(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 696 36 549 T2** 2007.01.11

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 871 858 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **696 36 549.9**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/SE96/00424**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **96 909 447.3**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 1996/031764**
(86) PCT-Anmeldetag: **01.04.1996**
(87) Veröffentlichungstag der PCT-Anmeldung: **10.10.1996**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **21.10.1998**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **13.09.2006**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **11.01.2007**

(51) Int Cl.[8]: ***G01N 15/06*** (2006.01)
G01N 21/49 (2006.01)
G01N 33/26 (2006.01)
G01N 33/49 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

27087795	**06.04.1995**	**NZ**
27217795	**22.05.1995**	**NZ**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, IE, IT, LI, NL, PT, SE

(73) Patentinhaber:
DeLaval Holding AB, Tumba, SE

(72) Erfinder:
KLEIN, Cornelis, Hamilton, NZ

(74) Vertreter:
Ruschke Hartmann Madgwick & Seide Patent- und Rechtsanwälte, 81925 München

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR QUANTITATIVEN BESTIMMUNG VON TEILCHEN IN FLÜSSIGKEITEN**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

GEBIET DER TECHNIK

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur quantitativen Bestimmung von Teilchen in Fluiden. Die bevorzugten Ausführungsformen finden Einsatz in der quantitativen Analyse von Fett in Milch und anderen Molkereiflüssigkeiten.

STAND DER TECHNIK

[0002] Die vorliegende Erfindung ist gerichtet auf das Gebiet der quantitativen Bestimmung von Teilchen in Fluiden. Der Ausdruck "Teilchen" soll hier in seinem allgemeinsten Sinn gelten und nicht nur auf Feststoffteilchen in einer anderen Phase beschränkt sein, sonder auch kleine Flüssigkeitsvolumen in einer anderen Flüssigphase einschließen, bspw. Micellen oder Tröpfchen in einer Flüssigphase wie einer Emulsion oder Fettkügelchen in einer Flüssigkeit wie Milch.

[0003] Weiterhin soll der Ausdruck "Fluid" auch die Gasphase beinhalten, obgleich die meisten Ausführungsformen vermutlich in Anwendungen liegen werden, in denen das Fluid eine Flüssigkeit ist.

[0004] Die meisten derzeit für die quantitative Bestimmung von Teilchen in einem Fluid eingesetzten Vorrichtungen sind verhältnismäßig komplex. Diese Komplexität ist mindestens teilweise ursächlich für mehrere Nachteile:

– Sie sind verhältnismäßig teuer;
– Sie sind oft verhältnismäßig empfindlich und für den Einsatz im Feld oder in normalen Fertigungs- und Verarbeitungsumgebungen generell ungeeignet;
– Sie sind generell anwendungsspezifisch und lassen sich oft nicht ohne Schwierigkeiten anderen Anwendungen anpassen;
– Sie lassen sich oft nicht zum Überwachen einer Reihen- bzw. Leitungs-Probennahmeanordnung einsetzen – bei den die meisten Ausführungsformen müssen der Produktionslinie Proben entnommen und zur Analyse in die Vorrichtung eingesetzt werden.

[0005] Im Stand der Technik wird zur quantitativen Bestimmung von Teilchen in einem Fluid vielfach spektroskopisch gearbeitet. Den meisten dieser Verfahren liegt die Infrarot-Spektroskopie zu Grunde und sie sind in vielen Fällen nur zum Erfassen und quantitativen Bestimmen von organischen oder Organometall-Teilchen im Fluid brauchbar. Ein Beispiel ist der Gegenstand der NZ-PS 192 325, die ein Verfahren zur quantitativen Messung von Fett in einer Probe unter Verwendung einer Infrarot-Absorptionstechnik und das Auswerten der Infrarot-Absorptionscharakteristik der Streckung gesättigter Kohlenstoff-Wasser-Bindungen beschreibt. Dieses und entsprechende Verfahren sind generell für die quantiative Analyse von bestimmten Kategorien von Verbindungen spezifisch und würden von ebenfalls in der Probe vorliegenden anderen als den interessierenden Stoffen beeinflusst werden.

[0006] Die Int. Patentanmeldung WO 92/17 767 ist gerichtet auf ein ähnliches Verfahren zur quantitativen Fettbestimmung in einer Emulsion und berücksichtigt auch Infrarot Absorptions-Peaks in Folge anderer Erregungen (als von C-H-Bindungen). Während diese Technik die Selektivität zu verbessern und so das Potenzial zu haben scheint, Störungen durch andere Stoffen in der Probe zu eliminieren, wird behauptet, es sei damit eine genauere Bestimmung direkt an Vollmilch ohne vorhergehende Homogenisierung möglich. Die beschriebene Erfindung leidet aber auch unter zahlreichen der oben beschriebenen Nachteile.

[0007] Die französische Patentschrift FR 2 050 525 beschreibt ein Verfahren, bei dem ein Infrarot-Strahl von parallelen transparenten Wänden reflektiert wird, die außen vom Probenfluid umgrenzt sind. Hier wird nur ein Teil des Strahles reflektiert (und ein Teil vom Probenfluid absorbiert oder transmittiert), um beim Verlassen der Kammer gemessen zu werden. Die Intensität der reflektierten Strahlen soll vermutlich den Teilchengehalt wiedergeben. Dieses Verfahren ist jedoch begrenzt hinsichtlich der Anzahl und der Art der verschiedenen Fluide, mit denen es einsetzbar ist.

[0008] Die russischen Patentschriften SU 983 538 und SU 1 748 058 richten sich ebenfalls auf Verfahren zur Teilchenbestimmung in Fluiden; sie verlangen jedoch teure oder komplexe Ausrüstungen, von denen eine vorzugsweise mit einem Maser arbeitet, der in den meisten Ländern nicht einfach käuflich erwerbbar sein dürfte.

[0009] Die CH-A-681 747 beschreibt das Messen von Festteilchenkonzentrationen in Flüssigkeiten, wobei

Licht aus zwei Quellen in die Flüssigkeit gerichtet und in einem 90°-Streu- und Rückstreuprozess mit mindestens zwei Detektoren gleichzeitig gemessen wird. Die Lichtquellen werden so angesteuert, dass sich ein spezifischer Zusammenhang erreichen und infolgedessen die Feststoffkonzentration aus den Lichtintensitäten an den Detektoren berechnen lässt.

[0010] Die US-5 416 580 offenbart eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Bestimmung von Teilchengrößenverteilungen, wobei die Vorrichtung eine erste und eine zweite Lichtquelle, die in unterschiedlichen Winkeln zu einer ein teilchenhaltiges Fluid enthaltenden Messzelle angeordnet sind, sowie ein Detektorfeld aufweist; ein Rechner schaltet die Lichtquellen in einer bestimmten Reihenfolge, um die Teilchen mit Strahlen unter unterschiedlichen Winkeln bezüglich einer Sammellinse zu bestrahlen. Die in den diversen Einfallwinkeln gemessenen Streulichtverteilungen werden durch mathematische Inversion mittels eines Rechners zu einer Größenverteilung für die Teilchengesamtheit umgesetzt.

[0011] Im Allgemeinen erlaubt der Stand der Technik keine stetige oder Inline- bzw. Leitungsüberwachung von Probenfluiden und ist in der Anwendung verhältnismäßig wenig flexibel.

[0012] Es ist ein Ziel der vorliegenden Erfindung, die vorgenannten Probleme zu behandeln oder der Öffentlichkeit mindestens eine brauchbare Wahl zu bieten.

OFFENBARUNG DER ERFINDUNG

[0013] Nach einem Aspekt der vorliegenden Erfindung stellt diese eine Vorrichtung zum Überwachen eines eine Probenzelle durchlaufenden Fluids durch quantitative Bestimmung der Teilchen im Fluid bereit, die aufweist:
eine Emittergruppe mit einem oder mehr Lichtemittern, die ihrerseits ein oder mehr Probenlichtsignale liefern;
eine Detektorgruppe mit einem oder mehr Lichtdetektoren, die für die Ausgangssignale der Lichtemitter empfindlich sind; und
eine Vielzahl von Lichtsignalpfaden, die jeweils zwischen dem Lichtemitter und dem zugeordneten Lichtdetektor eines einer Vielzahl von zugeordneten Lichtemitter-Lichtdetektor-Paaren verlaufen;
wobei die Anordnung so getroffen ist, dass die auf den Lichtsignalpfaden zwischen den Emitter- und Detektorgruppen laufenden Probenlichtsignale von der Detektorgruppe während der Analyse einer Fluidprobe in der Probenzelle empfangen werden und die Detektorgruppe an eine Verarbeitungseinrichtung Ausgangswerte zur Auswertung liefert, um einen Wert zu bestimmen, der den Teilchengehalt der Fluidprobe angibt;
dadurch gekennzeichnet, dass die Verarbeitungeinrichtung Ausgangswerte der Detektorgruppe für verschiedene Lichtssignalpfade mit Bezugswerten vergleicht, um Teilchen einer gegebenen Art von andersartigen Teilchen in der Fluidprobe zu unterscheiden und die Konzentration ersterer im Probenfluid zu bestimmen.

[0014] Die Detektorgruppe lässt sich so anordnen, dass sie mindestens einen Satz von durch das Reflexionsvermögen der Teilchen im Fluid verursachten Streu- oder Reflexionslichtsignalen erfasst.

[0015] Die Vorrichtung weist vorzugsweise eine optische Rückkopplungseinrichtung mit einem Rückkopplungsdetektor auf, dessen Ausgangssignal mindestens eine der folgenden Maßnahmen zulässt:
- – Beeinflussen entweder der Spannung oder des Stroms oder beider mindestens eines Lichtemitters, um dessen Lichtausgangssignal auf einem vorbestimmten Niveau zu halten;
- – Beeinflussen der Empfindlichkeit mindestens eines Lichtdetektors zur Anpassung an das Lichtausgangssignal mindestens eines Lichtemitters; und
- – Liefern eines Signals an eine Verarbeitungseinrichtung zur Verwendung in einer Korrektur beim Bereitstellen eines einen Teilchengehalt angebenden Werts.

[0016] Die Lichtsignalwege können sich in mindestens einer der folgenden Eigenschaften unterscheiden:
- – ihrer Pfadlänge in der analysierten Fluidprobe; und
- – im relativen Winkel ihres Pfades in der analysierten Fluidprobe.

[0017] Eine Ausführungsform der Vorrichtung enthält eine Emittergruppe, die eine Vielzahl von Lichtemittern an verschiedenen Orten entlang der Wand oder Wände der Probenzelle aufweist, wobei die Ausgangssignale der Emitter so gerichtet sind, dass sie eine Vielzahl von im wesentlichen direkten Signalpfaden zu einem oder mehr Lichtdetektoren der Detektorgruppe herstellen.

[0018] Die Vorrichtung weist mit Vorteil eine Vielzahl gepulster Lichtemitter auf und das Ausgangssignal eines einzelnen Lichtemitters oder einer Kombination derselben wird von der Detektorgruppe oder einem einzelnen

Detektor aus der Detektorgruppe wird zu einer bestimmten Zeit während der Analyse einer Probe erfasst, wobei die Impulsansteuerung der Lichtemitter so synchronisiert ist, dass die Ausgangssignale von einzelnen Lichtemittern oder von Lichtemitter-Gruppen erfassbar sind.

[0019] Mittels der Verarbeitungseinrichtung sind auch von der Detektorgruppe erzeugte Ausgangswerte mit gespeicherten Kalibrier-Bezugswerten vergleichbar, wobei der Vergleich Werte ergibt, die das Vorliegen unterschiedlich gearteter Teilchen in einem Probenfluid anzeigen.

[0020] Nach einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung stellt diese ein Verfahren zum Überwachen eines eine Probenzelle durchfließenden Fluids durch quantitatives Bestimmen von Teilchen in diesem bereit, bei dem man Probenlichtsignale auf einer Vielzahl von Lichtsignalpfaden durch eine Fluidprobe in der Probenzelle sendet, die jeweils zwischen einem einer Vielzahl von Emitter-Detektor-Paaren verlaufend an einem Lichtemitter beginnen und an einem Lichtdetektor enden, und bei dem man entlang der Lichtsignalpfade übertragene Probenlichtsignale detektiert, entsprechende Ausgangssignale erzeugt und die Ausgangssignale zu einem Wert verarbeitet, der den Teilchengehalt der Fluidprobe angibt;
dadurch gekennzeichnet, dass die Ausgangssignale durch einen Vergleich mit Bezugswerten verarbeitet werden, die verschiedenen Probenlichtsignalpfaden entsprechen, um so eine gegebene Teilchenart von anderen Teilchen im Fluid zu unterscheiden und einen Wert zu erzeugen, der die Konzentration der Teilchen der gegebenen Art in der Fluidprobe angibt.

[0021] Beim Durchführen des Verfahrens können die detektierten Probenlichtsignale sich in mindestens einer der folgenden Eigenschaften unterscheiden:
- ihre Pfadlänge in der analysierten Fluidprobe;
- ihren relativen Pfadwinkel in der analysierten Fluidprobe;
- der Intensität des vom Emitter erzeugten Ausgangssignals;
- im Verhältnis des gesendeten zum reflektierten oder gestreuten Licht;
  und
- der Wellenlänge.

[0022] Nach einem bevorzugten Verfahren sind die Ausgangssignale auch entweder durch lineare Reg-ression, durch Fourier-Transformation oder durch beide mit gespeicherten Kalibrier-Bezugswerten vergleichbar, um Werte zu erzeugen, die die Quantitätsniveaus unterschiedlicher Teilchenarten im Fluid angeben.

[0023] Das Verfahren lässt sich mit Vorteil anwenden zur Bestimmung des Anteile mindestens einer der folgenden Teilchenarten:
- Milch oder ein anderes Molkereifluid;
- fluidisierte Fettteilchen, -tröpfchen oder -suspensionen enthaltende Substanzen;
- Blut, Plasma, Sperma, Urin oder ein anderes biologisches Fluid;
- Öl oder Schmierstoff;
- Druck- oder Anstrichfarbe bzw. Lack oder ein anderes flüssiges Pigment.

[0024] Auf Milch oder andere Molkereifluide angewandt, lässt sich mit dem Verfahren mindestens der Fett- oder der Protein- und/oder der Lactose-Anteil oder die (somatische) Zellzahl (SCC-Wert) bestimmen.

[0025] Die vorliegende Erfindung lässt sich allgemein charakterisieren durch das Aufnehmen und Vergleichen von Werten für eine Vielzahl von durch ein Fluid verlaufenden Lichtsignalpfaden. Die betreffenden Signale werden sich in einer Anzahl physikalischer Eigenschaften eher unterscheiden als Wiederholungen eines Signals des gleichen Signalpfads. Dies schließt jedoch nicht aus, dass aus einem Signal des gleichen Signalpfads mehrere Daten erhalten werden – nur sollte dieser Pfad nicht der einzige sein, der für die Analyse herangezogen wird.

[0026] Die Signalwege können auf unterschiedliche Weise – bspw. wie folgt – variieren:
- Ihre Pfadlänge durch die analysierte Fluidprobe;
- Ihr relativer Pfadwinkel in der analysierten Fluidprobe;
- Direkter oder indirekter Einfall des emittierten Lichtstrahls auf den Detektor.

[0027] Frühere Ausführungsformen bevorzugten eine Probenanalyse durch Aufnahme erheblich unterschiedlicher Werte für sowohl reflektiertes als auch durch ein Fluid hindurch übertragenes Licht. Mehrfach-Signalpfade durch eine Probe, auf denen Licht auf einen Detektor fällt, führen in Folge des Vorliegens von Teilchen in der Probe auch zur Bildung einer Streu- und Reflexionslichtkomponente, die der Detektor normalerweise eben-

falls erfasst. Die separate Gewinnung von Transmissions- und Reflexionsdaten zwecks nachfolgender Verknüpfung und Auswertung lässt sich in vielen Ausführungsformen durch einfaches Aufnahmen von Werten für einen Bereich unterschiedlicher Transmissionspfade ersetzen. Für viele Fluide ist vielleicht vorzuziehen, dass diese Pfade unterschiedliche Relativwinkel haben, da infolgedessen die verschiedenen Signalpfade (beim Erreichen des Detektors) das Transmissions- und das Reflexions- bzw. Streulicht zu verschiedenen Anteilen enthalten.

[0028] Während vermutlich bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sich auf die Bestimmung von Fett in Milch und anderen Fluiden richten werden, lässt die Erfindung sich auch auf die Bestimmung von Teilchen in Fluiden wie Emulsionen und Suspensionen, Druckfarben, Blut sowie in Hydraulik-, Maschinen- und anderen Ölen usw. anwenden.

[0029] Aus Versuchen hat sich ergeben, dass die gleiche Vorrichtung sich zum Bestimmen der Anteile unterschiedlicher Teilchen in einem Fluid – oder mindestens zum Erzeugen einer brauchbaren Approximation an diese – verwenden lässt. Dies scheint abzuhängen von der Tatsache, dass unterschiedliche Teilchenarten ein unterschiedliches Absorptions- und Reflexionsvermögen (oft auch unterschiedliche Reflexions- bzw. Streuwinkel) zeigen. Die von einem Detektorsatz abgenommenen Signale sind dann eine Funktion der Kombination der Reflexions- und Absorptionseigenschaften aller Konstituenten. Durch Vergleich mit Bezugswerten lässt sich der Beitrag jeder vorliegenden Teilchenart bestimmen und durch weitere mathematische Analyse ein quantitativer Wert erreichen. So erhält man für ein Fluid wie Milch brauchbare und sinnvolle Anzeigen bspw. des Lactose-, Fett- und Proteinanteils sowie der Zellzahl sowie der gesamten Teilchenpräsenz.

[0030] Da die meisten praktischen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung verhältnismäßig einfach sind und sich verhältnismäßig robust – vielleicht als einzelne Baugruppe oder Modul – ausführen lassen, können verschiedene Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung Einsatz in der intermittierenden Überwachung von Milch und anderen Fluiden finden. Ein Beispiel des praktischen Einsatzes bestimmter Ausführungsformen der Erfindung ist die stetige oder periodische In-situ-Überwachung von Schmierfluiden. Hier lassen sich Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung anwenden, um ein Alarmsignal abzugeben oder Anlagenteile stillzusetzen, falls vorliegende Teilchen einen gegebenen Wert übersteigen. Ein Beispiel für eine bestimmte Anwendung ist der Einsatz in Motoren der Kfz- und der Luftfahrzeugtechnik. Andere Anwendungen sind der Einsatz für die Analyse von Blut, Plasma, Sperma, Urin und anderen biologischen Fluiden wie auch die von Druckfarben, Lacken und Pigmenten. In der Praxis lässt sich die Erfindung auf praktisch jedes Fluid anwenden, das Teilchen enthält, die mit einem Lichtsignal wechselwirken können. Dies kann auf niedrigem Niveau erfolgen, was den Einsatz in Qualitätskontrollanwendungen wie in Reinigungsanlagen, bei der Überwachung von Klärwasser und in Fluidspeiseleitungen in Industrieanlagen usw. nahelegt.

