

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

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
29. November 2012 (29.11.2012)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/159138 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
G01N 21/65 (2006.01) **G01J 3/44** (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/AT2012/000139
- (22) Internationales Anmeldedatum:
21. Mai 2012 (21.05.2012)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
A 732/2011 20. Mai 2011 (20.05.2011) AT
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN** [AT/AT]; Karlsplatz 13, A-1040 Wien (AT).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **LENDL, Bernhard** [AT/AT]; Liebhartstalstrasse 43/1, A-1160 Wien (AT). **ZACHHUBER, Bernhard** [AT/AT]; Zur Spinnerin 53/4/8, A-1100 Wien (AT). **GASSER, Christoph** [AT/AT]; Thaliastrasse 94/19, A-1160 Wien (AT).
- (74) Anwälte: **SONN & PARTNER PATENTANWÄLTE** et al.; Riemergasse 14, A-1010 Wien (AT).

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

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DEVICE FOR DETECTING REFLECTED LIGHT SCATTERED IN AN OBJECT

(54) Bezeichnung : VORRICHTUNG ZUR DETEKTION VON REFLEKTIERTEM, IN EINEM OBJEKT GESTREUTEM LICHT

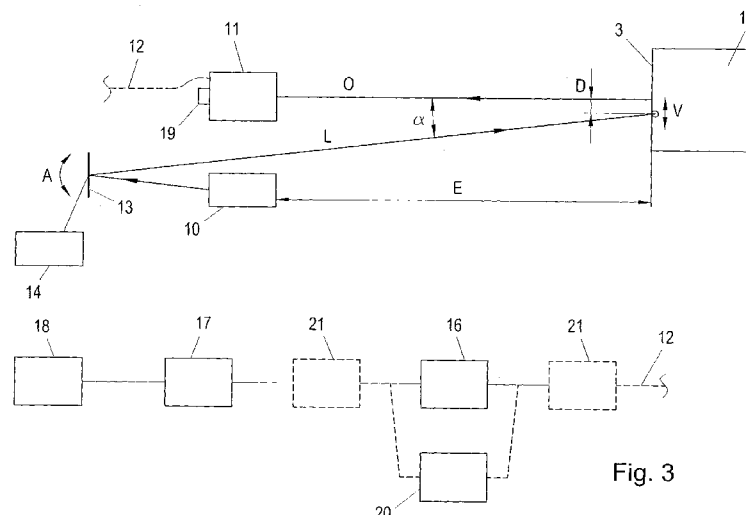


Fig. 3

(57) Abstract: The invention relates to a device for examining an object (15), comprising a laser (10) and a magnifying optical system (11) having lenses and/or mirrors for detecting light scattered in the object (15) as an optical signal, wherein the optical system (11) has an interface (19) for connecting to a spectrograph (16) or to an optical filter (20) or to a device (21) that limits the light incidence duration and/or the optical system (11) is integrated with at least the spectrograph (16) or the optical filter (20) or the device (21) that limits the light incidence duration, wherein a deflecting device (13) is arranged in order to variably set an angle (α) between the laser beam (L) and the longitudinal axis (O) of the optical system (11) or in order to variably set a distance of the laser beam (L) from the longitudinal axis (O) of the optical system (11).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



-
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

Vorrichtung zur Untersuchung eines Objekts (15) mit einem Laser (10) und mit einem Linsen und/oder Spiegel aufweisenden, bildvergrößernden optischen System (11) zur Detektion von in dem Objekt (15) gestreuten Licht, als optisches Signal, wobei das optische System (11) eine Schnittstelle (19) für die Verbindung mit einem Spektrographen (16) oder einem optischen Filter (20) oder einer die Lichteinfallsdauer begrenzenden Vorrichtung (21) aufweist und/oder das optische System (11) integral mit zumindest dem Spektrographen (16) oder dem optischen Filter (20) oder der die Lichteinfallsdauer begrenzenden Vorrichtung (21) ausgebildet ist, wobei für eine variierbare Einstellung eines Winkels (α) zwischen dem Laserstrahl (L) und der Längsachse (0) des optischen Systems (11) oder für eine variierbare Einstellung eines Abstandes des Laserstrahls (L) zu der Längsachse (0) des optischen Systems (11), eine Ablenkeinrichtung (13) angeordnet ist.

