeinheit
<b>24</b>	Sortiereinheit
<b>26</b>	Glasrohr
<b>28</b>	Korn
<b>30</b>	erste Lichtschranke
<b>32</b>	zweite Lichtschranke
<b>34</b>	Messzelle
<b>36</b>	Gelenk
<b>38</b>	Einzelsonde
<b>40</b>	Strahlungsquelle
<b>42</b>	Detektor
<b>44</b>	Detektorsonden
<b>46</b>	Strahlungssonden

#### Patentansprüche

1. Einzelkornanalysator (**10**) mit  
 (a) einer Förder- und Separationseinheit (**14**), in der ein zu untersuchendes Korn (**28**) (Einzelkorn) aus einer Vielzahl von Körnern (Messgut) separiert und vereinzelt einem Spektrometer (**16**) zugeführt wird sowie  
 (b) einem Spektrometer (**16**) mit einer Messeinrichtung (**34**), an der das Korn (**28**) während der Messung vorbei gefördert wird und die eine auf das Korn (**28**) ausgerichtete Strahlungsquelle für elektromagnetische Strahlung und einen die Reflektion der Strahlung vom Korn (**28**) oder die Transmission der Strahlung durch das Korn (**28**) erfassenden Detektor

(**42**) umfasst.

2. Einzelkornanalysator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Strahlungsquelle elektromagnetische Strahlung zumindest in einem spektralen Bereich zwischen 350 und 2400 nm abgibt und dass der Detektor einen Messbereich von 350 bis 2400 nm umfasst.

3. Einzelkornanalysator nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Messeinrichtung eine Messzelle (**34**) aus einem im Bereich der Strahlungsquelle (**40**) und des Detektors (**42**) NIR-transparenten Material umfasst.

4. Einzelkornanalysator nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Messzelle (**34**) ein als Probenzufuhr dienendes Glasrohr (**26**), insbesondere aus Quarzglas, umfasst.

5. Einzelkornanalysator nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Messzelle (**34**) Mittel zugeordnet sind, mit denen eine Fördergeschwindigkeit des Kornes (**28**) in der Messzelle (**34**) und damit eine Messzeit beeinflusst werden kann.

6. Einzelkornanalysator nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Beeinflussung der Fördergeschwindigkeit eine regel- oder steuerbare Druckluftzufuhr umfassen.

7. Einzelkornanalysator nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Beeinflussung der Fördergeschwindigkeit mechanisch, elektromotorisch oder pneumatisch verstellbare Gelenke (**38**) umfassen, mit denen ein Neigungswinkel  $\alpha$  der Messzelle (**34**) veränderbar ist.

8. Einzelkornanalysator nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Messzelle (**34**) zwei Lichtschranken (**30**, **32**) zur Detektion des Ein- und Austritts des Kornes (**28**) umfasst.

9. Einzelkornanalysator nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Detektor (**42**) Fasersonden aus einem lichtführenden Material umfasst, die die reflektierte oder die transmittierte Strahlung vom Messort zum Detektor (**42**) leiten (Detektorsonden (**44**)).

10. Einzelkornanalysator nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Strahlungsquelle (**40**) Fasersonden aus einem lichtführenden Material umfasst, die die erzeugte Strahlung von der Strahlungsquelle (**40**) zum Messort leiten (Strahlungssonden (**46**)).

11. Einzelkornanalysator nach den Ansprüchen 9 und 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Messzelle

(34) eine oder mehrere Einzelsonden (38) aus jeweils wenigstens einer Strahlungssonde (46) und wenigstens einer Detektorsonde (44) umfasst.

12. Einzelkornanalysator nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Einzelsonden (38) aus einer mittig gelegenen Strahlungssonde (46) und ringförmig darum angeordneten Detektorsonden (44) bestehen.

13. Einzelkornanalysator nach den Ansprüchen 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest zwei Einzelsonden (38) derart in der Messzelle (34) angeordnet sind, dass eine Messung simultan in quer zur Förderrichtung versetzten Bereichen des Korns (28) (Messpunkte) erfolgen kann (transversale Einzelsonden- und Messpunktanordnung).

14. Einzelkornanalysator nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Messpunkte der zumindest zwei Einzelsonden (38) für die transversale Einzelsondenanordnung in einem etwa 90°-Winkel zur Förderrichtung zueinander liegen.