[0031] Die meisten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung arbeiten im Infrarotbereich; auch andere elektromagnetische Spektralbereiche kommen in Frage. Bevorzugte Ausführungsformen arbeiten im Bereich von 750 nm – 1200 nm oder 3000 nm – 10000 nm oder in beiden (beides Infrarotbereiche). Kostengünstige Emitter wie Lumineszenzdioden (LEDs) sind für den Infrarot- und sichtbaren Bereich problemlos erhältlich. Auch andere Arten von Lichtemittern sind anwendbar.

[0032] Ebenfalls problemlos erhältlich sind verhältnismäßig kostengünstige lichtempfindliche Detektoren, deren Ausgangssignal vom Lichteinfall abhängt. Viele von ihnen sind auch im Infrarotbereich verhältnismäßig empfindlich und die zunehmende Verbreitung von Infrarot-Fernsteuerungen gewährleistet die problemlose und kostengünstige Verfügbarkeit von Detektor-Dioden-Paarungen. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass sich in verschiedenen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung verschiedenartige lichtempfindliche Detektoren verwenden lassen. Dabei kann es sich bspw. um Photodioden, Lumineszenzdioden, Phototransistoren und andere optoelektronische Bauelemente handeln.

[0033] Wie erwähnt, findet im erfindungsgemäßen Verfahren eine vergleichende Analyse auf Grund an einer Probe erhaltenener Werte statt, die Informationen über die Lichttransmission und -reflexion in der Probe enthalten. Wie ebenfalls erwähnt, brauchen diese Informationen nicht separat aufgenommen zu werden, sondern können in einem einzelnen Ausgangswert eines Detektors enthalten sein, obgleich vorzugsweise mehrere unterschiedliche Signalpfade angesetzt werden, um eine brauchbare Genauigkeit zu erreichen. Diese Faktoren beeinflussen die Anzahl der in einer Ausführungsform der Erfindung eingesetzten Emitter und Detektoren sowie deren räumliche Anordnung. Es besteht eine Anzahl von Möglichkeiten, die nun an Hand von Beispielen diskutiert werden sollen.

[0034] Typischerweise weist ein erfindungsgemäße Arbeitsumgebung mindestens eine Emitter- und eine De-

tektorgruppe auf. Zur Vereinfachung der Beschreibung bezieht diese sich auf eine einzige Emitter- und eine einzige Detektorgruppe, sofern nichts Anderes angegeben ist.

[0035] Jede Emittergruppe kann einen oder mehr Lichtemitter umfassen, entsprechend die Detektorgruppe einen oder mehr Lichtdetektoren. Die Emitter- und die -Detektorgruppe sind generell so anzuordnen, dass man sowohl Transmissions- als auch Reflexionswerte – wenn auch nicht unbedingt gleichlaufend – erhält. Es folgen mehrere Beispiele, in denen Transmissions- und Reflexionsdaten zur nachfolgenden Verarbeitung separat aufnehmbar sind.

[0036] Eine bestimmte Anordnung wäre ein einzelner Lichtdetektor oder ein Feld aus mehreren Lichtdetektoren, die mehr oder weniger als einziger Lichtdetektor arbeiten. In Kombination mit dem einzigen Lichtdetektor würden mindestens zwei Lichtemitter vorliegen. Mindestens einer dieser Lichtemitter ließe sich so anordnen, dass sein Probenlichtsignal vom Lichtdetektor als transmittiertes Lichtsignal aufgenommen wird, d.h. das Probenlicht würde das Probenfluid direkt zum Detektor durchlaufen. Es sei das eine Beispiel des Probenfluids in einer Zelle zwischen zwei Fenstern betrachtet; dann liegt mindestens einer der Emitter auf der gleichen Seite der Probenzelle wie der Lichtdetektor (obgleich typischerweise von ihm entlang des Zellfensters versetzt), während der andere Lichtemitter so angeordnet ist, dass sein Signal durch das gegenüberliegende Zellfenster läuft. Eine solche Situation ist in der **Fig. 1** der Beschreibung dargestellt.

[0037] In einer anderen Anordnung können nur ein einzelner Lichtemitter und mindestens zwei Lichtdetektoren vorgesehen sein. Mindestens einer der Lichtdetektoren ist zur Aufnahme von transmittiertem Licht aus dem Lichtemitter positioniert, mindestens ein anderer zur Aufnahme von reflektiertem Lieht. Eine solche Anordnung ist in der **Fig. 2** dargestellt.

[0038] In anderen Anordnungen können mehrere Lichtemitter und -detektoren vorgesehen sein. Jeder Detektor (auch falls der Detektor nur einen einzelnen Lichtdetektor aufweist) kann Licht aus mehreren Lichtemittern aufnehmen. Dies kann eine Vielzahl von Reflexionssignalen aus verschiedenen Lichtemittern umfassen, desgl. mehrere Transmissionssignale aus verschiedenen Lichtemittern. Die Anordnung kann auch ein oder mehr Transmissions- und Reflexionslichtsignale pro Detektor umfassen.

[0039] Dabei ist erwogen, dass für die Anordnung des vorgehenden Absatzes nicht alle Lichtsignale für einen bestimmten Lichtdetektor gleichlaufend empfangen werden. In den meisten Fällen werden die Signale aus den verschiedenen Emittern, mit denen ein bestimmter Lichtdetektor zusammenwirkt, folgegeschaltet. In einigen Ausführungsformen können gleichlaufende Folgen zwischen verschiedenen Detektor/Emitter-Paaren bzw. -Sätzen ablaufen.

[0040] Möglicherweise werden im Betrieb verschiedene Lichtdetektoren auch auf die Signale aus einem einzigen Lichtdetektor reagieren – für diese Lichtdetektoren können die Pfadlängen (für Transmissionssignale) sich unterscheiden oder (für Reflexionssignale) unter verschiedenen Winkeln verlaufen. Wie einzusehen ist, lassen sich auch andere Emitter-Detektor-Anordnungen einrichten.

[0041] In anderen Ausführungsformen, wo keine reinen Reflexionswerte aufgenommen werden, werden die Detektor- und Emitter-Gruppen so angeordnet, dass eine Vielzahl von Signalmessungen auf verschiedenen Pfaden erfolgen können. Dadurch kann die Verwendung einer Anzahl von Emitter-Detektor-Kombinationen – einschl. mindestens einiger der oben und unten erwähnten – möglich werden. In derartigen Ausführungsformen wird die Anmordnung so sein, dass die meisten, wenn nicht alle Detektoren ein Transmissionsignal empfangen, weil ein Teil des auf den Detektor fallenden Lichts durch die Streuung/Reflexion an Teilchen im Fluid verursacht wird. Die Streuung und Reflexion trägt auch zur Absorption bei, so dass in der Praxis eine Vielzahl von Signalpfaden, die sich in der Länge und/oder dem relativen Winkel unterscheiden, sich als für eine quantitative Teilchenauswertung ausreichend erwiesen hat. In der Praxis haben 3–5 verschiedene Pfadlängen sich als zufriedenstellender Kompromiss zwischen übermäßiger Komplexität und Genauigkeit erwiesen. Abhängig von der Probe und anderen Parametern kann man mit zwei und mehr Pfaden arbeiten.

[0042] In einigen Ausführungsformen lässt sich auch die Intensität auf jedem Pfad ändern, um Messwerte für verschiedene Intensitäten zu erhalten. Dadurch nimmt die Anzahl der in der Probenanalyse aufgenommenen unterschiedlicher Datentypen zu, wie auch in einigen Fällen – bspw. für einige Fluid- und Teilchenarten – die Genauigkeit oder Sicherheit.

[0043] Ersichtlich gibt es eine Anzahl verschiedener möglicher Emitter-Detektor-Anordnungen, um die Vielzahl unterschiedlicher Datentypen (bspw. aus verschiedenen Signal- und Pfadeigenschaften) zu erreichen, die

für eine genaue Probenanalyse bevorzugt sind. Andere als die bisher erwähnten Anordnungen lassen sich einrichten, um eine oder mehr der folgenden Situationen zu erfassen:

– Eine Vielzahl von Emittern arbeitet gleichlaufend und eins zu eins gemeinsam mit einer Vielzahl von Lichtdetektoren, wobei die Signalpfade im wesentlichen identische Eigenschaften haben, so dass sich zum Mitteln oder anderen Vergleich ein Bereich präsumptive identischer Messwerte gleichzeitig erhalten lässt;

– Ein einzige Emitter wirkt mit mehreren Detektoren gleichlaufend eins zu mehreren zusammen, wobei die physikalischen Signalpfadeigenschaften (bspw. Pfadlängen, Winkel usw.) im wesentlichen identisch sind, so dass die erhaltenen Werte sich mitteln oder sonstwie vergleichen lassen;

– Wie im vorgehenden Absatz, wobei die vom Emitter zu den einzelnen Detektoren verlaufenden Signalpfade sich in den Eigenschaften unterscheiden, so dass man einen Bereich unterschiedlicher Signalpfadwerte für die nachfolgende Auswertung erhalten kann;

– Ein einziger Lichtdetektor nimmt gleichlaufend Licht aus einer Vielzahl von Lichtemittern auf, wobei die Signalpfade von den Lichtemittern zu dem einzigen Lichtdetektor im wesentlichen identisch und die Werte mittelbar oder sonstwie vergleichbar sind;

– Wie im vorgehenden Absatz, wobei die Emitter/Detektσr-Signalpfade sich unterscheiden.

[0044] Auch wäre zu erwägen, durch Folgeschalten, Pulsen oder einen sonstwie gearteten nichtstetigen Betrieb der Emitter und/oder Detektoren während eines Datenaufnahmezyklus unterschiedliche Emitter-Detektor-Kombinationen auszuwählen.

[0045] In einigen Ausführungsformen können, falls genug Lichtemitter und -detektoren vorliegen, diese im wesentlichen stetig arbeiten; es wird jedoch erwogen, üblicherweise einen Impuls- bzw. nichtstetigen Betrieb anzuwenden. Dadurch lässt sich potenziell eine Anzahl Vorteile realisieren. Bspw. lassen sich durch Folgeschalten oder Synchronisieren des Betriebs verschiedener Lichtemitter und -detektoren Daten für eine Anzahl unterschiedlicher Signalpfadlängen erreichen. Die Vorrichtung kann Folgen derartiger Datenaufnahmeschritte zyklisch durchlaufen, um einen erweiterten Datensatz für den nachfolgenden Vergleich und die Auswertung zu erhalten. Diese Informationen können verbesserte bzw. konsistentere Werte für die quantitative Bestimmung vorliegender Teilchen insbesondere dann ergeben, wenn die Probe nicht homogen ist oder fließt. Wie einzusehen ist, brauchen weder die verschiedenen Datenaufnahmezyklen in ihrer Schrittfolge noch die Anzahl der Datenaufnahmezyklen für den jeweiligen Zyklus identisch zu sein.

[0046] Ein anderer potenziell realisierbarer Vorteil eines nichtstetigen Arbeitens liegt im geringeren (zeitlichen) Energiebedarf der Lichtemitter. Dieser Gesichtspunkt kann für abgesetzt arbeitende Einheiten wichtig sein oder wo Energie gespart werden muss. Alternativ lassen viele Lumineszenzdioden kurzzeitig weitaus höhere als die normalen Arbeitsströme zu. Damit sind stärke Impulse des Probenlichtsignals möglich als beim stetigen Betrieb des Emitter-Bauelements innerhab normaler Arbeitsparameter. Dadurch lässt sich die Leistung der Vorrichtung verbessern – sie ist vielleicht für einen breiteren Bereich von Probenarten einsetzbar und wird vielleicht auch die Wirtschaftlichkeit verbessern, weil man weniger streng tolerierte Bauteile als für den stetigen bzw. Dauerbetrieb verwenden kann.

[0047] An der Vorrichtung lassen sich verschiedene andere Abänderungen durchführen. Diese Modifikationen können in einigen Fällen die Genauigkeit, Reproduzierbarkeit oder die Fähigkeit zur Analyse schwieriger Proben verbessern. In einigen Fällen können die Modifikationen nur eine Alternative zu einigen der vorgehend erläuterten Anordnungen sein. Auf vielerlei Weise ist dies analog zur Aufnahme von Messwerten bei unterschiedlichen Pfadlängen (unter dem gleichen Winkel) im Probenfluid und kann als Approximation für sie dienen. Die Daten werden dann nicht immer genau gleich den Ergebnissen unterschiedlicher Pfadlängen sein, aber doch noch Informationen liefern, die charakteristisch für eine oder mehr bestimmte Proben sind.

[0048] In einigen Ausführungsformen werden mit der Detektorantwort auch Intensitäts-Informationen an Datenaufnahme-/Vergleichseinrichtungen geliefert, so dass sich mit jeder vergleichenden Analyse die Ergebnisse mit dem Ausgangssignal dieses Probenstrahlsenders korrelieren lassen.

[0049] Eine Modifikation der Ausgangslichtstärke des Probenlichtemitters kann auch zur selbsttätigen Bereichsumschaltung des Ausgangs zur Anpassung an die Eigenschaften des Detektors dienen. In einer solchen Situation kann die Maschine sich selbst so einstellen (obgleich es auch von Hand möglich wäre), dass der Detektor in seinem wirksamsten oder genauesten Bereich arbeitet. Alternativ kann man die Ausgangslichtstärke so einstellen, dass sie vom Detektor empfangenen Signale innerhalb eines Bereichs liegen, der mit dem der für die jeweilige Probenart gespeicherten Ausgangs- bzw. Kalibrierdaten vergleichbar ist.

[0050] Auch eine andere Betriebsart ist möglich. Anstatt eine feste bekannte Probenstrahlstärke abzugeben,

ließe die Lichstärke sich ändern, bis der Detektor eine bestimmte Signalstärke empfängt. Die Lichtstärke des so emittierten Probenstrahls lässt sich dann für die nachfolgende Analyse nutzen. Derartige Informationen lassen sich auch mit einem Probendatensatz kombinieren, der mit einem Probenstrahl bekannter konstanter Intensität erhalten wurde. Die Aufnahme, der Vergleich und die Analyse der nach unterschiedlichen Messverfahren an einer bestimmten Probe gesammelten Daten können zur Verbesserung der Genauigkeit oder Konsistenz der Vorrichtung dienen. Dieser Punkt kann nützlich sein, wo die Vorrichtung auf unterschiedliche Probenarten oder eine große Variationsbreite der Probeneigenschaften trifft.

[0051] Während die Intensität des Probenstrahls sich an der Quelle erfassen lässt, kann man auch andere Eigenschaften des Emitter-Bautelements messen. Bspw. lässt sich bei einem Bauelement wie einer LED deren Strom als Intensitätsmaß ansetzen. Möglich ist der Abgleich eines bestimmten, Licht emittierenden Elements zur Korrelation seiner Ausgangslichtstärke mit dem Arbeitsstrom (oder einer anderen Eigenschaft (wie der Spannung usw.). Wo Probenergebnisse mit Kalibrierdaten vergleichbar sind, braucht die Ausgangslichtstärke nicht genau bekannt zu sein, da man die Ergebnisse nicht mit Absolutwerten erhält, sondern durch Vergleich der Ergebnisse mit gespeicherten Daten, die an Hand von Kalibrierdurchläufen unter ähnlichen Bedingungen aufgenommen wurden. Dies hängt oft von der jeweiligen Ausführungsform der Vorrichtung und davon ab, ob man mit Aufzeichnungs- oder Kalibrierdaten arbeitet. Meistens wird es jedoch erwünscht sein, dass – mindestens während der Versuchsintervalle oder zwischen Kalibrierläufen – die Eigenschaften des Emitterelements und auch anderer Komponenten der Vorrichtung verhältnismäßig konstant und sicher gegen Drift sind. Dies kann in einigen Anwendungen der Erfindung problematisch sein und lässt sich durch optische Rückkopplung behandeln, wie sie weiter unten diskutiert ist.

[0052] Eine andere anwendbare Technik ist das Ändern der Richtung des emittierten Probenstrahls. Diese Technik wird wahrscheinlich eher eingesetzt, wo ein emittierte Strahl verhältnismäßig schmal ist – im Gegensatz zu einem breiten Strahl, der sich sowieso aus mehreren verschiedenen Positionen erfassen lässt. Ein anderes Modulationsverfahren ist das Ändern des Strahlwinkels. Für einen gegebenen festen Detektor hat das Ändern des Winkels des Probenstrahls den Effekt, die gemessene Intensität zu verändern, die nicht nur vom einfallenden Licht (abhängig von der Position des Detektors), sondern auch von der Erfassung diverser Streu-, Reflexions- und Absorptionslichtanteile aus dem Durchgang durch das Probenfluid abhängt. Gegenüber einer einfachen Modulation der Probenstrahlstärke erhält man so Informationen anderer Art, die sich auf mehrfache Art und Weise nutzen lassen.

[0053] Diese Informationen lassen sich wiederum mit Kalibrier- oder Aufzeichnungsdaten vergleichen. Sie können auch Aussagen über das Wesen des Teilcheninhalts (das Reflexionsvermögen, die Größe, Oberflächenunregelmäßigkeiten usw. von Teilchen beeinflussen allesamt die auftretende Reflexion und Streuung) beeinhalten, aus denen der Benutzer zusätzliche Informationen ableiten kann. Setzt man auch die verschiedenen Modulations- und Messformen ein, wie sie innerhalb der Erfindung umrissen und enthalten sind, lässt sich für die Probe ein vollständigerer Satz Informationen erreichen, der sich nutzen lässt, um nicht nur die Konzentration oder den Teilchengehalt, sondern auch andere Eigenschaften der Probe genauer zu identifizieren. Auch das Messen unterschiedlicher Komponenten in einer Probe oder ihrer relativen Anteile kann eine Möglichkeit sein.

[0054] Physikalische Besonderheiten lassen sich ebenfalls bereitstellen, um die Eigenschaften eines Probenstrahls zu beeinflussen – bspw. Reflektoren und Linsen, die mit einem Probenstrahl wechselwirken. Auch das Beeinflussen nur eines Teils des Probenstrahls ist möglich. Der Einsatz von Reflektoren, Linsen, Strahlteilern und Filtern wird erwogen. Die Verwendung von Filtern mit veränderbaren Filtereigenschaften ist eine andere Möglichkeit zur Modulation von Eigenschaften der Probenlichtquelle. Der Strahl kann dann mit der Probe auf unterschiedliche Weise wechselwirken (die Technik des Änderns der Frequenz der Probenlichtquelle wurde bereits diskutiert). Der Einsatz aller dieser Elemente ist eine weitere Methode, die Eigenschaften des Probenlichtstrahls zu ändern, die Antwort des Probenfluids (auf unterschiedliche Messtechniken) zu erfassen und diese danach auszuwerten.