Vorrichtung zur Detektion von reflektiertem,
in einem Objekt gestreutem Licht

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Untersuchung eines Objekts mit einem Laser und mit einem Linse(n) und/oder Spiegel aufweisenden, bildvergrößernden optischen System zur Detektion von in dem Objekt gestreuten Licht, als optisches Signal, wobei das optische System eine Schnittstelle für die Verbindung mit einem Spektrographen oder einem optischen Filter oder einer die Lichteinfallsdauer begrenzenden Vorrichtung aufweist und/oder das optische System integral mit zumindest dem Spektrographen oder dem optischen Filter oder der die Lichteinfallsdauer begrenzenden Vorrichtung ausgebildet ist. Die vorliegende Erfindung betrifft weiters ein Verfahren zur Detektion von in einem Objekt gestreutem Licht.

Um Bedrohungen für Personen und Einrichtungen durch gefährliche Substanzen möglichst effizient und zuverlässig erkennen zu können, ist es wünschenswert Substanzen, die sich auf Oberflächen oder hinter Materialschichten, insbesondere aber hinter undurchsichtigen oder zumindest nicht klar durchsichtigen Materialschichten, verbergen, aus sicherer Entfernung detektieren zu können.

Derartige Substanzen können in Behältern, wie Wasserflaschen, Gepäckstücken oder Mülleimern, untergebracht sein und erhebliche Gefahren, beispielsweise durch Explosion, darstellen. Wird der Behälter geöffnet, um den Inhalt zu überprüfen, stellt dies bereits eine Gefährdung von sich im Bereich des Behälters aufhaltenden Personen und Einrichtungen dar.

Es ist bekannt, eine Analyse einer Substanz mittels einer RAMAN-Spektroskopie durchzuführen. Hierbei wird ein Laserstrahl auf die zu untersuchende Substanz gerichtet, wodurch in der Substanz inelastisch gestreute RAMAN-Photonen erzeugt werden. Die Photonen werden detektiert und das Spektrum, das Aufschluss über die chemische Natur der Substanz gibt, wird ausgewertet.

Für die Bestimmung von Substanzen, die sich hinter einer Materialschicht befinden, wie in einem Behälter, wird der Laserstrahl

auf die Materialschicht gerichtet. Der Stand der Technik offenbart verschiedene Verfahren zur Detektion von Substanzen auf Basis einer RAMAN Spektroskopie. Unter anderem werden verschiedene Laserfrequenzen oder die unterschiedlichen Laufzeiten von nahe der Oberfläche generierten Photonen gegenüber in tieferen Schichten generierten Photonen genutzt.

Die PCT-Anmeldung WO 2006/061565 A1 offenbart eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Bestimmung der Eigenschaften von unterhalb der Oberfläche eines Lebewesens angeordnetem Gewebe. Es wird hierbei eine „Spatial Offset Raman Spectroscopy“ (SORS) angewendet, wobei ein oder mehrere Bestrahlungspunkte bzw. ein oder mehrere Detektionsbereiche vorgesehen sein können, um unterschiedliche Abstände zwischen Bestrahlungspunkten und Detektionsbereichen zu gewährleisten. Die Detektionsbereiche können von einem Bestrahlungspunkt radial beabstandet bzw. ringförmig um diesen angeordnet sein, wobei die zurückgestreuten Photonen mittels optischer Fasern aufgenommen werden können und letztendlich einer Analysevorrichtung zugeführt werden. Zwischen dem zu untersuchenden Gewebe und einer Detektionseinrichtung kann eine optische Vorrichtung angeordnet sein, um Licht von unterschiedlichen Bereichen der Gewebeoberfläche auf die Detektionseinrichtung zu lenken. Die optische Vorrichtung ist hierfür senkrecht zu der Gewebeoberfläche verschiebbar angeordnet. Die beschriebene Vorrichtung ist jedoch nicht für eine gefahrlose Bestimmung eines RAMAN-Spektrums aus sicherer Entfernung zu einer unbekannten Substanz geeignet.