15. Einzelkornanalysator nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Einzelsonden (38) für die transversale Einzelsondenanordnung ringförmig um die Messzelle (34) angeordnet sind.

16. Einzelkornanalysator nach den Ansprüchen 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest zwei Einzelsonden (38) derart in der Messzelle (34) angeordnet sind, dass eine Messung in Förderrichtung versetzten Bereichen des Korns (28) (Messpunkte) erfolgen kann (longitudinale Einzelsonden- und Messpunktanordnung).

17. Einzelkornanalysator nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass das 2 bis 20 in longitudinaler Anordnung unterscheidbare Messpunkte durch die longitudinale Einzelsondenanordnung vorgegeben sind.

18. Einzelkornanalysator nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass das 8 bis 12 in longitudinaler Anordnung unterscheidbare Messpunkte durch die longitudinale Einzelsondenanordnung vorgegeben sind.

19. Einzelkornanalysator nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass der Detektor (42) ein Hochgeschwindigkeitsdetektor mit Messintervallen von 0,01 bis 50 ms ist.

20. Einzelkornanalysator nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass der Detektor (42) ein Hochgeschwindigkeitsdetektor mit Messintervallen von 1 bis 10 ms ist.

21. Einzelkornanalysator nach einem der An-

sprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass der spektrale Messbereich des Detektors (42) 400 bis 2000 nm beträgt.

22. Einzelkornanalysator nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass der spektrale Messbereich des Detektors (42) 1000 bis 1700 nm beträgt.

23. Einzelkornanalysator nach einem der Ansprüche 1 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass der Detektor (42) ein Diodenarray-Detektor mit einer Photodiodenzeile ist.

24. Einzelkornanalysator nach einem der Ansprüche 1 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Förder- und Separationseinheit (14) frequenzgesteuerte Vibratoren zur Sortierung des Korns (28) umfasst.

25. Einzelkornanalysator nach einem der Ansprüche 1 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Förder- und Separationseinheit (14) ein Modul zur Vereinzelnung des Korns (28) umfasst.

26. Einzelkornanalysator nach einem der Ansprüche 1 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass der Messzelle (34) eine Sortiereinheit (24) nachgeschaltet ist, mit der die zuvor vermessenen Körner (28) definiert abgelegt werden können.

27. Einzelkornanalysator nach einem der Ansprüche 1 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass der Einzelkornanalysator (10) eine Auswerteeinheit (22) umfasst, in der die vom Spektrometer (16) erfassten Spektren eines jeden Korns (28) mit einem in einen Speichermedium hinterlegten Datensatz aus Referenzspektren verglichen werden.

28. Verfahren zur Einzelkornanalyse, bei dem in einem Einzelkornanalysator (10)  
(a) ein zu untersuchendes Korn (28) (Einzelkorn) aus einer Vielzahl von Körnern (Messgut) in einer Förder- und Separationseinheit (14) separiert und vereinzelt einem Spektrometer (16) zugeführt wird sowie  
(b) das Korn (28) während der Messung durch eine Messeinrichtung (34) eines Spektrometers (16) transportiert wird und durch eine auf das Korn (28) ausgerichtete Strahlungsquelle (40) vorzugsweise im sichtbaren Bereich und den nahen Infrarot-Bereich (VIS/NIR) bestrahlt wird und die Reflektion vom oder die Transmission durch das Korn (28) durch einen Detektor (42) vorzugsweise im spektralen Messbereich von 380 bis 2400 nm erfasst wird.

29. Verfahren nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass die vom Spektrometer (16) erfassten Spektren eines jeden Korns (28) in einer Auswerteeinheit (22) mit einem in einen Speichermedium hinterlegten Datensatz aus Referenzspektren auf Übereinstimmung verglichen werden (Korrelations-

modell).

30. Verfahren nach den Ansprüchen 28 oder 29, dadurch gekennzeichnet, dass ein im Speichermedium hinterlegtes Modell für das Korn (**28**) erstellt wird, in dem charakteristische spektrale Merkmale (Bezugsgrößen) für bestimmte Bereiche des Kornes (**28**) (modellierte Messpunkte) eingearbeitet sind und eine Zuordnung der an einzelnen Messpunkten erfassten Spektren zu den modellierten Messpunkten erfolgt (Lagezuordnung).