[0055] In einigen Fällen kann die Ausgangslichtstärke eines Emitters sich zeitlich ändern und so die Ergebnisse der Probenanalyse beeinträchtigen – insbesondere wenn andere Emitter und Detektoren kein identisches Driftverhalten zeigen. Auch bei LEDs wird über deren Lebensdauer die Ausgangslichtstärke allmählich abnehmen. Die Temperatur des Fluids kann die eines Emitters, Detektors oder anderer Bauelements beeinflussen, was zu schwankenden Messwerten führt, auch wenn sie typischerweise die Ausgangslichtstärke des Emitters am stärksten beeinflusst. Wegen der Stabilitätsprobleme hat man in bekannten Analysegeräten dieser Art LEDs im Allgemeinen vermieden.

[0056] Um diese Probleme zu behandeln, hat man bisher irgendeine Form von Rückkopplung (im Folgenden als "optische Rückkopplung" bezeichnet) angewandt, um Drifterscheinungen und Schwankungen zu kompensieren. In einer bevorzugten Ausführungsform wird ein zusätzlicher Quelldetektor eingesetzt, um die Lichtintensität unmittelbar am Emitter zu messen. Mit der Rückkopplung aus diesem Detektor wird dann entweder die Eingangsspannung oder der Strom des Emitters (oder beide) nachgeregelt, um sicherzustellen, dass die Ausgangslichtstärke konstant bleibt.

[0057] Eine Alternative ist, mit Informationen aus dem Quelldetektor die Empfindlichkeit des oder der Detektoren der Ausgangsintensität der Quelle anzupassen. Eine andere Alternative ist die Nutzung der Rückkopplung zum Bereitstellen weiterer Daten zur Berücksichtigung bei der nachfolgenden Verarbeitung und Auswertung von aus dem Detektor erhaltenen Werten bzw. Signalen. Kombinationen dieser und anderer Techniken sind ebenfalls möglich.

[0058] Auch der Quelldetektor kann seinem Wesen nach unterschiedlich sein. Er kann anderen in der Vorrichtung eingesetzten Detektoren gleichen oder sich von ihnen unterscheiden. Einen gewissen Vorteil kann man realisieren, indem man als Quelldetektor einen Emitter verwendet, der identisch mit dem zu überwachenden ist. Viele Emitter lassen sich so verschalten, dass sie als Detektor wirken. Dadurch erhält man einen Vorteil, denn ein solche Quelldetektor verhält sich hinsichtlich der Antwort auf physikalische Eigenschaften (bspw. die Temperatur usw.) ziemlich genau so wie der Emitter. Weiterhin ist eine LED oft kostengünstiger als eine (in vielen Ausführungsformen eingesetzte) Photodetektordiode.

[0059] Weiterhin lassen sich konstruktive Vorkehrungen treffen, um die empfindlichen Bauelemente der Vorrichtung vor physikalischen Einflüssen wie der Temperatur zu isolieren. Ordnet man diese Bauteile in einer thermisch trägen Materialmasse an, verhindert man schnelle Temperaturänderungen. Mit Wärmetauschrippen oder mit der Umgebung zusammenwirkenden konstruktiven Besonderheiten lassen sich von der Probe verursachte Temperaturänderungen vermeiden, sofern die Umgebung ihrerseits verhältnismäßig stabil ist. In einigen Ausführungsformen sind eingebaute Temperaturfühler zum Aktivieren von Heiz- oder Kühleinrichtungen (bspw. Peltier-Elementen) anwendbar. Auch Informationen aus Temperaturfühlern lassen sich bei der Probenanalyse von der Verarbeitungs-/Auswertungseinrichtung auswerten.

[0060] In einigen Ausführungsformen kann eine thermische Isolierung der Vorrichtung gegen die Probe Einsatz finden. Eine Möglichkeit wäre ein Luftspalt zwischen den Zellwänden und der Vorrichtung. Doppelt isolierte Zellen – und vielleicht sogar evakuierte Wandzwischenräume – sind eine weitere Möglichkeit, obgleich eine Doppelzellwand zusätzliche Reflexionen und Beugungen verursachen kann. Ist dieser Einfluss konstant, lässt er sich durch Vergleich mit an der gleichen Anordnung aufgenommenen Bezugsprobendaten eliminieren.

[0061] In verschiedenen Ausführungsformen lassen sich auch andere Techniken und Verfahren anwenden. Für viele Anwendungen ist u.U. eine hohe Genauigkeit nicht erforderlich; vielmehr müssen nur schnelle oder signifikante Änderungen in einer überwachten Probe erfasst werden. In diesen Anwendungen ist eine hohe spezifische Genauigkeit u.U. nicht nötig; eine einfache Ausführungsform der Vorrichtung ohne optische oder andere Rückkopplung genügt.

[0062] Die Antwort bzw. die Ausgangssignale der Detektorgruppe geben normalerweise das Vorliegen von Teilchen in einem Probenfluid wieder. Wie aber erwähnt, können in einigen Fällen andere Komponenten oder physikalische Eigenschaften des Probenfluids die Probenlichtsignale und damit die Detektorantwort beeinflussen. In Fällen wie diesen lassen sich mehrere andere Techniken anwenden, um aus der Vorrichtung einen endgültigen Wert zu erhalten, der den tatsächlichen Teilchengehalt im Probenfluid eher wiedergibt.

[0063] Eine in bestimmten Situationen evtl. wirksame Technik ist die Anwendung eines zweiten Bezugsprobensignals zum Vergleich. In solchen Fällen wird man die Unterschiede zwischen der Arbeits- und der Bezugsprobe auswerten, um einen endgültigen Ausgangswert der Teilchenbestimmung zu erzeugen. Derartige Techniken sind bekannt und daher hier nicht ausführlicher beschrieben.

[0064] Es sei darauf hingewiesen, dass die genannte Anordnung nicht immer für alle Anwendungen geeignet ist. In einigen Fällen kann es nicht möglich oder praktikabel sein, einen zweiten Gerätesatz bereit zu stellen. In anderen Fällen, in denen die Leitungs- bzw. Reihenüberwachung erfolgt, kann das überwachte Probenfluid sich in seinem Wesen intermittierend ändern, so dass man eine "typische" Bezugsprobe nur schwer erhält. In anderen Fällen kann die Nutzungsdauer einer Bezugsprobe verhältnismäßig kurz (bspw. bei einem Reaktionszwischenprodukt) sein, so dass es nicht praktikabel ist, sich auf eine Bezugsprobe zu stützen.

[0065] Eine andere Technik, mit der sich einige der genannten Probleme behandeln lassen, ist das Arbeiten mit Datenbeständen zum Vergleich. Diese vorweg gesammelten Daten lassen sich aus verschiedenen Bezugs- und Kalibrier-Standards übernehmen. Wo Änderungen des Wesens des Probenfluids erwartet werden, lassen sich zusätzliche Fühler einsetzen, um die Änderung der Eigenschaften des Probenfluids (zusätzlich zu Anderungen des Vorliegens und der Konzentration von Teilchen) zu erfassen, damit die Vorrichtung dann bestimmen kann, welcher Datensatz der gespeicherten Bezugs- und Kalibrier-Standards den physikalischen Eigenschaften aus der Auswertung des Probenfluids. am genauesten entspricht. Vermutlich werden derartige Anordnungen ihren Einsatz jedoch eher in schwierigen oder extremen Fällen finden.

[0066] Die vorliegende Erfindung wird vermutlich für einen breiten Bereich von Fluiden eingesetzt werden. Einige typische Fluide wurden bereits erwähnt, u.a. Blut, Öle und Schmierstoffe, Milch und andere Molkereiprodukte, fluidisierte Gas/Feststoff-Ströme, Druckfarben, Lacke und Anstrichfarben, Pigmente usw. In einigen dieser Situationen kann es nötig sein, den Bereich des infraroten bis sichtbaren Lichts des elektromagnetischen Spektrums zu verlassen. Andere Bereiche wie Radiofrequenzen oder die kürzeren Mikrowellen und Röntgenbänder können ebenfalls in Betracht gezogen werden, obgleich die Emitter- und Detektor-Bauelemente erheblich komplexer werden können, was einige der potenziell realisierbaren Vorteile wie Einfachkeit und niedrigere Kosten wettmachen kann. In einigen Situation kann jedoch das Arbeiten mit Probensignalen in anderen Spektralbereichen anderen verfügbaren Techniken vorzuziehen oder diesen überlegen sein.

[0067] In einigen Ausführungsformen ist es auch möglich, das Probenlichtsignal selbst zu verändern oder zu variieren – u.a. seine Frequenz, Intensität usw. Hierzu würde man zusätzliche Emittergruppen vorsehen, die man selbsttätig oder nach Wunsch des Benutzers auswählt. Es lässt sich auch der Einsatz von Emittern mit veränderbarer Ausgangsfrequenz vorsehen, die über einen Bereich bzw. auf eine Anzahl von Frequenzen emittieren, die sich selektiv filtern lassen, und man kann mit die Emitter steuernden Bauelementen arbeiten, die in der Lage sind, das Ausgangssignal eines Emitters zu verändern.

[0068] Zur weiteren Verbesserung einiger Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung lassen sich die Probenlichtfrequenzen zum Abtasten/Analysieren des Probenfluids variieren. Während sich bei Substanzen wie Milch mit einem Probenlichtsignal einer einzigen Frequenz brauchbare Ergebnisse erreichen lassen, kann das Abtasten der Probe mit mehreren verschiedenen Frequenzen die Ergebnisse zuweilen verbessern. Wo die Teilchen für das Probenlichtsignal völlig oder teilweise opak sind, sollte ihre Wechselwirkung mit ihm bei verschiedenen Probenlichtfrequenzen theoretisch gleich sein. Störungen durch andere Komponenten im Probenfluid können dagegen bei unterschiedlichen Frequenzen variierende Effekte aufweisen. Durch geeignete Analyse und Vergleich der Detektorantworten bei verschiedenen Frequenzen lässt sich ein klareres Bild der Auswirkung von nur dem Vorhandensein von Teilchen auf das Detektorausgangssignal erreichen. Es ist damit zu rechnen, dass derartige Modifikationen nicht notwendigerweise in allen Ausführungsformen verwendet werden, obgleich dies für einige Probenfluide erwünscht ode nötig sein kann.

[0069] In den meisten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden die Ausgangssignale der Detektorgruppe berücksichtigt und ausgewertet, um einen Wert zu erzeugen, der den Teilchengehalt der Probe darstellt. Diese Auswertung erfolgt generell mittels irgendeiner Form einer – typischerweise elektronischen – Verarbeitungseinrichtung. Eine solche Einrichtung lässt sich in die Vorrichtung aufnehmen, obgleich ein weiteres typisches Szenario der Einsatz einer externen Verarbeitungseinrichtung wie eines Computers ist.

[0070] In den meisten Fällen wird es erforderlich sein, das Ausgangssignal der Lichtdetektoren in eine zur nachfolgenden Auswertung bzw. Bearbeitung geeignete Form umzusetzen. Hierzu wird man häufig mit einem Analog/Digital-(A/D)-Wandler arbeiten. Es ist jedoch einzusehen, dass das Detektor-Ausgangssignal sich auch mit verschiedenen anderen Techniken in ein Signalformat umsetzen lässt, das zur nachfolgenden Auswertung bzw. Bestimmung mittels der jeweils eingesetzten Verarbeitungseinrichtung geeignet ist.

[0071] Die nachfolgende Datenauswertung kann nach verschiedenen Verfahren erfolgen. Um das beste Verfahren zum Erzeugen von die Teilchen in Probenfluid anzeigenden Werten zu ermitteln, sind evtl. Versuche und Experimente erforderlich. Zur leichteren Anwendung werden jedoch die meisten Ausführungsformen mit einem Vergleich von Empfangssignalen mit gesammelten oder gespeicherten Daten arbeiten. Diese Daten können Werte sein, die in eine Verarbeitungseinrichtung vorweg einprogrammiert werden (zum Vereinfachen der Beschreibung wird unten der Ausdruck "Verarbeitungsteil" benutzt, um einen Vorrichtungsteil zu bezeichnen, der aus den Ausgangssignalen der Detektorgruppe oder aus Umsetzungsprodukten derselben das Endergebnis erzeugt), so dass die nachfolgende Zusammenstellung von "anfänglichen Einrichtdaten" durch den Benutzer nicht erforderlich zu sein braucht. Bei diesen gespeicherten Daten kann es sich um Werte handeln, die für die zu analysierenden Arten von Probenfluiden typisch sind, obgleich die meisten Ausführungsformen

zur Prüfung der Genauigkeit und/oder zum Einstellen der Vorrichtung vermutlich Vorkehrungen für eine Routine-Kalibrierung an Hand von Bezugsproben enthalten werden. Diese Informationen werden oft – oder können – in EPROMs oder in Software gespeichert sein, die im Verarbeitungsteil läuft. Die Anwendung von Software kann flexibler sein, da sie eine Aktualisierung ermöglicht, mit der sich das Arbeitsverhalten und die Leistung der Vorrichtung ändern lassen.

[0072] In einer bevorzugten Option wird Bezug genommen auf in Software gespeicherte Kalibrierdaten aus Bezugs-Standards. Diese Informationen lassen sich nach jedem Kalibrierdurchlauf aktualisieren.

[0073] In den meisten Ausführungsformen wird mit vorbestimmten Funktionen gearbeitet, die für das fragliche Probenfluid am besten geeignet sind, um den Vergleich und die Bestimmung vorliegender Teilchen zu unterstützen. In einer bevorzugten Ausführungsform handelt es sich dabei um eine Technik in der Art einer linearen Regression, und bei Milch wird im Allgemeinen eine auf Logarithmierung basierende Funktion angewandt, um einen linearen Zusammenhang zwischen dem Vorliegen von Teilchen und der Detektorantwort zu erzeugen. Es ist jedoch einzusehen, dass unterschiedliche (nicht unbedingt lineare oder logarithmische) Detektorkennlinien einen Einfluss auf jede Funktion zur Linearisierung einer Antwort haben, die für die lineare Regression erforderlich ist.

[0074] Es sind zahlreiche mathematische Techniken und Rechnerprogramme verfügbar, mit denen sich Daten selbsttätig linearisieren lassen oder eine geeignete Geradengleichung auswählen lässt. Der Einsatz derartiger vorhandenen Techniken ist ins Auge gefasst, wie auch die Anwendung von Fourier-Tansformationstechniken. Die Daten brauchen nicht auf einer Geraden zu liegen; es muss nur irgendein Verlaufsmuster erscheinen, an Hand dessen sich neu aufgenommene mit vorhandenen Daten vergleichen lassen, um einen Wert zu erzeugen, der die Konzentration oder das quantitative Vorliegen von Teilchen im Probenfluid angibt.

[0075] In einigen Fällen kann der vom Verarbeitungsteil gelieferte Wert auf einer willkürlichen Skala liegen, obgleich er sich modifiziert lässt, um einer vorhandenen akzeptierten oder auch einer vom Benutzer definierten Skala zu entsprechen. Wo der absolute prozentuale Anteil bzw. die absolute Konzentration von Teilchen in einem Fluid nicht gefordert ist, wie wenn der Benutzer nur zu kontrollieren braucht, dass der Teilchengehalt in einem Probenfluid nicht aus einem Sollbereich herausfällt, kann mit einer willkürlichen oder bedeutungslosen Skala gearbeitet werden. In anderen Fällen kann der Verarbeitungsteil einen Wert auf einer akzeptierten Skala oder in benutzergewählten Einheiten (bspw. g/l) ausgeben.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0076] Weitere Aspekte der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung, die nur beispielhaft gelten soll, und unter Bezug auf die beigefügten Zeichnungen.

[0077] Fig. 1 zeigt schaubildlich einige Ausführungsformen von Emitter/Detektor-Anordnungen, wie sie in der vorliegenden Erfindung verwendet werden;

[0078] Fig. 2 zeigt schaubildlich eine mögliche Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0079] Fig. 3 zeigt schaubildlich eine Ausführungsform einer Zelle sowie eine mögliche Wellenlängenzuweisung für eine Ausführungsform, in der mit verschiedenen Lichtfrequenzen gemessen wird;

[0080] Fig. 4 zeigt schaubildlich Systemkomponenten in einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0081] Fig. 5–Fig. 7 zeigen Graphen von Probendaten aus Kalibrier- und Prüfversuchen;

[0082] Fig. 6 zeigt einen Graph zur Fig. 5;

[0083] Fig. 7 zeigt einen Graph zu den Fig. 5 und Fig. 6;

[0084] Fig. 8 ist eine schaubildliche Sprengperspektive einer Dünnzelle, wie sie in einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung Einsatz findet;

[0085] Fig. 9 ist eine schaubildliche Draufsicht der Ausführungsform der Fig. 8;

[0086] Fig. 10 ist eine schaubildliche Sprengperspektive einer Durchfluss-Ausführungsform der vorliegenden

Erfindung;

[0087] **Fig.** 11 ist ein schaubildliche Scheit durch die Ausfürhungsform der Fig. 10;

[0088] **Fig.** 12 zeigt vergrößert den Empfangsteil der Darstellung in **Fig.** 11;

[0089] Fig. 13 ist eine schaubildliche Draufsicht des in der **Fig.** 12 gezeigten Teils;

[0090] Fig. 14 ist ein schaubildlicher Schnitt durch eine mit Reagensröhrchen arbeitende Ausführungsform der vorliegenden Erfindung; und

[0091] Fig. 15 ist eine schaubildliche Draufsicht der Ausführungsform der Fig. 14.

BESTE AUSFÜHRUNGSFORMEN DER ERFINDUNG

[0092] Eine Vorrichtung (allgemein mit dem Pfeil **1** bezeichnet) zur quantitativen Teichenbestimmung in Fluiden weist auf:

– eine Emittergruppe mit einem oder mehr Lichtemittern **2**, die ein oder mehr Probenlichtsignale (allgemein mit dem Pfeil **3**, **5** bezeichnet) liefern;
– eine Detektorgruppe mit einem oder mehr Lichtdetektoren **4**, die für die Probenlichtsignale (**3**, **5**) empfindlich sind;
– wobei die Anordnung dadurch gekennzeichnet ist, dass während der Analyse einer Probe die Probenlichtsignale auf der zwischen der Emittergruppe (**1**) und der Detektorgruppe (**4**) verlaufenden Vielzahl von Probenlichtsignalpfaden **3**, **5** von der Detektorgruppe empfangen werden; und dass
– der Detektor (**4**) Ausgangssignale liefert, die sich von einer Verarbeitungseinrichtung (**6**) zu einem Wert auswerten lassen, der den Teilchengehalt des Fluids (**7**) angibt.

Beispiel 1a

[0093] Die Fig. 1 zeigt eine bestimmte, bereits diskutierte Anordnung. Es liegen mehrere Lichtemitter **2** vor, von denen einer ein im wesentlichen transmittiertes Signal **5** und ein weiterer ein im wesentlichen reflektiertes Signal **3** an einen Lichtdetektor **4** liefert.

Beispiel 1b

[0094] Die Fig. 1b zeigt eine andere, ebenfalls bereits diskutierte Anordnung mit einem einzelnen Emitter **2**, dessen Probenlicht-Ausgangssignal **3**, **5** von mehreren Detektoren **4** empfangen wird, von denen mindestens einer so liegt, dass er das Transmissions-Lichtsignal Lichtsignal **5** aufnehmen kann, und mindestens ein anderer so liegt, dass er das Reflexions-Lichtsignal **3** aufnehmen kann.

[0095] Die Transmissions-Lichtsignale brauchen nicht direkt zu sein, wie in den Fig. 1 und Fig. 2 gezeigt. Es ist möglich, dass der Detektor **4** vom Emitter **2** versetzt liegt; ein Effekt wäre dann, dass die Pfadlänge wächst. Möglich ist auch, dass mehrere Detektoren **4** mit unterschiedlichen Pfadlängen zum zugehörigen Emitter **2** angeordnet sind, und es ist auch möglich, dass mehrere Emitter (von denen jeweils nur einer arbeitet) so vorgesehen sind, dass die verschiedenen Detektoren (aus den Emittern) aufeinanderfolgende Signale aus Pfaden unterschiedlicher Pfadlänge und/oder unterschiedlichen Winkeln aufnehmen.

[0096] Typischerweise ist die Transmissionspfadlänge **5** verhältnismäßig klein. In einer Ausführungsform zur Messung von Milch- und Molkereiproben beträgt die Distanz quer über die Zelle etwa 0,5 mm. Diese Entfernung kann sich jedoch mit den Eigenschaften des Probenfluids und der Emitter und Detektoren ändern.

[0097] Während im Allgemeinen ein stehendes Probenfluid bevorzugt ist, ist in den meisten Ausführungsformen auch ein bewegtes Fluid zulässig. Fluidgeschwindigkeiten bis 0,5 m/s sind vermutlich erlaubt. In einigen Fällen sind auch höhere Geschwindigkeiten tolerierbar. Das Hauptproblem mit einer Fluidbewegung ist, dass die Eigenschaften sich zeitlich mit dem Wesen des Fluids ändern. Lufteinschlüsse, Konzentrationsgefälle, Turbulenzen usw. können die Messwerte beeinflussen. Eine mögliche Lösung ist die Anwendung von gepulsten bzw. diskontinuierlichen Messungen, so dass jeder Satz gesammelter Daten aus einer Folge von "Schnappschüssen' besteht, die ein sich bewegendes Fluid im Effekt "einfrieren". Für solche Ausführungsformen sind verhältnismäßig schnelle Fluidströmungen tolerierbar. Derartige Stroboskop-Techniken lassen sich auch einsetzen, wo chemische Reaktionen überwacht werden oder innerhalb kurzer Zeitspannen schnelle oder signi-

fikante Änderungen auftreten.

Beispiel 1c

[0098] Die Fig. 1c zeigt eine mögliche praktische Ausführungsform, die in der vorliegenden Erfindung eingesetzt wird. Es liegt eine Haupt-Fluidleitung **8** vor, der über eine Nebenschlussleitung **9** eine stetige Probe entnommen wird. In der Leitung -mindestens im Probenanalyseteil **10** mit den Emitter- und Detektor-Gruppen – können Drosselungen vorgesehen sein, um die Strömung abzuschwächen. Die Ausgangssignale der Detektoren **4** gehen auf einen A/D-Wandler **11**, dessen Ausgangssignal vom Verarbeitungsteil **6** übernommen wird.

Beispiel 1d

[0099] Wie die Fig. 2–Fig. 4 zeigen, wird Licht **15**, **16** unterschiedlicher Wellenlänge (im Infrarotbereich) nach dem Durchlaufen der Probe **14** oder Refexion an ihr unter verschiedenen Winkeln aus einer Serie von Emittern (**11**, **12**) von einer optoelektronischen Photozelle **13** detektiert. Zum Erfassen primär der Absorption wird das Licht wird auf der der Photozelle gegenüberliegenden Seite bzw. zum Erfassen der Reflexion auf der gleichen Seite wie die Photozelle gemessen.

[0100] Das Ausgangssignal des Photodetektors **13** wird in **20** verstärkt und auf einen A/D-Wandler **21** gegeben. Das Signal ist ein Impulssignal, da die Lichtquellen vom Mikroprozessor **22** gesteuert folgegeschaltet werden, so dass diese auch die Lichtquelle feststellen kann, aus der ein Signal stammt. Die Probenentnahme- und Auslösehäufigkeit der Lichtquellen setzt der Strömungsgeschwindigkeit in der Zelle eine Grenze. Der größte Teil des Fluids kann mit bis zu 50 cm/s oder schneller strömen, da die Zelle nur einen kleinen und weitaus langsameren Teil der Probe (in der Anordnung der Fig. 1c). erfasst.

[0101] Die nun im Mikroprozessor **22** verfügbaren Informationen gehen über ein (bidirektionales) Bussystem an einen Wirts-PC **23**, der sie empfängt, an Hand einer lokalen Datenbank die erforderlichehn Berechnungen und Vergleiche durchführt und die Ergebnisse an den Mikroprozessor **22** zurücksendet. Der Mikroprozessor stellt diese Informationen auf einer Sichteinheit auf der Prüfvorrichtung dar.

Beispiele 2 – DATENBEHANDLUNG

Beispiel 2a

[0102] Die Daten lassen sich auf unterschiedliche Weise behandeln. Einige typische Beispiele sind in den vorgehenden Teilen dieser Beschreibung allgemein diskutiert. Ein bestimmtes Beispiel, das sich realisieren lässt, ist wie folgt.

[0103] Legende der Tabellen-Beschriftungen der folgenden Tabellen

Seite 25:

No.	Nr.
Prot.	Einweiß
Fat	Fett
egressi	?

Regression statistics proteins:	Regressionsstatistik eiweiße
Analysis ...	Varianzanalyse
Multiple R	Mehrfach-R (?)
R square	R^2
Adjusted R	R korrigiert
Standard Err ...	Standardfehler
Observation	Probe
dl	?
... of Squares	Quadratsumme (?)
... ean Square	Quadratischer Mittelwert
F	?
gnificance F	Signifikanz von F
Coefficients	Koeffizienten
ndard Error	Standardfehler
t Statistic	t-Statistik (?)
P-value	P-Wert
Lower 95 %	untere 95 %
Upper 95 %	obere 95 %
Intercept	Schnittpunkt
All	Alle

[Tabellenende]

No.	Prot.	Fat	60	40	20	0	20	40	60		Fat	Prot.	
1	4.04	5.28	372	443	215	390	352	305	77		5.28	4.04	
2	4.45	6.27	361	433	208	375	338	290	72		6.27	4.45	
3	4.17	5.59	376	449	217	392	355	306	76		5.59	4.17	
4	3.92	5.42	376	450	217	394	356	307	77		5.42	3.92	
5	4.32	5.98	383	457	220	398	362	314	79		5.98	4.32	
6	4.54	6.34	366	438	211	381	343	294	74		6.34	4.54	
7	4.38	6.39	363	435	210	377	340	290	72		6.39	4.38	
8	3.74	5.44	383	456	222	401	364	316	79		5.44	3.74	
9	4.64	5.67	366	437	212	379	342	293	74		5.67	4.64	
10	3.93	5.35	372	444	214	386	350	301	76		5.35	3.93	
11	4.18	5.85	367	436	210	380	344	295	74		5.85	4.18	
12	4	5.49	382	452	219	400	364	316	80		5.49	4	
13	4.56	6.71	352	422	204	365	328	280	72		6.71	4.56	
14	3.89	5.31	381	451	219	398	361	313	79		5.31	3.89	
15	4.39	6.25	355	424	204	366	329	281	71		6.25	4.39	
16	5.14	7.75	342	410	197	352	315	266	68		7.75	5.14	
17	5.34	8	341	410	197	350	313	265	67		8	5.34	
18	4.49	5.17	386	456	221	402	365	317	81		5.17	4.49	
19	4.76	7.27	369	439	213	386	349	299	76		7.27	4.76	
20	3.93	5.44	378	446	216	392	355	306	77		5.44	3.93	
21	4.62	6.54	367	433	208	377	341	292	74		6.54	4.62	*egressi*
22	3.96	5.73	361	427	206	371	335	287	71		5.73	3.96	
23	4.41	5.94	367	431	208	376	340	290	73		5.94	4.41	
24	3.76	5.04	382	447	216	393	357	309	78		5.04	3.76	
25	3.85	5.3	389	455	221	403	366	318	80		5.3	3.85	
26	3.93	5.45	389	452	218	400	364	314	79		5.45	3.93	
27	4.37	5.59	381	446	216	392	355	306	78		5.59	4.37	
28	4.06	5.62	371	435	210	379	343	294	75		5.62	4.06	
29	5.02	7.8	343	408	196	350	313	265	67		7.8	5.02	
30	4.86	7.39	346	410	196	351	313	264	67		7.39	4.86	
31	5.11	7.19	359	422	203	368	330	280	71		7.19	5.11	
32	4.2	5.89	363	423	203	369	334	287	72		5.89	4.2	
33	4.47	6.14	352	414	199	356	319	272	69		6.14	4.47	
34	4.22	6	358	421	202	363	326	278	71		6	4.22	
35	5.2	7.03	359	422	203	365	328	279	71		7.03	5.2	
36	5.2	7.59	350	417	200	360	322	274	67		7.59	5.2	
37	5.16	7.91	342	406	195	348	311	263	65		7.91	5.16	
38	4.33	6.28	346	409	196	351	314	266	66		6.28	4.33	
39	6.44	9.01	333	396	189	335	298	251	62		9.01	6.44	
40	3.92	5.27	378	440	211	386	349	299	74		5.27	3.92	
41	4.34	5.68	373	435	210	381	344	294	76		5.68	4.34	
42	4.24	5.62	362	422	200	386	364	291	72		5.62	4.24	
43	4.22	5.62	364	425	205	370	333	284	74		5.62	4.22	
44	4.28	5.45	369	431	207	376	339	289	75		5.45	4.28	
45	4.37	5.82	363	424	203	370	332	283	74		5.82	4.37	
46	4.35	6.01	361	421	202	365	329	280	74		6.01	4.35	
47	4.33	5.47	369	429	206	375	337	288	75		5.47	4.33	
48	3.84	5.13	389	449	217	396	359	329	83		5.13	3.84	
49	4.31	5.73	377	439	212	386	349	299	79		5.73	4.31	
50	5.27	7.42	346	407	195	350	313	266	70		7.42	5.27	

Regression Statistics	proteins						
		Analysis of Variance					
Multiple R	0.791571		*df*	*of Squares*	*ean Square*	*F*	*gnificance F*
R Square	0.626585	Regression	7	8.32371	1.189101	10.06791	2.56E-07
Adjusted R	0.564349	Residual	42	4.96054	0.118108		
Standard Er	0.343669	Total	49	13.28425			
Observatio	50						
	Coefficients	*ndard Error*	*t Statistic*	*P-value*	*Lower 95%*	*Upper 95%*	
Intercept	13.45706	3.581796	3.757071	0.000458	6.228704	20.68542	
x1	-0.03174	0.020854	-1.52188	0.134467	-0.07382	0.010348	
x2	0.004916	0.051169	0.09607	0.923857	-0.09835	0.108179	
x3	-0.01804	0.087539	-0.20611	0.837558	-0.1947	0.158618	
x4	0.046398	0.075203	0.61696	0.540117	-0.10537	0.198164	
x5	-0.0368	0.047914	-0.76796	0.446197	-0.13349	0.059898	
x6	-0.00454	0.019881	-0.22848	0.820225	-0.04466	0.035579	
x7	0.007708	0.04608	0.167282	0.867837	-0.08528	0.100701	
n Statistics	*Fat*						
		Analysis of Variance					
Multiple R	0.863849		*df*	*of Squares*	*ean Square*	*F*	*gnificance F*
R Square	0.746236	Regression	7	31.21069	4.45867	17.644	1.15E-10
Adjusted R	0.703942	Residual	42	10.61347	0.252702		
Standard Er	0.502695	Total	49	41.82416			
Observatio	50						
	Coefficients	*ndard Error*	*t Statistic*	*P-value*	*Lower 95%*	*Upper 95%*	
Intercept	26.63764	5.239202	5.084293	5.79E-06	16.0645	37.21078	
x1	-0.07971	0.030504	-2.61313	0.011881	-0.14127	-0.01815	
x2	-0.01325	0.074846	-0.17707	0.860185	-0.1643	0.137793	
x3	0.002873	0.128045	0.022436	0.982191	-0.25553	0.261279	
x4	0.097821	0.110002	0.889263	0.378207	-0.12417	0.319815	
x5	-0.07874	0.070085	-1.12355	0.26668	-0.22018	0.062694	
x6	0.025556	0.02908	0.878811	0.383793	-0.03313	0.084242	
x7	-0.05041	0.067402	-0.74785	0.458122	-0.18643	0.085616	
42	3.69%	0.850718					
35	4.37%	0.956384					
30	1.29%	0.996797					
25	3.88%	0.894907					
22	2.90%	0.958661					
All	7.76%	0.863849					

Regression Statistics		Analysis of Variance			42		
			df	of Squares	ean Square	F	gnificance F
Multiple R	0.850718	Regression	7	1.225702	0.1751	0.74844	0.677522
R Square	0.723722	Residual	2	0.467908	0.233954		
Adjusted R	-0.24325	Total	9	1.69361			
Standard Er	0.483688						
Observatio	10						
		Coefficients	ndard Error	t Statistic	P-value	Lower 95%	Upper 95%
	Intercept	-12.4148	34.10755	-0.36399	0.724269	-159.168	134.3382
	x1	0.178219	0.816792	0.218194	0.832145	-3.33616	3.692596
	x2	0.149033	0.427439	0.348665	0.735358	-1.69009	1.988155
	x3	-0.06005	0.45407	-0.13224	0.897701	-2.01375	1.893658
	x4	0.148766	0.382993	0.388429	0.706727	-1.49912	1.796655
	x5	-0.57092	0.677014	-0.8433	0.420909	-3.48388	2.342033
	x6	0.225008	0.310678	0.724249	0.487312	-1.11173	1.561748
	x7	-0.35622	0.525343	-0.67807	0.514782	-2.61659	1.904152

Regression Statistics		Analysis of Variance			35		
			df	of Squares	ean Square	F	gnificance F
Multiple R	0.956384	Regression	7	9.104119	1.300588	3.062656	0.268142
R Square	0.914671	Residual	2	0.849321	0.42466		
Adjusted R	0.616018	Total	9	9.95344			
Standard Er	0.65166						
Observatio	10						
		Coefficients	ndard Error	t Statistic	P-value	Lower 95%	Upper 95%
	Intercept	-12.0689	70.83227	-0.17039	0.868475	-316.836	292.698
	x1	-0.3767	0.492808	-0.7644	0.464199	-2.49708	1.743681
	x2	0.234021	0.803534	0.29124	0.777469	-3.22331	3.691353
	x3	-0.19314	1.358684	-0.14215	0.890092	-6.03909	5.652811
	x4	0.546261	1.505394	0.362869	0.725079	-5.93093	7.023455
	x5	0.014886	1.278153	0.011647	0.990962	-5.48457	5.51434
	x6	-0.38582	0.479663	-0.80435	0.441924	-2.44964	1.678009
	x7	-0.05336	0.525545	-0.10153	0.921356	-2.3146	2.20788

Regression Statistics		Analysis of Variance			30		
			df	of Squares	ean Square	F	gnificance F
Multiple R	0.996797	Regression	7	7.502514	1.071788	44.39321	0.022204
R Square	0.993605	Residual	2	0.048286	0.024143		
Adjusted R	0.971223	Total	9	7.5508			
Standard Er	0.15538						
Observatio	10						
		Coefficients	ndard Error	t Statistic	P-value	Lower 95%	Upper 95%
	Intercept	70.35572	17.56148	4.006253	0.003081	-5.20528	145.9167
	x1	-0.27178	0.079898	-3.40153	0.007854	-0.61555	0.071999
	x2	-0.25385	0.132902	-1.91007	0.088451	-0.82569	0.31798
	x3	-0.52072	0.121766	-4.27638	0.002061	-1.04464	0.003199
	x4	0.807338	0.129986	6.21095	0.000157	0.248052	1.366624
	x5	-0.16915	0.121916	-1.38746	0.198692	-0.69372	0.35541
	x6	-0.13001	0.10778	-1.20623	0.258478	-0.59375	0.333734
	x7	0.613654	0.126007	4.870019	0.000883	0.071491	1.155817

Regression Statistics		Analysis of Variance			25		
			df	of Squares	ean Square	F	gnificance F
Multiple R	0.894907	Regression	7	9.17039	1.310056	1.14902	0.54033
R Square	0.800859	Residual	2	2.2803	1.14015		
Adjusted R	0.103866	Total	9	11.45069			
Standard Er	1.067778						
Observatio	10						
		Coefficients	ndard Error	t Statistic	P-value	Lower 95%	Upper 95%
	Intercept	30.2866	41.21162	0.734904	0.481107	-147.033	207.606
	x1	-0.35509	0.498777	-0.71192	0.494554	-2.50115	1.790976
	x2	0.389841	0.894871	0.435639	0.67336	-3.46048	4.240162
	x3	-0.61763	1.519435	-0.40649	0.693881	-7.15524	5.919974
	x4	-0.25678	1.232546	-0.20833	0.839609	-5.56	5.046445
	x5	0.906962	1.689096	0.536951	0.60432	-6.36064	8.17456
	x6	-0.55137	0.726325	-0.75912	0.467197	-3.67649	2.573759
	x7	0.207375	0.662645	0.312951	0.761448	-2.64376	3.058506

Regression Statistics		Analysis of Variance			22		
			df	of Squares	ean Square	F	gnificance F
Multiple R	0.958661	Regression	7	3.155078	0.450725	3.242951	0.25586
R Square	0.919031	Residual	2	0.277972	0.138986		
Adjusted R	0.635637	Total	9	3.43305			
Standard Er	0.372808						
Observatio	10						
		Coefficients	ndard Error	t Statistic	P-value	Lower 95%	Upper 95%
	Intercept	32.17584	18.52941	1.736474	0.116495	-47.5498	111.9015
	x1	-0.31515	0.211498	-1.49006	0.170395	-1.22515	0.594859
	x2	0.052115	0.351606	0.14822	0.885437	-1.46073	1.564956
	x3	0.127434	0.311164	0.409541	0.691718	-1.2114	1.466264
	x4	0.068553	0.26027	0.26339	0.798181	-1.0513	1.188407
	x5	-0.03034	0.141157	-0.21494	0.834605	-0.63769	0.57701
	x6	0.022677	0.041903	0.541182	0.601519	-0.15762	0.202971
	x7	0.250415	0.216929	1.154362	0.278082	-0.68296	1.183787

[0104] Das Verfahren basiert auf einer Messung der Streulichtstärke $I(\Theta)$ unter verschiedenen Winkeln Θ im Infrarot-Wellenlängenbereich um 750 nm bis 1200 nm. Danach wird die folgende Mehrfachregressionsgleichung angesetzt:

$$FETT = \Sigma\alpha_i \cdot I(\Theta_i) + \alpha_o$$

[0105] Mit den vorberechneten Regressionskoeffizienten α_i erhält man einen Schätzwert für die Größe FETT. Aus der Fig. 5 ist ersichtlich, dass die auf Grund der oben ausgeschriebenen Regressionsgleichung vorherge-

sagten Werte im Vergleich zu unabhängig gemessenen FETT-Werten eine gute Übereinstimmung ergeben. In diesen vorläufigen Messungen wurde nur eine Wellenlänge benutzt. Die Berechnungen zeigen, dass über den FETT-Bereich [**4**, **8**] ein Fehler von 8 % und über den FETT-Bereich [**4**, **6**, **5**] ein Fehler von 6 % beobachtet wird. Dies ließe sich erklären durch die geringfügige Abhängigkeit der Streulichtintensität vom FETT-Gehalt im Bereich [**6**, **5**, **8**] (vergl. **Fig. 6**). Die Anwendung von Diodengruppen unterschiedlicher Wellenlängen verbessert die Genauigkeit der Detektion des Fettgehalts. Das Vorliegen von mehr Daten für unterschiedliche Winkel (insbesondere bei 90° (bspw. 70° und 110°, obgleich der Bereich 90° ± 60° für viele Ausführungsformen akzeptabel sein kann)) verbessert die Schätzgenauigkeit weiter.