31. Verfahren nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, dass die Spektren bestimmter Messpunkte nach der Lagezuordnung in Abhängigkeit von einer der Messung zugrundeliegenden Aufgabenstellung ausgewählt werden und diese Spektren mit den Referenzspektren verglichen werden (örtliche Selektierung der Spektren).

32. Verfahren nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, dass Spektren bestimmter Messpunkte, die eine vorgegebene Abweichung zur Bezugsgröße des Modells überschreiten, vor dem Vergleich mit den Referenzspektren aussortiert werden (qualitative Selektierung der Spektren).

33. Verfahren nach einem der Ansprüche 29 bis 32, dadurch gekennzeichnet, dass den nach dem Korrelationsmodell ermittelten Referenzspektren Schätzwerte für den Gehalt an einen oder mehreren Inhaltsstoffen im Korn (**28**) zugeordnet werden.

34. Verfahren nach Anspruch 33, dadurch gekennzeichnet, dass die Schätzwerte für die einzelnen Körner (**28**) des Messguts statistisch ausgewertet werden und ein Maß für die Homogenität des Messguts liefern.

35. Verfahren nach einem der Ansprüche 28 bis 34, dadurch gekennzeichnet, dass der Messzelle (**34**) Mittel zugeordnet sind, mit denen eine Fördergeschwindigkeit des Kornes (**28**) in der Messzelle (**34**) beeinflusst werden kann und eine Messzeit pro Korn (**28**) durch Vorgabe einer bestimmten Fördergeschwindigkeit eingestellt wird.

36. Verfahren nach einem der Ansprüche 28 bis 35, dadurch gekennzeichnet, dass die Messzelle (**34**) zwei Lichtschranken (**30**, **32**) zur Detektion des Ein- und Austritts des Kornes (**28**) umfasst und mit Eintritt des Kornes (**28**) die Messung gestartet beziehungsweise mit Austritt des Kornes (**28**) die Messung beendet wird.

37. Verfahren nach einem der Ansprüche 28 bis 36, dadurch gekennzeichnet, dass durch die Förder- und Separationseinheit (**14**) eine Ausrichtung des Kornes (**28**) in der Messzelle (**34**) erfolgt.

38. Verwendung einer Einzelkornanalysator nach einem der Ansprüche 1 bis 27 und/oder des Verfahrens nach einem der Ansprüche 28 bis 37, dadurch gekennzeichnet, dass das Messgut Gerste oder Malz ist.

39. Verwendung nach Anspruch 38, dadurch gekennzeichnet, dass die Messung zur Ermittlung des Eiweißgehalts ( $\beta$ -Glucane) des Malzes dient und ein Maß für den Grad einer Endosperm-Umwandlung des Malzes liefert.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