[0106] Im Einsatz können vielleicht die meisten Ausführungsformen. mit Daten versorgt werden, die für die zu messenden Fluidproben charakteristisch sind. Vermutlich sind aber Kalibrierdurchläufe erforderlich, bevor genaue Bestimmungsdurchläufe möglich sind. Diese Kalibrierdurchläufe erfolgen typischerweise zunächst anfangs und danach routinemäßig, um die Genauigkeit der Messwerte unter Drift und bei sich ändernden Parametern zu überprüfen. Derartige Kalibrierdurchläufe werden u.U. nicht vom Endbenutzer, sondern von Service-Personal bei Routineinspektionen durchgeführt.

[0107] Es folgt nun eine ausführliche Beschreibung einer bestimmten, vom Erfinder experimentell untersuchten Ausführungsform. Sie soll lediglich beispielhaft gelten, ohne den Umfang der Erfindung einzuschränken.

Beispiel 2b – Kalibrierung

[0108] Das Funktionsprinzip beruht auf mathematischen Berechnung durch ein Mehrfachregressionverfahren statistischer Daten. Daher muss die Zelle mit einem oder mehr bekannten Pilot- oder bekannten Bezugs-/Prüffluiden kalibriert werden. Für die Milchanalyse handelt es sich hierbei gewöhnlich um eine geprüfte Milchprobe. Natürlich kann diese Prüfung auch nachträglich erfolgen.

[0109] Die Genauigkeit lässt sich softwaremäßig berechnen, obgleich die Genauigkeit und die Reproduzierbarkeit wesentlich von der Stabilität der gewählten Umgebung bestimmt werden. Bspw. kann eine Temperaturänderung die Messwerte beeinflussen und eine allmählich verschmutzende Oberfläche der Glas-Zellwände die Genauigkeit beeinträchtigen.

[0110] Eine wöchentliche Kalibrierung wird empfohlen; alternativ lässt sich der Fabrikbericht über die resultierenden Gesamt-Fettwerte als täglicher Pilotprüfung verwenden. Dadurch lassen sich einzelne Maschinen im Gesamtsystem zu einem gewissen Grad kalibrieren. Jeden Tag wird nach jedem Melken ein Gesamt-Fettwert softwaremäßig ausgearbeitet.

Beispiel 2c – Interpretation der Daten

[0111] Im ersten Probenlos wurden nur 50 Proben durch eine Messzelle geschickt.

[0112] In den Graphen sind die Fett-/Protein-Rohdaten zu sieben Datengruppen zusammengefasst; es handelt sich um die Streulicht-Ausgangswerte aus sieben LEDs im Prototyp.

[0113] Aus den Beobachtungen ist zu ersehen, dass die Messwerte nicht gleichmäßig über den Gesamtbereich verteilt und die Messwerte im Vergleich zum Milch-Durchschnitt verhältnismäßig hoch sind. Der Grund hierfür ist, dass die Proben aus Zulieferfarmen in Neuseeland im Spätherbst unmittelbar vor dem Trocknen der gesamten Herde von Jersey-Kühen stammen. Dabei wurden Milchfettwerte bis 9 % und mehr beobachtet (nicht in diesem Datensatz).

[0114] Jede Gruppe zeigt eine deutliche Tendenz mit einem Abfall nach rechts. Der Abfall in den Daten bedeutet, dass der Korrelationsfaktor verhältnismäßig hoch ist und daher eine gewisse Wahrscheinlichkeit besteht, dass eine genauere Schätzung möglich ist. Im Gegensatz hierzu liegt in einigen Gruppen von Datenpunkten eine signifikante Abweichung von diesem allgemeinen abfallenden Verlauf vor. Dies bedeutet, dass die Informationen, die wir aus diese Lichtquelle unter diesen Umständen erhalten, etwas weniger zum vorhergesagten Punkt beitragen als die Daten, die der allgemein abfallenden Tendenz entsprechen. Diese Punkte geben generell Informationen zu anderen Feststoffen in der Milch, nicht nur zu Fett. Hier liegt einer der Gründe, weshalb für die Beobachtung mehr als eine Lichtquelle eingesetzt wurde.

[0115] Nach der Behandlung aller Datenpunkte nach einem Mehrfachregressionsverfahren ergeben sich der Korrelationsafaktor und der Schnittpunkt bzw. freie Term in der Summation der Formel, um die zu berechnen-

den Datenpunkte zu erhalten.

[0116] Den resultierenden Vorhersagewert erhält man durch Multiplikation jedes einzelnen Messwerts (Rohdaten) mit dem eigenen Regressionsfaktor und Addition des Schnittpunkts. Innerhalb der durch den Fehler gegenüber anderen Verfahren (chemische oder kalibrierte Infrarotbestimmung) gegebenen Grenzen entspricht dieses Ergebnis sehr genau den gemessenen Fettwerten.

[0117] Die Liniengraphen für Fett und Protein (vergl. bspw. die Fig. 7) zeigen einen guten Zusammenhang zwischen den vorhergesagten und den gemessenen Protein- und Fettwerten. Bei diesen Versuchen wurde eine relative Genauigkeit von etwa 5 % über alles erreicht. jedoch waren die Bedingungen, unter denen diese Messwerte aufgenommen wurden, weniger als ideal. Es wurde die Temperaturabhängigkeit (vergl. andere Ergebnisse) nicht berücksichtigt. Die Messwerte wurden etwa bei (der nie gemessenen) Raumtemperatur aufgenommen.

[0118] Spätere Untersuchungen zeigten, dass ein Temperaturanstieg auf etwa 35 °C eine viel bessere Korrelation mit einer relativen Genauigkeit von besser als 2 % ergab.

[0119] Nach unseren Beobachtungen der Temperatur ergaben sich zwischen 30° und 40° nach dem Erwärmen der Proben für die Dauer von etwa 20 min in einem thermostatisch geregelten Wasserbad die besten Ergebnisse. Normalerweise arbeitet man mit Milch unmittelbar von der Kuh, die diese die (Körper-) Temperatur bereits aufweist und die Fettkügelchen/-teilchen unter optimalen Bedingungen gelöst enthält, so dass die Messungen genauer sind.

[0120] Die Beobachtungen erfolgten an Losen von je 10 Proben in Temperaturintervallen von etwa 5°. Die Temperaturabhängigkeit ist offensichtlich, aber Idealerweise ist weitere Arbeit auf diesem Gebiet erforderlich. Aus den Ergebnissen ist zu ersehen, dass bei etwa 30° der Fehler nur 1,29 % beträgt. Alle diese Ergebnisse wurden ohne viele der vorgeschlagenen Verbesserungen im Aufbau der Prüfzelle erreicht. Es erscheint klar, dass mit mehr Zeit zur Feinabstimmung des Verfahrens noch bessere Resultate möglich sind.

Beispiel 3a

[0121] Die Fig. 8 zeigt eine weitere in der vorliegenden Erfindung eingesetzte Ausführungsform. Der Hauptteil der Vorrichtung weist zwei Hälften **30a**, **30b** auf, die zwischen sich eine Zelle (allgemein mit dem Pfeil **31** bezeichnet) einschließen. Die Zelle weist ein vorderes und ein hinteres optisches Fenster **32** bzw. **33** auf, zwischen denen sich eine Teflon-Flachdichtung **34** befindet. Die Flachdichtung **34** hält die Fenster **32**, **33** auf Abstand und bestimmt die Dicke der Probenzelle. Öffnungen **35** im vorderen Fenster **32** ermöglichen Milch oder einem anderen Probenfluid, durch den Zu- und den Ablaufkanal **36** bzw. **37** im Hauptteil **30b** zu fließen.

[0122] In der hinteren Hälfte **30a** des Hauptteils befinden sich mehrere Öffnungen **38**, in die von Lichtemittern (nicht gezeigt) erzeugte Strahlung gerichtet werden kann. Handelt es sich um LEDs **38a**, können diese direkt in die Öffnungen **38** eingesetzt werden. Ebenfalls vorgesehen sind einige zusätzliche Öffnungen **39** in der vorderen Hälfte des Hauptteils, die optional für zusätzliche Emitter (bspw. **39a** (in Fig. 8 ebenfalls nicht gezeigt)) verwendbar sind. Im Kontext der Fig. 1 dienen diese Emitter primär dazu, die Vorrichtung zu einer Reflexionsantwort zu veranlassen.

[0123] Ein Detektor **40** mit einer Photodiode befindet sich – im wesentlichen wie dargestellt – in der vorderen Hälfte **30b** des Haupteils. Zur Auswertung ihrer Antwort ist sie mit einem A/D-Wandler oder einer anderen Verarbeitungseinrichtung verbunden.

[0124] Die Fig. 9 stellt die Ausführungsform der Fig. 8 in einer alternativen Ansicht dar. Es sei angemerkt, dass die Ausführungsform der Fig. 8 und Fig. 9 sich problemlos dahingehend modifizieren lässt, dass sie statt der dargestellten Probenzelle **31** ein Probenröhrchen bzw. -fläschchen aufnimmt. Hierzu ist typischerweise eine zylindrische zentrale Öffnung vorzusehen. An den Teilen **30a**, **30b** des Hauptteils müssten einige Modifikationen durchgeführt werden – einschl. eines Versatzes des Detektors weiter rückwärts in die Hälfte **30b** hinein. Es kann auch nötig sein, die Kanäle **38** für die optischen Pfade so umzulegen, dass sie im wesentlichen auf dem umgesetzten Detektor **40** konvergieren. Dies ist jedoch nicht unbedingt nötig; optische Pfade, die nicht auf dem Detektor **40** konvergieren, ergeben immer noch ein Signal, das von Teilchen im Fluid gestreut wird und dem Detektor **40** eine Antwort ermöglicht. In solchen Fällen sind die Reflexions-Signalpfade **39** u.U. nicht nötig.

Beispiel 4

[0125] Die Fig. 10 bis Fig. 13 zeigen eine weitere, in der vorliegenden Erfindung verwendete bevorzugte Ausführungsform. Diese Ausführungsform ist zur Analyse eines stetigen Probenmaterialstroms geeignet, obgleich sie auch für eine Probenzelle oder ein Probenröhrchen eingerichtet werden kann. Die Ausführungsform ist auch geeignet zur Analyse eines breiten Bereichs von Proben einschl. Milch, Ölen und Schmiermitteln sowie des Teilchengehalts in Gasen, Blut, biologischen Fluiden usw.

[0126] Vorgesehen ist ein Hauptteil **50** mit einem mittigen Durchlass, in dem ein Glas- oder Quarzglas-Rohr **51** in der Solllage gehalten ist. An die Enden des Probenrohrs **51** sind Probenleitungen (**52a**, **52b**) über Schläuche angeschlossen. Im Hauptteil **50** sind die Emitter **54** und Detektoren **55** angeordnet. Die Anordnung der Emitter **54** (Infrarot-LEDs) und des Detektors **55** (Photodiode) ist in den **Fig.** 12 und Fig. 13 deutlich erkennbar.

[0127] Um die Stabilität der Vorrichtung zu verbessern, ist der Hauptteil **50** ein Block aus – einem Werkstoff mit normalerweise niedriger bis mittlerer Wärmeleitfähigkeit und einer sinnvoll großen Masse. Eine bevorzugte Wahl sind hochdichte Kunststoffe. Zusätzlich ist zwischen dem Probenrohr **51** und dem Hauptteil **50** sowie zwischen den Schaltungsplatinen an beiden Enden des Hauptteils und den auf ihnen befindlichen Bauelementen jeweils ein Spalt als Wärmeisolierung gegen das Probenrohr **51** belassen.

[0128] Die LEDs bilden ein 3-dimensionales Feld, wie am besten in den **Fig.** 12 und Fig. 13 dargestellt. Es liegen vier Gruppen von Emitter-LEDs (jeweils mit einer Detektor-LED zur Rückkopplung – vergl. unten) vor, die durch das Probenfluid mehrere verschiedene Pfade zur nachfolgenden Detektion durch die Photodiode **55** anlegen. Jeweils zwei LEDs **54** jeder Gruppe werden gepulst; der Detektor **55** führt für diese Gruppe eine Messung aus. Ggf. kann anstelle eines LED-Paares jede Emitter-LED einzeln gepulst werden, um für die nachfolgende Analyse mehr Daten zu liefern.

[0129] Es sei angemerkt, dass auch andere LED-Anordnungen möglich sind. In einer Variante dieser Ausführungsform (nicht gezeigt) ist eine Vielzahl im wesentlicher planarer LED-Felder im wesentlichen in der in Fig. 13 gezeigten Anordnung verteilt vorgesehen. Jedes planare LED-Feld ist mit seinem Detektor **55** gekoppelt, wobei zur nachfolgenden Analyse die Messantworten entweder gemittelt oder als separate Daten bereit gestellt werden.

[0130] In anderen Varianten und weiteren Ausführungsformen lassen sich Lichtwellenleiter verwenden, um Licht von einem Emitter einem oder mehr Punkten zuzuleiten. Dadurch kann man die Anzahl der Emitter und den Umfang der zugehörigen Elektronik verringern und mögliche Probleme mit Stabilitätsunterschieden vermeiden.

[0131] Um die Stabilität weiter zu erhöhen, ist für jede Emitter-LED **54** eine weitere LED **60** vorgesehen. Diese Zusatz-LEDs **60** gehören zum gleichen Typ wie die Emitter-LEDs **54**, sind aber nicht als Emitter, sondern als Detektoren konfiguriert. Die Zusatz-LEDs **60** sind mit der Elektronik verbunden, um den Strom und/oder die Spannung, die der Emitter-LED zugeführt werden so zu beeinflussen, dass das LED-Ausgangssignal konstant und von Variablen wie Zeit, Temperatur usw. unbeeinflusst bleibt. Andere Verfahren des Einsatzes der optischen Rückkopplung sind oben bereits diskutiert und lassen sich in Varianten dieser und in anderen Ausführungsformen anwenden.

[0132] Weiterhin lässt sich ein Heizelement **61** thermisch mit dem Hauptkörper **50** koppeln, um dessen Verbleib auf einer konstanten Temperatur zu unterstützen. In diesem Fall wäre es wünschenswert, dass der Hauptteil **50** eine gewisse Wärmeleitfähigkeit besitzt, die aber nicht so hoch ist, dass rasche Temperaturänderungen in der Probe unmittelbar schnelle Temperaturschwankungen im Hauptteil **50** hervorrufen. Dieses Problem ließe sich behandeln, indem man eine Heizspule um den Hauptteil **50** legt oder Heizelemente in ihm verteilt. Typischerweise würden solche Heizelemente **61** mittels einem oder mehr Temperaturfühlern **62** gesteuert. Auch Kühleinrichtungen (bspw. Peltier-Elemente als eine Wahl) lassen sich zur Kühlung vorsehen.

[0133] Typischerweise ist die gesamte Anordnung in einem äußeren Gehäuse **63** enthalten, das die Bauteile in seinem Inneren schützt. Für den dichten Abschluss der Einheit sorgen Scheiben und O-Ringe.

[0134] Das Ausgangssignal des Detektors **55** wird auf ein externes Verarbeitungsgerät gegeben. Es kann mit einem A/D-Wandler, der sich in der in den **Fig.** 12 bis Fig. 14 dargestellten Fühleinrichtung befinden kann, für die Analyse umgesetzt werden, wie in vorgehenden Beispielen und der vorliegenden Beschreibung diskutiert.

Beispiel 4b

[0135] Die Ausführungsform nach Fig. 10 bis Fig. 13 wird im allgemeinen in einer Position eingefügt, in der es Probenfluide überwachen kann. Bevor die Analyse beginnen kann, müssen Kalibrierdaten für den Vergleich und die nachfolgende Auswertung verfügbar sein. Typischerweise erfolgt dies durch Einholen eines Satzes von Bezugsproben, die man dann mit der Vorrichtung analysiert. Dann zeichnet man die Werte aus dem Detektor auf und führt verschiedene mathematische Transformationen durch, damit für unbekannte Proben geltende Detektorwerte in eine Anzeige des Teilchengehaltes in der Probe umgewandelt werden können.

[0136] Um die größtmögliche Genauigkeit zu sichern, besteht ein gewisser Nutzen darin zu gewährleisten, dass man die Bezugsproben unter ähnlichen Bedingungen analysiert wie eine normale Fluidprobe. Das läuft oft auf ähnliche physikalische Bedingungen hinaus – bspw. die gleiche Temperatur, die gleiche Art Probenzelle und womöglich auch die gleiche Strömungsstärke. Es kann jedoch schwierig sein, diese Strömung für eine Bezugsprobe zu generieren – in vielen Fällen erzeugt man mit impulsgeschalteten Emittern für die Probe im wesentlichen stationäre Momentanwerte, die für die meisten Anwendungen, die in der vorliegenden Erfindung Anwendung finden, einen günstigen Vergleich mit den Bezugsprobendaten gestatten sollten.

[0137] In der Praxis kann jedes Fühlelement beim Verlassen des Werks geeicht und ein bestimmter Datensatz zur nachfolgenden Auswertung durch die Auswerteeinrichtung bei der jedesmaligen Anwendung des jeweiligen Fühlers aufgestellt werden. Zusätzlich kann eine Kalibrierung routinemäßig erfolgen, um eine Drift von den Werkseinstellungen oder Änderungen der Bedingungen zu kompensieren, unter denen Proben gemessen werden (falls sie sich von denen unterscheiden, unter den die ursprünglichen Werksdaten abgeleitet wurden).