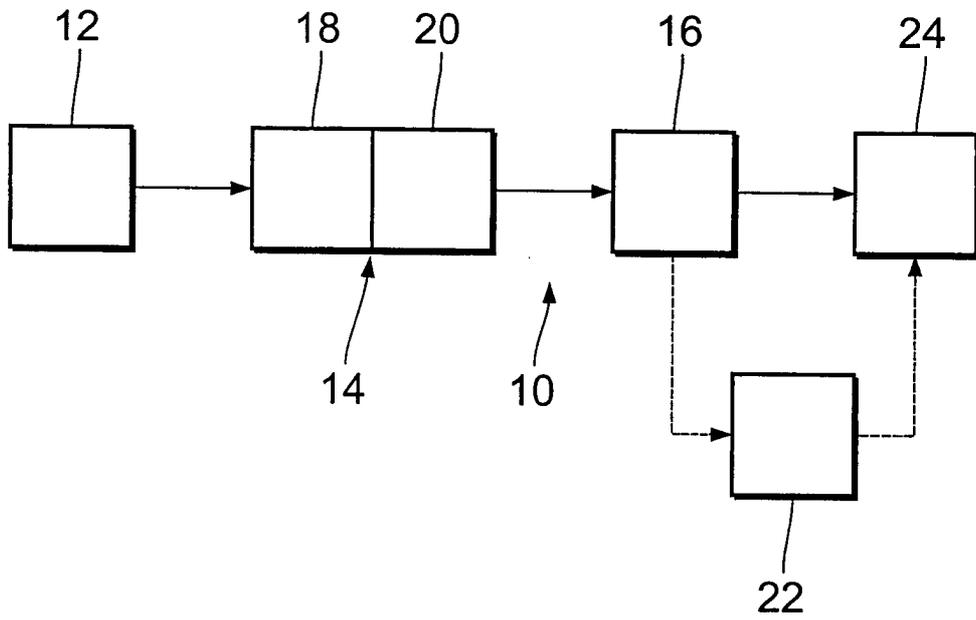


Fig. 1

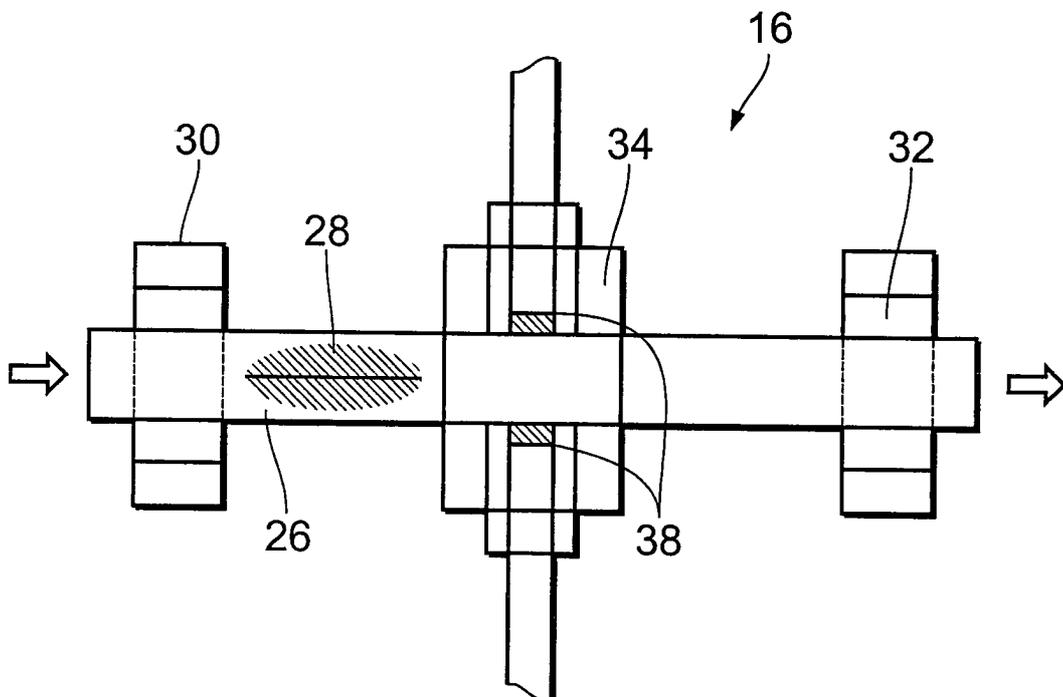


Fig. 2

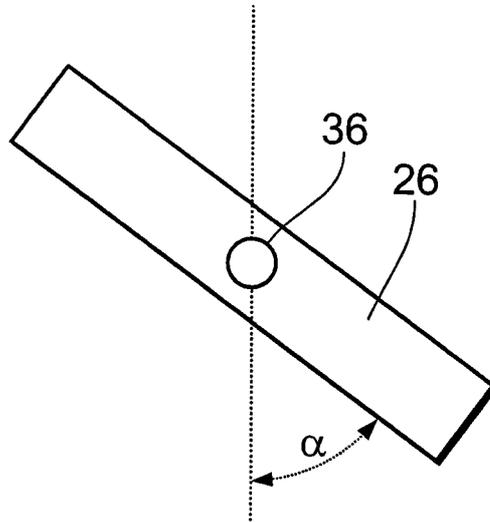


Fig. 3

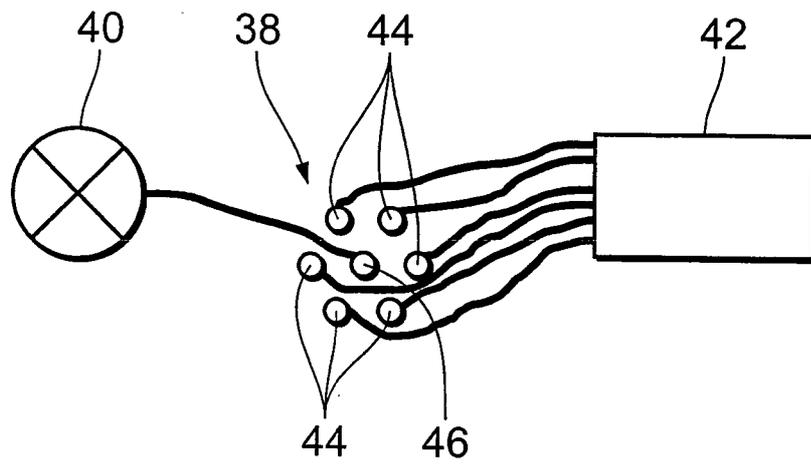


Fig. 4

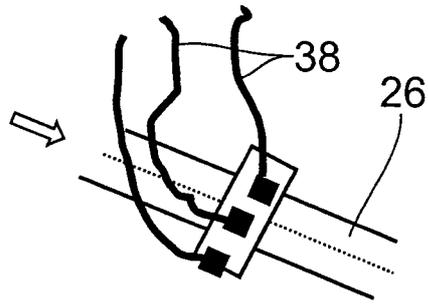


Fig. 5

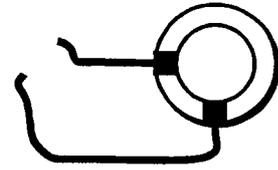


Fig. 6

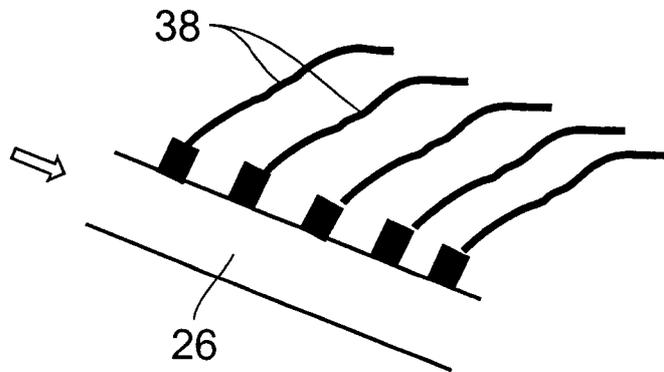