[0138] Für eine Probe wie Milch hat sich ergeben, dass verschiedene unterschiedliche Konstituenten sich bestimmen lassen – bspw. der Fett- und der Eiweißgehalt, die Zellzahl und auch der Lactosegehalt. Generell nimmt man für die Kalibrierung **50** Proben mit bekanntem Gehalt an jedem der genannten Inhaltsstoffe (oder der anderen zu analysierenden Komponente). Eine Bezugsprobe lässt sich speziell herstellen; auch bereits analysierte Milchproben sind anwendbar. Die Daten der **50** Proben werden zusammengefasst und die Detektor-Ausgangswerte mit dem bekannten Gehalt an jeder der Komponente korreliert. In den meisten Fällen erhält man eine gute Korrelation – abhängig vom richtigen Korrelationsverfahren wie linearer Regression, Fourier-Transformation (wo geeignet) usw.

[0139] Die mathematische Transformation, die erforderlich ist, um einen Detektorwert zu einer Angabe eines bestimmten Konstituententeilchens umzusetzen, wird dann zur zukünftigen Verwendung mit dieser Bezugsprobe aufgezeichnet.

[0140] Ähnliche Techniken wendet man auch auf andere Fluidarten an. Für Stoffe wie Schmiermittel ist eine Unterscheidung zwischen unterschiedlichen Arten von Metallteilchen in diesen nicht möglich, obgleich eine Anzeige des Metallgehalts – im Gegensatz bspw. zum Kohlenstoffgehalt – typischerweise erreichbar wäre. Das Vorhandensein anderer Verunreinigungen, die nicht vollständig in der Hauptstoffphase (bspw. Wasser) gelöst sind, lässt sich oft ebenfalls bestimmen.

[0141] Entsprechend gibt es für viele biologische Proben einen Bereich unterschiedlicher Substanzen, die im Fluid suspendiert sind oder dort sonstwie in einer nicht gelösten Form vorliegen. Sehr häufig haben unterschiedliche Teilchen Absorptions- und Reflexionseigenschaften, an denen sie sich unter Verwendung der vorliegenden Erfindung unterscheiden lassen.

Beispiel 4c

[0142] Die Fig. 14 und Fig. 15 zeigen eine in der vorliegenden Erfindung eingesetzte alternative Ausführungsform zur Verwendung mit Probenröhrchen. Eine solche Anwendung wäre die Analyse von Blutprodukten.

[0143] Die Ausführungsform weist einen Hauptteil **50** mit einer zentralen Durchlass auf, in den ein Probenröhrchen **70** einführbar ist. Ein planares Feld von Emittern **71** ist vorgesehen, obgleich andere Anordnungen (vergl. bspw. die vorgehenden Beispiele) übernommen werden können.

[0144] Die Lichtsignale werden von einem Detektor **72** erfasst, der mit der gewählten Auswertungs- bzw. Verarbeitungseinrichtung verbunden ist. Zweckmäßigerweise ist das Bauelement auf einer Schaltungsplatine **53** angeordnet, die auch andere zugehörige Elektronik trägt.

Beispiel 4d – Überwachungsanwendungen

[0145] Die bisher beschriebenen Ausführungsformen waren primär auf das Erzeugen eines einen Teilchengehalt angebenden Wertes gerichtet. Unter den zahlreichen vorhersehbaren Anwendungen der vorliegenden Erfindung ist die als Überwachungs- bzw. Kontrollinstrument, das nur reagiert, wenn Teilchenkomponenten einen vorbestimmten Wert überschritten haben. In diesem Fall braucht die Verarbeitungs- und Auswertungsausrüstung nicht besonders ausgefeilt zu sein. Typischerweise wird der Fühler zum Kalibrieren an die normale Verarbeitungseinrichtung angeschlossen und werden seine Eigenschaften auf einem geeigneten, dem Sensor beigefügten Aufzeichnungsträger (bspw. einem EPROM-Chip) festgehalten. Weiterhin wird der Fühler einen Teil der Verarbeitungsausrüstung enthalten, um zu bestimmen, ob eine Detektorantwort oberhalb eines vorbestimmten, irgendeiner Grenze entsprechenden Wertes liegt. Bspw. kann man die Vorrichtung einrichten, bei mehr als 0,5 % Wasser in einem Schmiermittel anzusprechen. Man würde die Vorrichtung so einstellen, dass ein Überwachungsteil auslöst, wenn das Detektorsignal einen Wert entsprechend 0,5 % Wasseranteil übersteigt. An diesem Punkt kann die Überwachungsschaltung in einen anderen Zustand umschalten, um einen geeigneten Alarm auszulösen oder auf andere Weise auf das Ereignis zu reagieren.

[0146] Es ist einzusehen, dass eine digitale Auswertung vielleicht die effektivste Methode ist, um verschiedenen Auswertungsprozesse zu ermöglichen; es kann jedoch eine einfache analoge Vergleichsschaltung ausreichen, wenn für eine einfache Überwachung nur ein einziger Vergleich nötig ist, um festzustellen, ob ein Detektorsignal ein bestimmtes Niveau übersteigt Dadurch lässt sich der Kostenaufwand senken, obgleich vermutlich die Einheit meistens kalibriert und eingestellt oder an andere Gerätschaften angeschlossen werden muss – bei denen es sich um die volle Verarbeitungs- und Auswerteeinrichtung, wie sie in anderen Beispielen beschrieben ist, oder um spezialisierte Gerätschaften nur für diese Aufgabe oder Kalibrierfühler für Überwachungsaufgaben handeln kann.

Beispiel 4e – Strömungen

[0147] Zur Bestimmung von Strömungsstärken lassen die meisten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sich bei wenig oder keinen Hardware-Änderungen einsetzen. In einer Ausführungsform mit impulsgeschaltetem Emitter werden in schneller Folge "Schnappschüsse" der Probe genommen. Ist das Schnappschussintervall kurz genug, lassen sich (abhängig von der Gleichförmigkeit der Probe) zwischen den einzelnen Schnappschüssen Veränderungen der Eigenschaften feststellen, die von Konzentrationsschwankungen, Bläschen, Teilchen, Fremdkörper usw. verursacht werden. Nimmt man stromabwärts einen zweiten (oder dritten usw.) Schnappschuss auf, lässt sich im Verarbeitungsteil bzw. der Verarbeitungs-Software ein Vergleich der Schnappschüsse auf Gleichheit durchführen und so die Laufzeit zwischen den beiden Erfassungsorten erfassen. Da der Abstand der Erfassungsorte bekannt ist, lassen sich die Geschwindigkeit und damit die Strömungsstärke des Fluids bestimmen.

[0148] Mit der Strömungsstärke – ob auf die erläuterte Weise oder nach herkömmlichen Messverfahren erfasst – lässt sich die Probe weiter analysieren. Eine Bestimmung der Strömungsstärke und damit das Festlegen eines Zeitbereichs ist nützlich für Analysetechniken wie eine Fourier-Transformationsanalyse.

Beispiel 5 – Andere Änderungen und Verbesserungen

[0149] An den verschiedenen Ausführungsformen lassen sich Modifikationen durchführen. Im Infrarotbereich absorbieren bestimmte Substanzen bestimmte Wellenlängen unterschiedlich stark. Vermutlich wird auch ihr Reflexionsvermögen sich ändern. Die Empfindlichkeit der Vorrichtung gegenüber bestimmten Substanzen, von denen einige gelöst vorliegen können, lässt sich verbessern durch die Verwendung von Lichtquellen, die mit einer bestimmten Frequenz strahlen, mit der eine Substanz wechselwirkt. Entsprechend können einige der LEDs oder der anderen eingesetzten Lichtquellen Licht mit Wellenlängen in diesem Wechselwirkungsbereich abgeben. Wo ein hochempfindlicher spezieller Sensor zu erstellen ist, können im Prinzip alle Lichtquellen zu diesem Typ gehören, um die Empfindlichkeit und Spezifität der Fühlereinheit zu erhöhen. Für die meisten Ausführungsformen kann es generell nützlich sein, mehrere Emitter einzusetzen, die unterschiedliche Wellenlängen erzeugen. Dadurch lässt sich, was durch die Wechselwirkung bei einer bestimmten Wellenlänge geschieht, dem interessierenden Inhaltsstoff der Probe zuschreiben, nicht Konstituenten, an denen kein Interesse besteht, und so die Analyse unterschiedlicher Verbindungen in einer einzigen Probe unterstützen.

[0150] Es sind oben Aspekte der vorliegenden Erfindung nur beispielhaft beschrieben; es ist einzusehen, dass sich daran Änderungen und Ergänzungen durchführen lassen, ohne die Erfindung, wie sie in den beigefügten Ansprüchen definiert ist, zu verlassen.

LEGENDE ZUR FIGURENBESCHRIFTUNG

Bezugszeichenliste

Fig. 4

13 Photozelle
20 Verstärker
21 A/D-Wandlung
22 Mikroprozessor
23 Wirts-PC, 2-Weg-Verbindung zum Mikroprozessor

Display and ... Sichteinheit und Eingabetastatur

Fig. 6

FAT % Fettanteil (%)
Observation Beobachtung

Fig. 7

Milk Fat Contents ... Vorhergesagter und gemessener Milchfettanteil
Fat Fett
Samples Proben

Fig. 8

'O' Ring O-Ring

Fig. 9

'O' Ring O-Ring
Focus point Brennpunkt

Fig. 11

Tube Rohr

Fig. 13

Glass tube Glasrohr

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Überwachen eines durch eine Probenzelle fließenden Fluids unter quantitativer Bestimmung von Teilchen in diesem, die aufweist:
eine Emittergruppe mit einem oder mehr Lichtemittern (**2**), die ihrerseits ein oder mehr Probenlichtsignale liefern;
eine Detektorgruppe mit einem oder mehr Lichtdetektoren (**4**), die für die Ausgangssignale der Lichtemitter empfindlich sind; und
eine Vielzahl von Lichtsignalpfaden (**3**, **5**), die jeweils zwischen einem Lichtemitter (**2**) und dem zugeordneten Lichtdetektor (**4**) einer Vielzahl von zugeordneten Lichtemitter-Lichtdetektor-Paaren verlaufen;
wobei die Anordnung so getroffen ist, dass die auf den Lichtsignalpfaden zwischen den Emitter- und Detektorgruppen laufenden Probenlichtsignale von der Detektorgruppe während der Analyse einer Fluidprobe in der Probenzelle empfangen werden und die Detektorgruppe an eine Verarbeitungseinrichtung (**6**) Ausgangswerte zur Auswertung liefert, um einen Wert zu bestimmen, der den Teilchengehalt der Fluidprobe angibt;
dadurch gekennzeichnet, dass
die Verarbeitungeinrichtung (**6**) Ausgangswerte des Detektorsatzes für verschiedene Lichtssignalpfade mit Bezugswerten vergleicht, um Teilchen einer gegebenen Art von andersartigen Teilchen in der Fluidprobe zu unterscheiden und die Konzentration ersterer im Probenfluid zu bestimmen.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, mit deren Detektorgruppe mindestens ein Satz von Lichtsignalen erfassbar ist, die durch Streuung oder Reflexion an Teilchen im Fluid entstehen.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, die eine optische Rückkopplungseinrichtung mit einem Rückkopplungsdetektor aufweist, dessen Ausgangssignal mindestens eine der folgenden Maßnahmen zulässt:
– Beeinflussen der Spannung, des Stroms oder beider mindestens eines Lichtemitters, um dessen Lichtausgangssignal auf einem vorbestimmten Niveau zu halten;
– Beeinflussen der Empfindlichkeit mindestens eines Lichtdetektors zur Anpassung an das Lichtausgangssignal mindestens eines Lichtemitters; und
– Liefern eines Signals an eine Verarbeitungseinrichtung zur Verwendung in einer Korrektur beim Bereitstellen eines einen Teilchengehalt angebenden Werts.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei der die Lichtsignalwege sich in mindestens einer der folgenden Eigenschaften unterscheiden:
– ihrer Pfadlänge in der analysierten Fluidprobe; und
– dem Winkel ihres relativen Pfades in der analysierten Fluidprobe.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei der ein Lichtemitter eine Lumineszenzdiode (LED) aufweist.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem ein Lichtdetektor eine Photodiode, eine Lumineszenzdiode (LED), einen Phototransistor oder ein anderes optoelektronisches Bauelement aufweist.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei der die Verarbeitungseinrichtung auch von der Detektorgruppe erzeugte Ausgangswerte mit gespeicherten Kalibrierbezugswerten vergleicht und der Vergleich Werte ergibt, die das Vorliegen unterschiedlicher Teilchenarten im Probenfluid anzeigen.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei der die Probenzelle so ausgeführt ist, dass sie einen stetigen Durchfluss eines Fluids ermöglicht.

9. Verfahren zum quantitativen Bestimmen von Teilchen in einem Fluid durch Anwenden einer Vorrichtung nach einem der vorgehenden Ansprüche.

10. Verfahren zur Bestimmen des Durchflusses eines Fluids, bei dem man eine Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8 anwendet.

11. Verfahren zum Überwachen eines eine Probenzelle durchfließenden Fluids durch quantitatives Bestimmen von Teilchen in diesem, bei dem man Probenlichtsignale durch eine Fluidprobe in der Probenzelle auf eine Vielzahl von Lichtsignalpfaden sendet, die jeweils zwischen einem einer Vielzahl von Emitter-Detektor-Paaren verlaufend an einem Lichtemitter beginnen und an einem Lichtdetektor enden, entlang der Lichtsignale übertragene Probenlichtsignale detektiert und entsprechende Ausgangssignale erzeugt, und die Ausgangssignale zu einem Wert verarbeitet, der den Teilchengehalt der Fluidprobe angibt,
dadurch gekennzeichnet, dass die Ausgangssignale durch einen Vergleich mit Bezugswerten verarbeitet werden, die verschiedenen Probenlichtsignalpfaden entsprechen, um so eine gegebene Teilchenart von anderen Teilchen im Fluid zu unterscheiden und einen Wert zu erzeugen, der die Konzentration der Teilchen der gegebenen Art in der Fluidprobe angibt.

12. Verfahren nach Anspruch 11, bei dem die detektierten Probenlichtsignale sich in mindestens einer der folgenden Eigenschaften unterscheiden:
– ihre Pfadlänge in der analysierten Fluidprobe;
– ihren relativen Pfadwinkel in der analysierten Fluidprobe;
– der Intensität des vom Emitter erzeugten Ausgangssignals;
– im Verhältnis des gesendeten zum reflektierten oder gestreuten Licht;
und
– der Wellenlänge.

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, bei dem die Ausgangssignale auch entweder durch lineare Regression oder durch Fourier-Transformation oder durch beide mit gespeicherten Kalibrierbezugswerten verglichen werden, um Werte zu erzeugen, die die quantitativen Niveaus unterschiedlicher Teilchenarten im Fluid angeben.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, bei dem man eine optische Rückkopplung bereit stellt unter Anwendung eines Rückkopplungsdetektors, dessen Ausgangssignal mindestens einer der folgenden Maßnahmen zulässt:
– Beeinflussen der Spannung, des Stroms oder beider mindestens eines Lichtemitters, um dessen Lichtausgangssignal auf einem vorbestimmten Niveau zu halten;
– Beeinflussen der Empfindlichkeit mindestens eines Lichtdetektors zur Anpassung an das Lichtausgangssignal mindestens eines Lichtemitters; und
– Liefern eines Signals an eine Verarbeitungseinrichtung zur Verwendung in einer Korrektur beim Bereitstellen eines einen Teilchengehalt angebenden Werts.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14, bei dem das Fluid mindestens eines der folgenden ist:
– Milch oder ein anderes Molkereifluid;
– ein fluidisiertes Fettteilchen, -tröpfchen oder -suspensionen enthaltendes Fluid;
– Blut, Plasma, Sperma, Urin oder ein anderes biologisches Fluid;
– Öl oder Schmierstoff;
– Druck- oder Anstrichfarbe bzw. Lack oder ein anderes flüssiges Pigment.

16. Verfahren nach Anspruch 15 in der Anwendung auf Milch oder ein anderes Molkereifluid zur Bestimmung mindestens des Fett-, Protein- und/oder Lactose-Anteils und der (somatischen) Zellzahl (SCC-Wert).

Es folgen 10 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

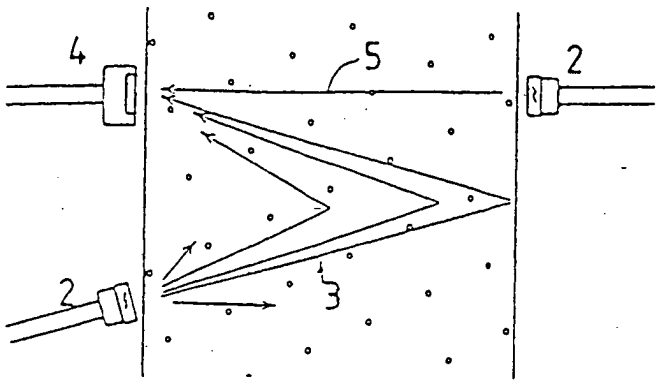


FIG. 1.

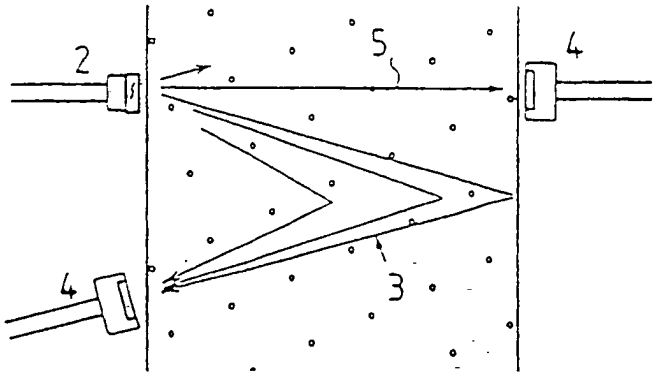


FIG. 1b.

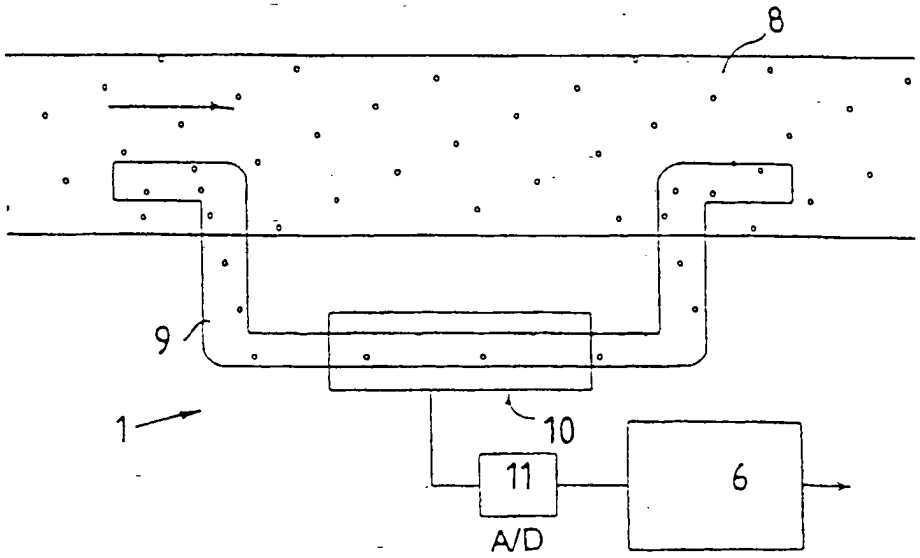


FIG. 1c.

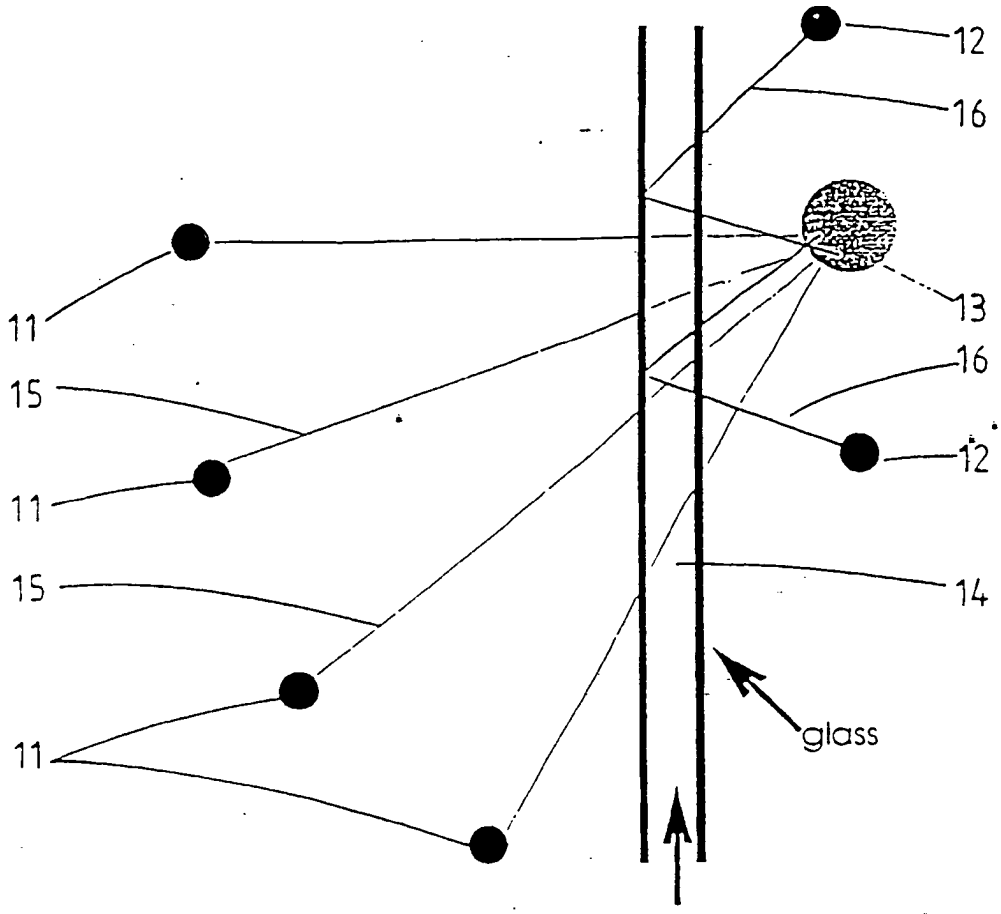

12
16
13
16
12
14
glass
11
15
11
15
11

FIG. 2.

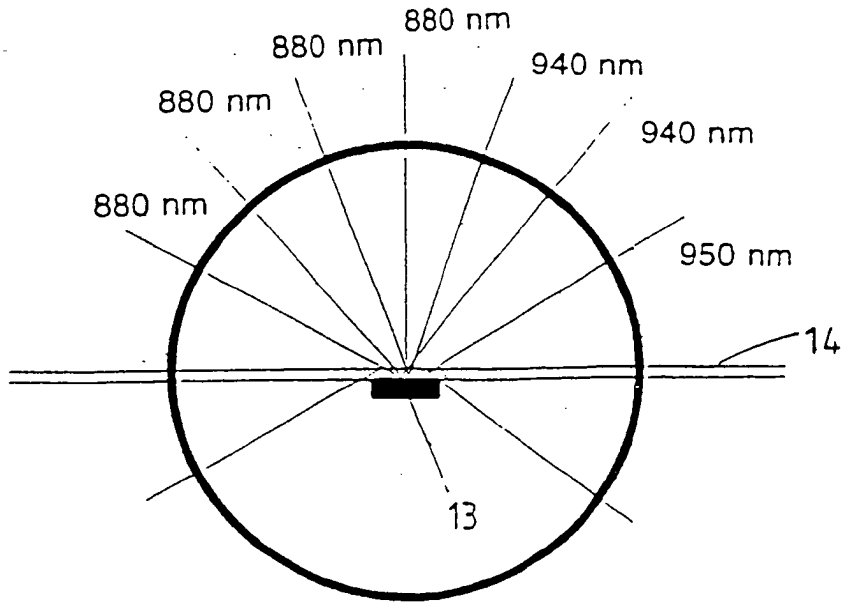

880 nm
880 nm
880 nm
880 nm
940 nm
940 nm
950 nm
14
13

FIG. 3.

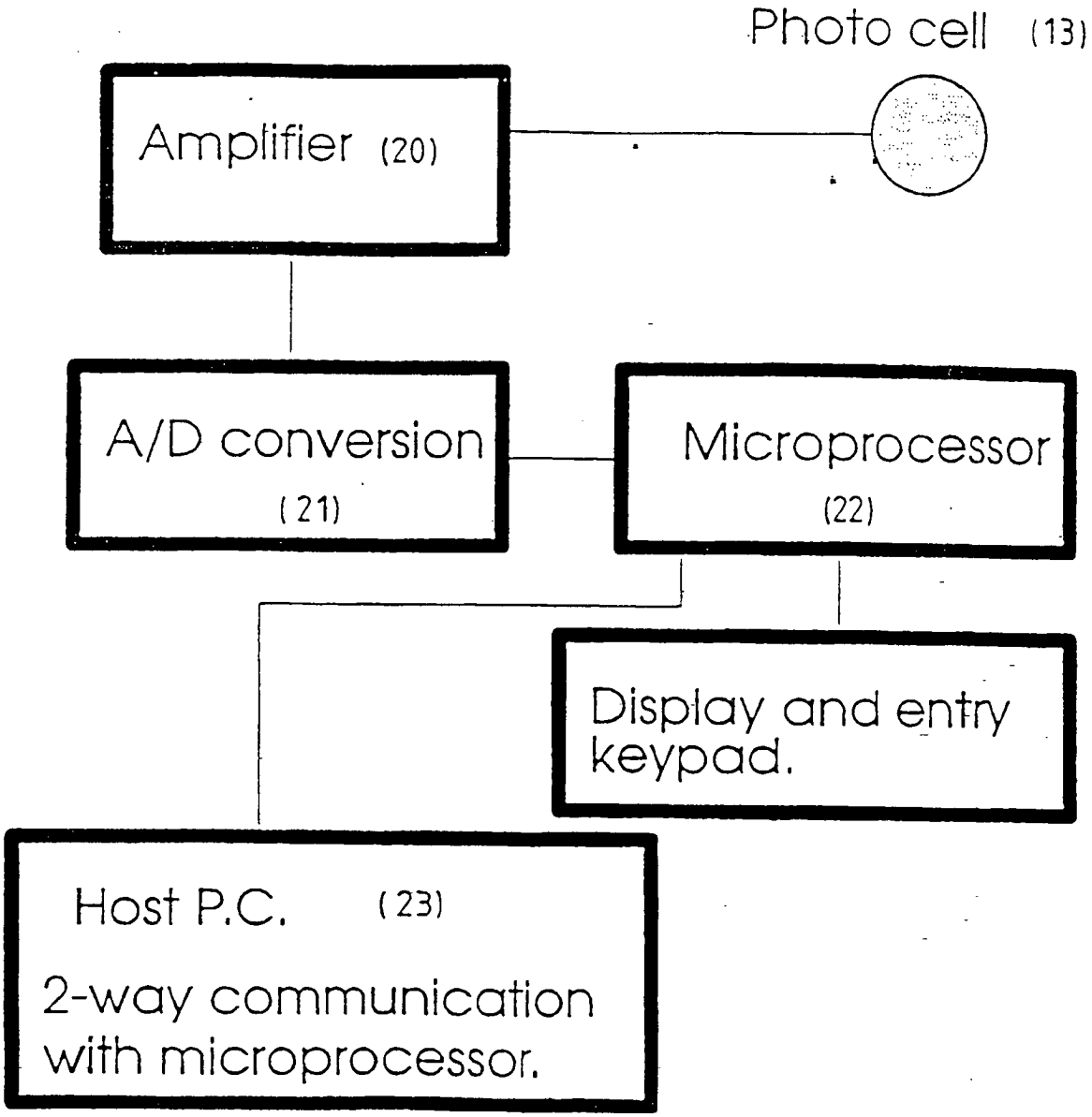


Photo cell (13)
Amplifier (20)
A/D conversion (21)
Microprocessor (22)
Display and entry keypad.
Host P.C. (23)
2-way communication with microprocessor.

FIG. 4.

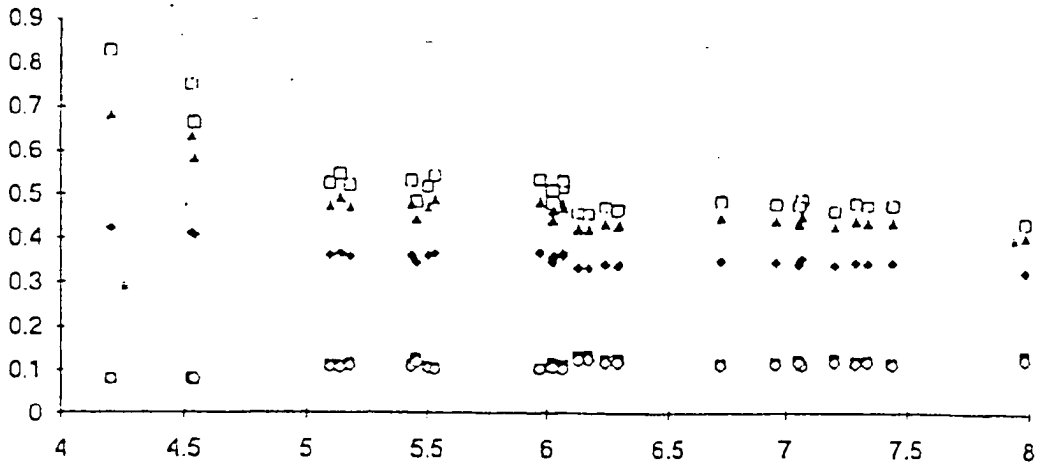

0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
4
4.5
5
5.5
6
6.5
7
7.5
8

FIG. 5.

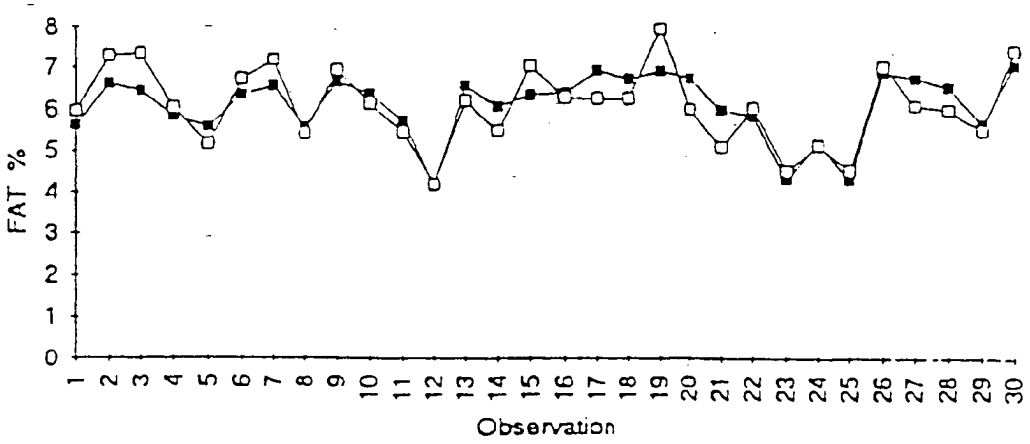

FAT %
Observation
0
1
2
3
4
5
6
7
8
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30

FIG. 6.

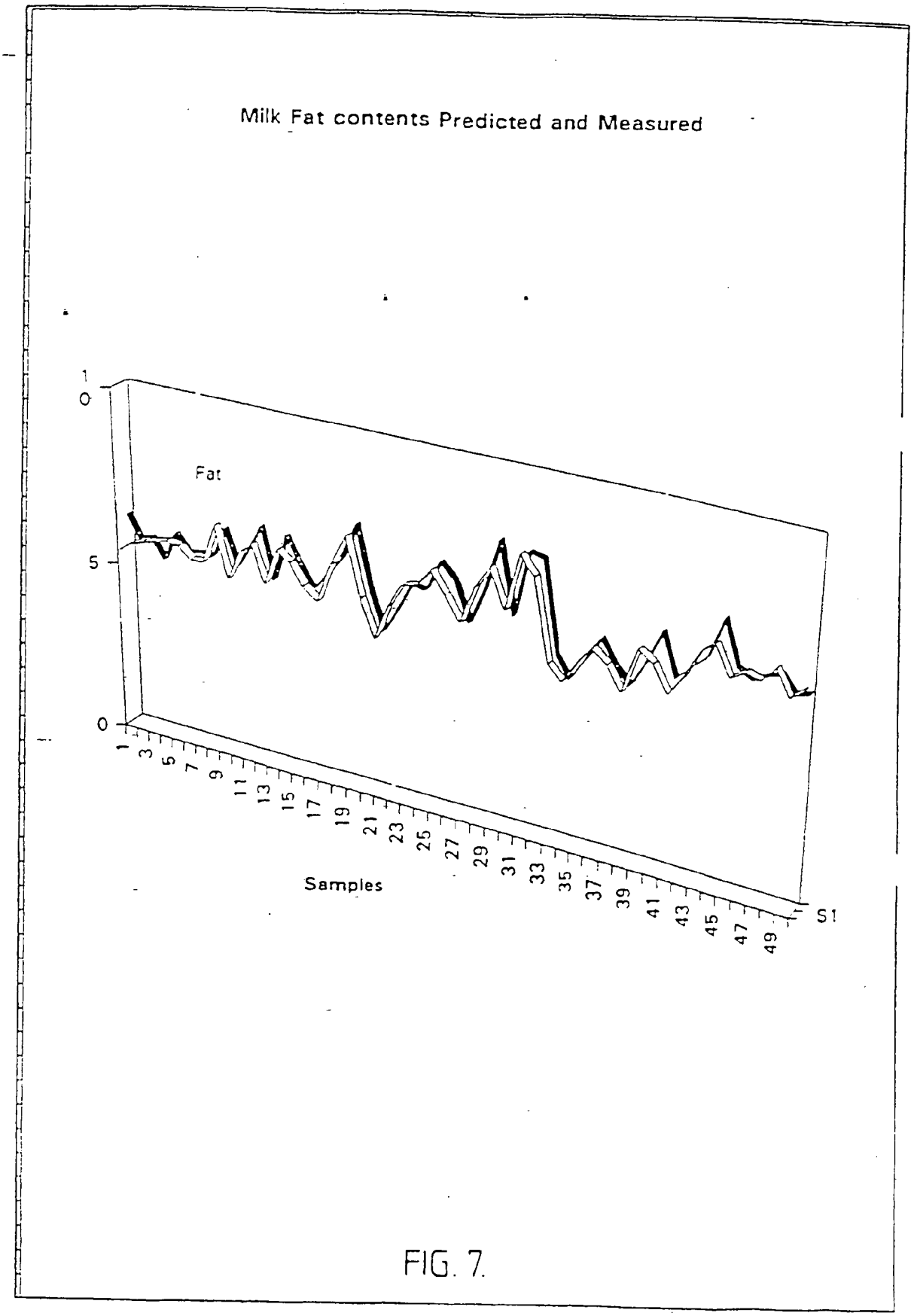

Milk Fat contents Predicted and Measured
Fat
1
0.5
0
1
3
5
7
9
11
13
15
17
19
21
23
25
27
29
31
33
35
37
39
41
43
45
47
49
Samples
S1

FIG. 7.