Fig. 7

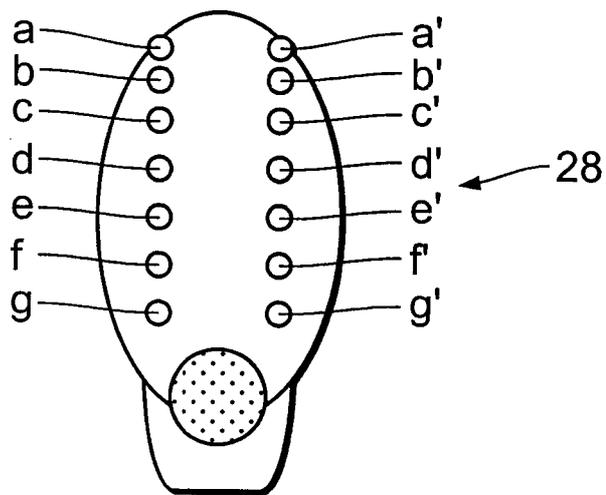


Fig. 8

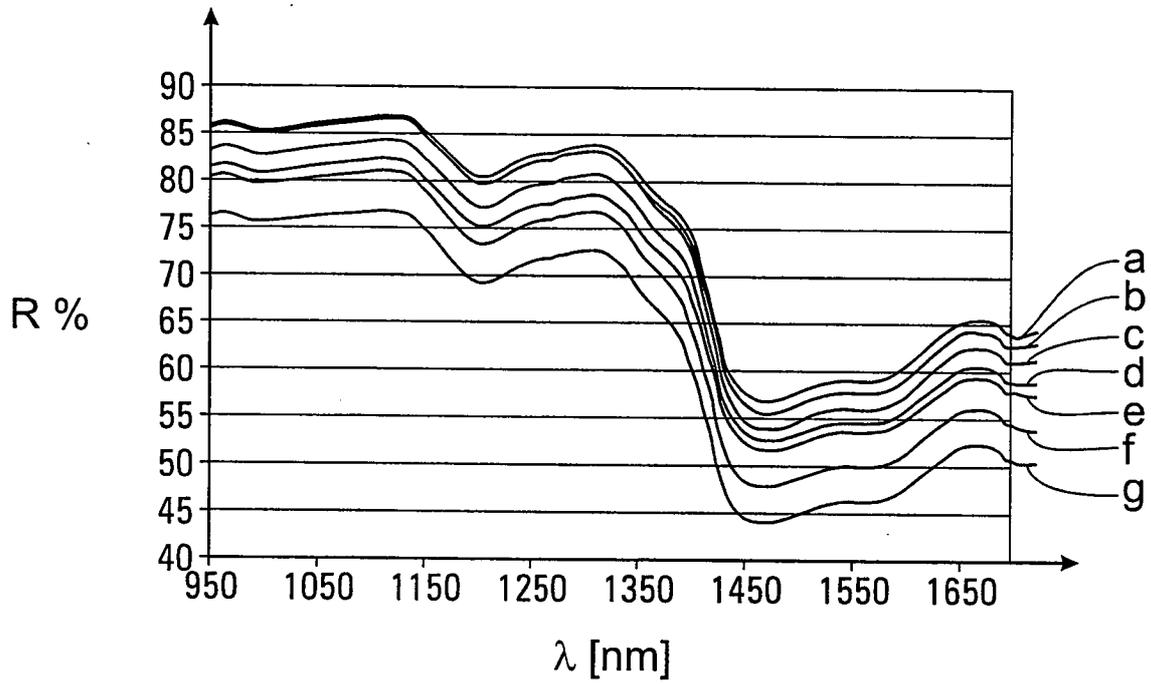


Fig. 9

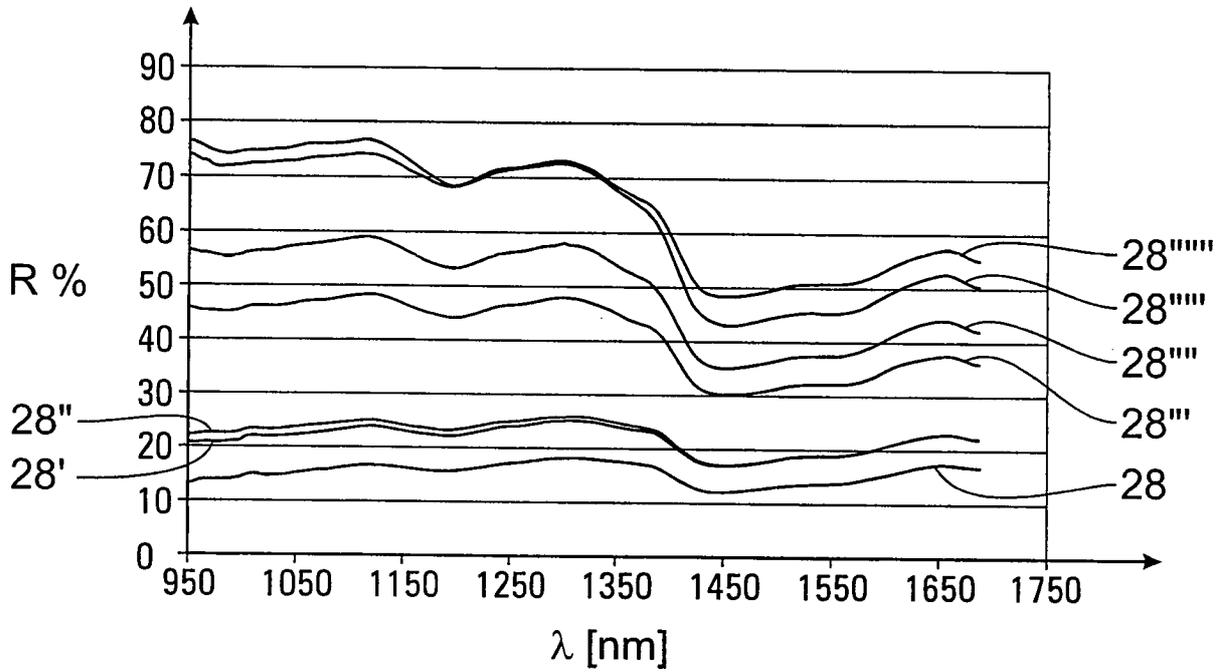


Fig. 10