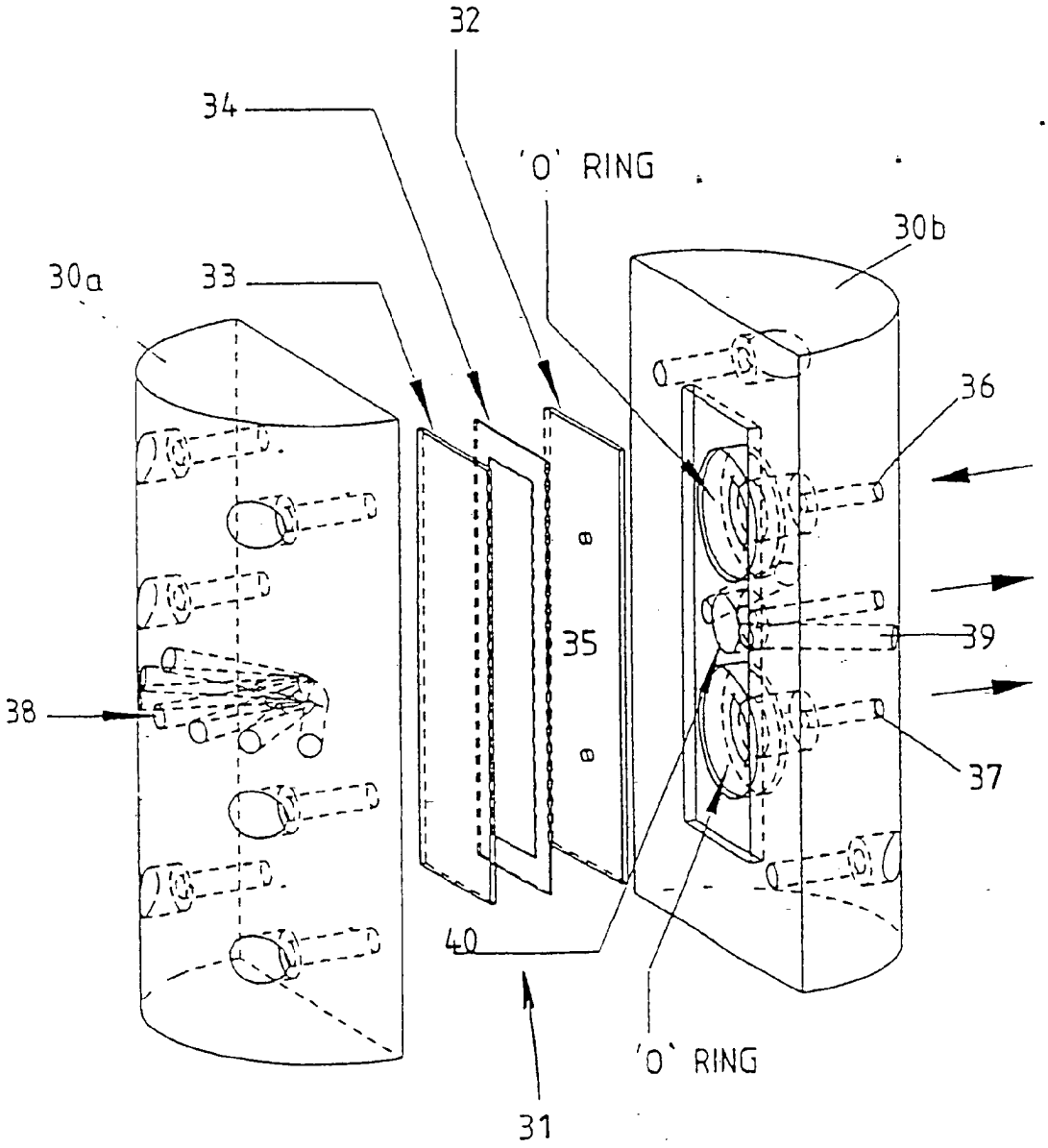


FIG. 8.

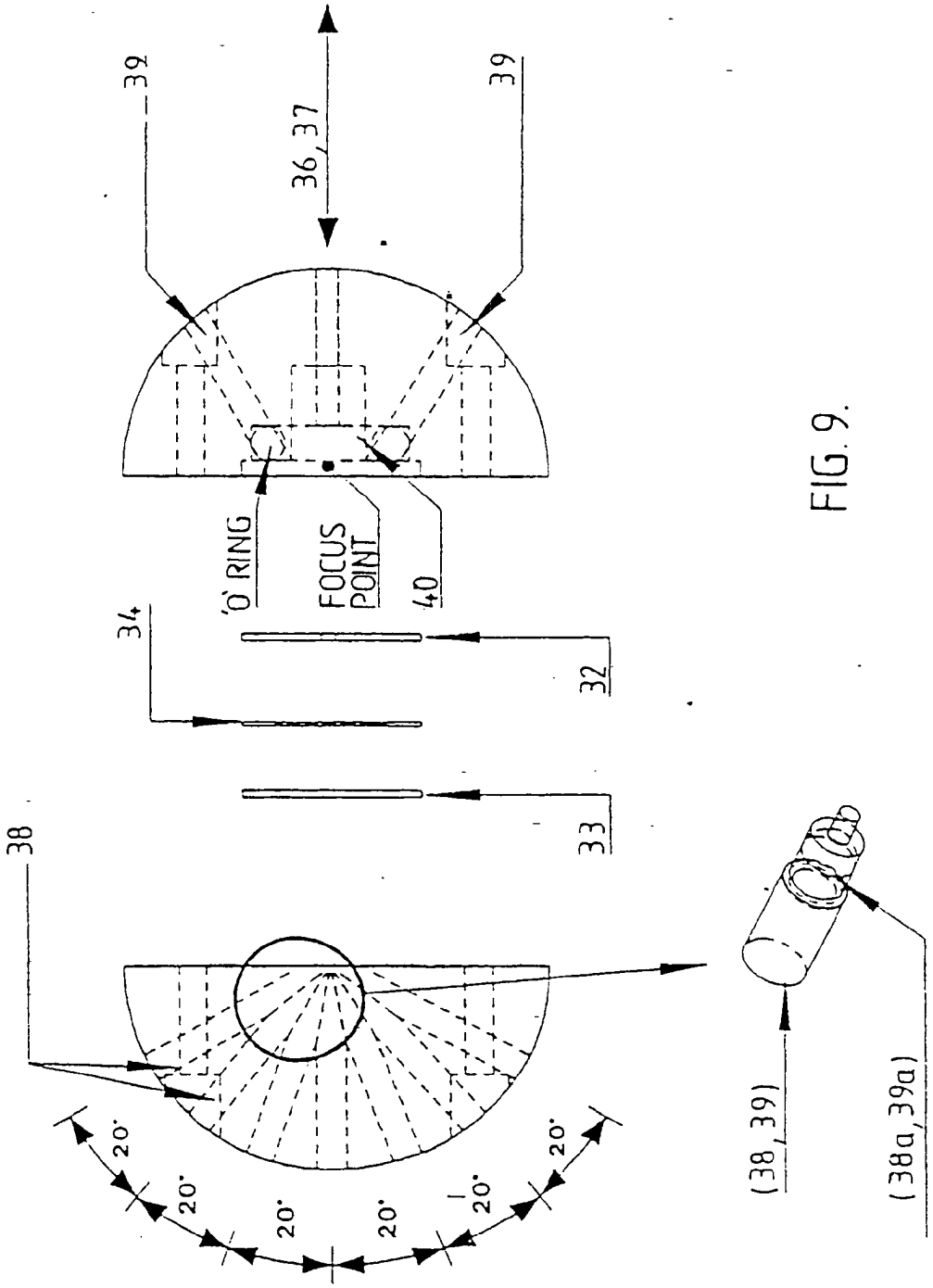

39
36, 37
39
'O' RING
FOCUS POINT
40
34
32
33
38
20°
20°
20°
20°
20°
20°
(38, 39)
(38a, 39a)

FIG. 9.

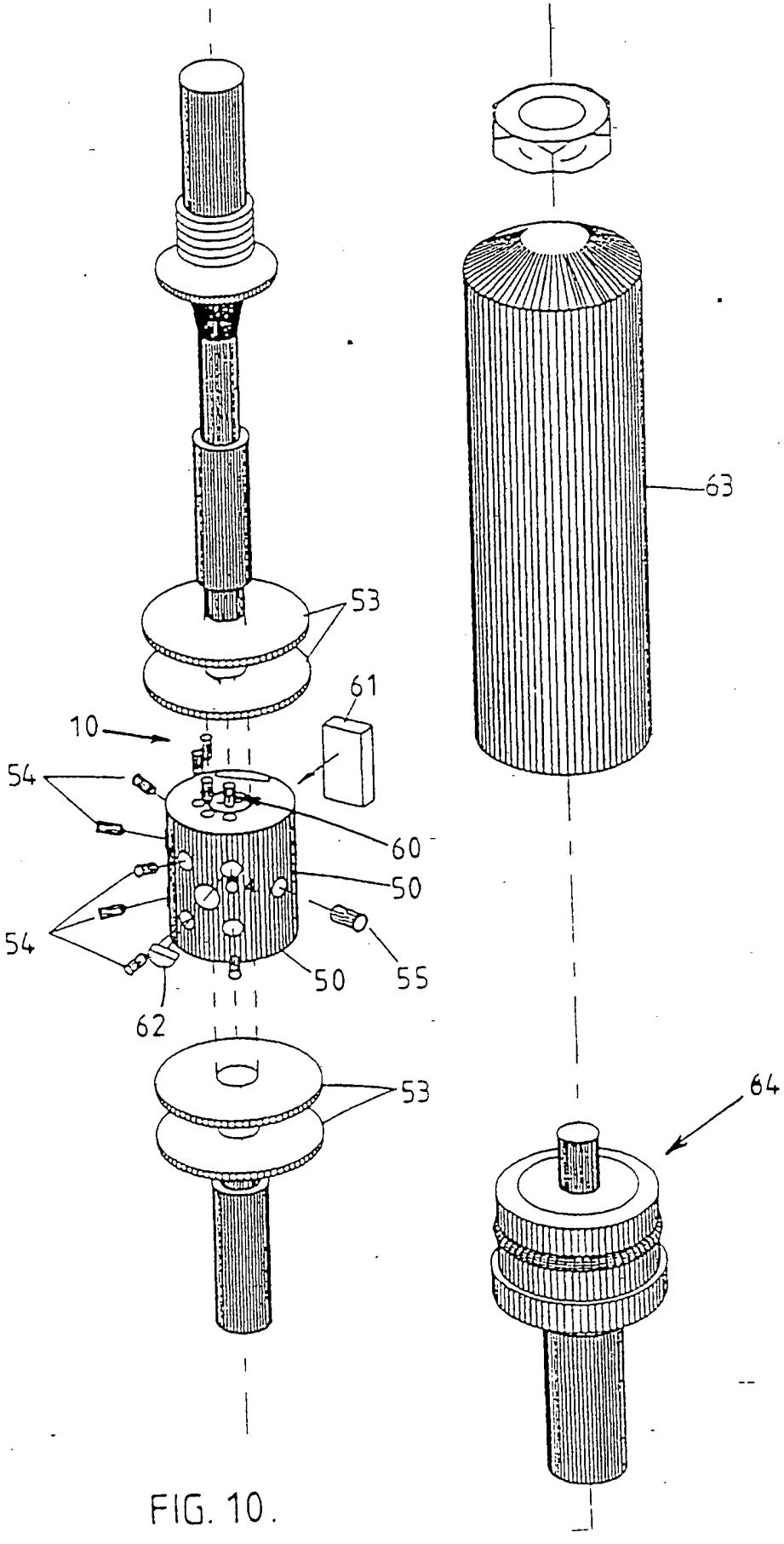


FIG. 10.

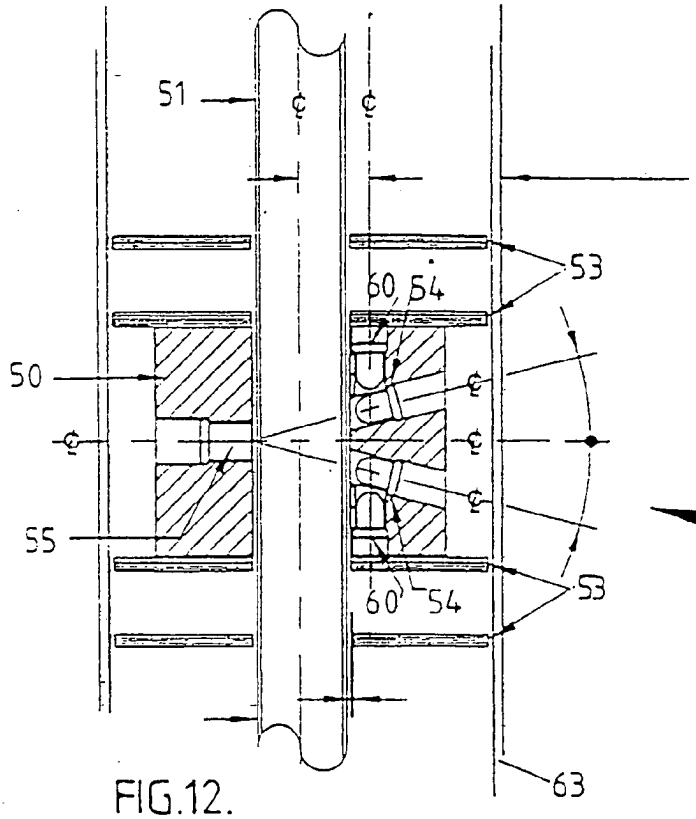


FIG.12.

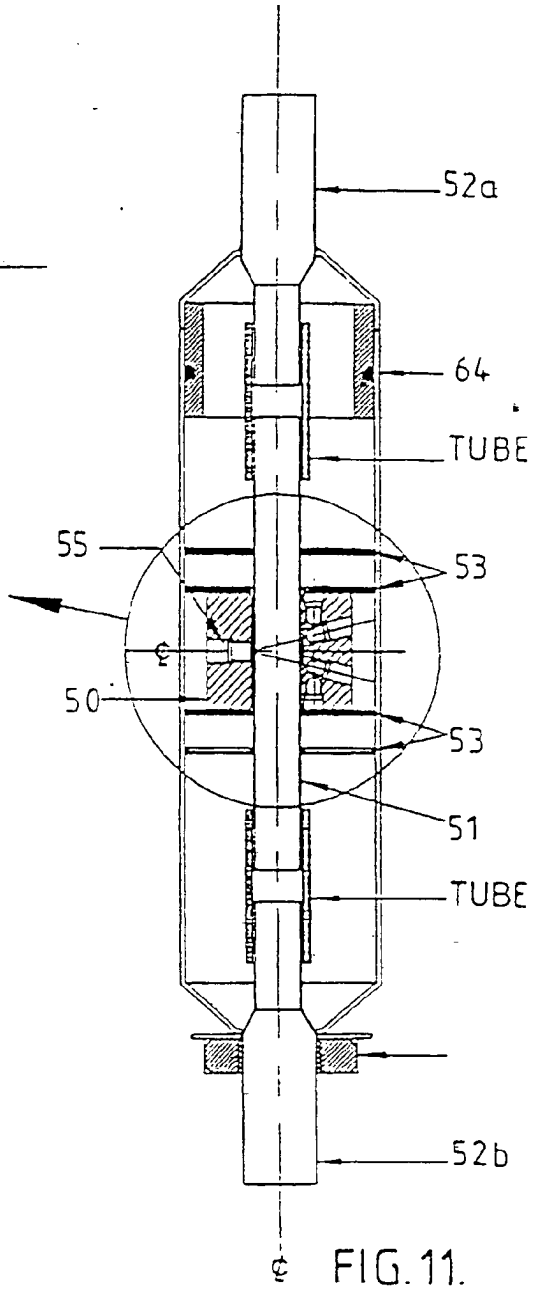


FIG.11.

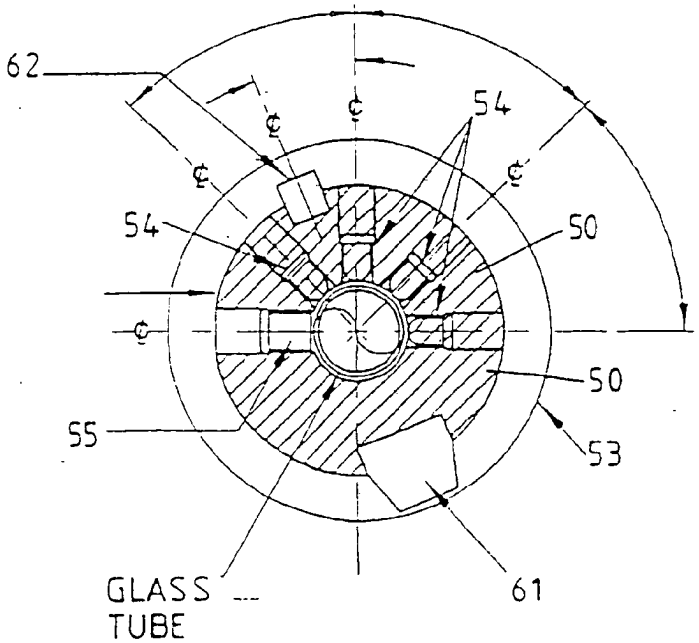
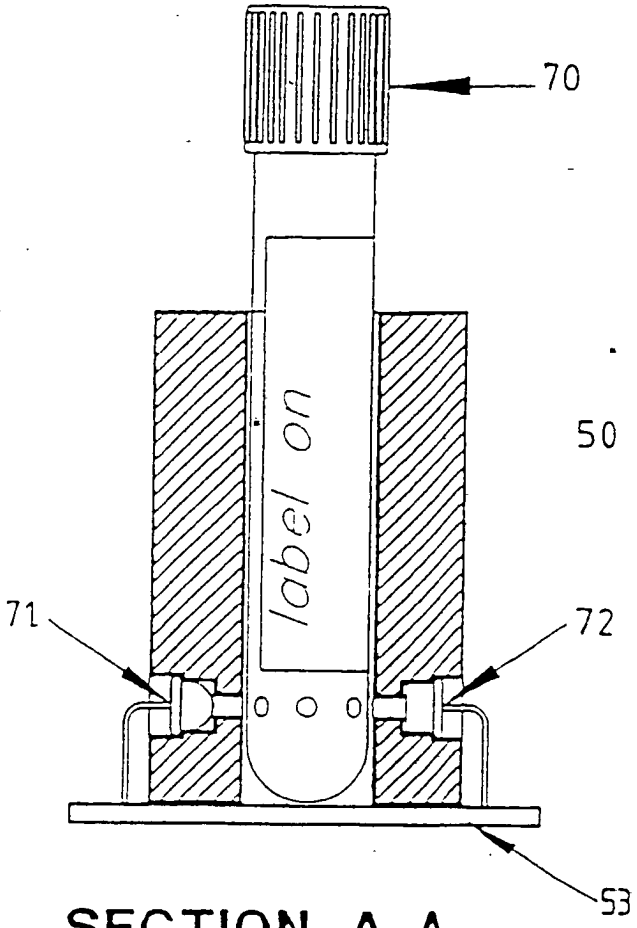


FIG.13.



SECTION A-A

FIG.14.

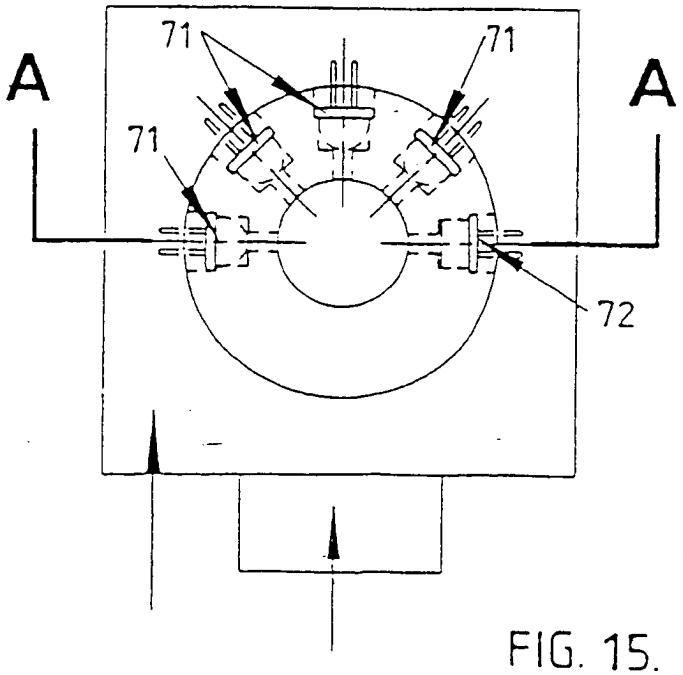


FIG. 15.