Die PCT-Anmeldung WO 2009/105009 A1 bezieht sich auf ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur Detektion gefährlicher Substanzen aus größeren Entfernungen, wie beispielsweise 50 m. Die zu untersuchende Substanz befindet sich beispielsweise in einem Behälter, der mit einem kurzen Laserimpuls von beispielsweise einigen Nanosekunden bestrahlt wird, wonach das zurückgestreute Licht in einer optischen Vorrichtung gesammelt und über eine optische Faser einem Spektrometer zugeführt wird. Zur Detektion der Substanz wird die Laserfrequenz nahe oder exakt bei der Absorptionsfrequenz der untersuchten Substanz gewählt. Bei dieser Frequenz ist im RAMAN-Spektrum eine hohe Spitze ersichtlich. Für unbekannte zu untersuchende Substanzen ist die Messung demnach

mit zahlreichen unterschiedlichen Laserfrequenzen durchzuführen.

Ein Artikel der Universität Hawaii (Compact standoff Raman system for detection of homemade explosives) beschreibt die Detektion explosiver oder sonstiger gefährlicher Stoffe mittels eines gepulsten Lasers mit einer Pulsweite von 8 ns und einer 85 mm Nikon Kamera Linse bei einer Integrationszeit von 1 bis 10 s. Die Detektion der Stoffe kann hierbei aus beispielsweise einer Entfernung von 50 m erfolgen. Abhängig von der Gatezeit im ns-Bereich kann das RAMAN-Spektrum der Atmosphäre zwischen der Detektionsvorrichtung und dem Ziel, das RAMAN-Spektrum des Ziels selbst oder das RAMAN-Spektrum von sowohl der Atmosphäre als auch dem Ziel erfasst werden. Das Verfahren variiert somit durch die Wahl der Gatezeit den Einfluss der Atmosphäre auf das Messergebnis und ist für die Bestimmung einer Substanz geeignet, wenn keine Notwendigkeit einer Unterscheidung von Schichten in unterschiedlichen Tiefen besteht.

Der Artikel von P. Matousek (Society for Applied Spectroscopy 59 (2) (2005): 200 - 205) beschreibt die Unterscheidung von aus unterschiedlichen Tiefen eines diffus-streuenden Materials hervorgehenden RAMAN-Signalen unter Verwendung eines gepulsten Lasers mit einer Pulsbreite von 1 ps und einem Gatingverfahren mit einer Gatingzeit von 4 ps. Das Verfahren nutzt die abhängig von der Tiefe unterschiedliche Laufzeit von Photonen und detektiert mittels des Gating im Wesentlichen nur jene Photonen, die aus einer jeweiligen Tiefe hervorgehen. Für diese Vorrichtung ist demnach präzises Timing im Pikosekundenbereich erforderlich. Zudem ist die Vorrichtung nicht für die Detektion von Stoffen aus größerer bzw. sicherer Entfernung geeignet.

Die Vorrichtungen bzw. Verfahren nach dem Stand der Technik sind somit grundsätzlich für die Bestimmung von hinter einer Materialschicht angeordneten Substanzen geeignet, weisen jedoch jeweils Nachteile auf. Demnach sind die Verfahren entweder nur aus geringer Entfernung durchführbar, zeitaufwändig, da sie mit zahlreichen Laserfrequenzen durchzuführen sind, unzureichend hinsichtlich der Unterscheidung zwischen verschiedenen tiefen Schichten der Substanz oder mit hohem Kostenaufwand wegen der Anforderung an sehr präzise Zeitabläufe verbunden.

Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung und ein Verfahren bereitzustellen, mit dem die sich aus dem Stand der Technik ergebenden Nachteile vermieden bzw. reduziert werden. Die Vorrichtung und das Verfahren sollen die Detektion von in einer Substanz gestreuten und reflektierten Photonen ermöglichen, wobei die Substanz in zumindest einem Objekt, beispielsweise einem Behälter, angeordnet sein kann. Da die Substanz für Menschen und Vorrichtungen gefährlich sein kann, soll die Detektion aus sicherer Entfernung möglich sein. Insbesondere sollen die RAMAN-Photonen, die in unterschiedlich tiefen Schichten in dem Objekt oder der Substanz entstehen, möglichst gut unterscheidbar detektiert werden. Die Vorrichtung soll zudem kostengünstig sein.

Die Aufgabe wird dadurch gelöst, dass für eine variierbare Einstellung eines Winkels zwischen dem Laserstrahl und der Längsachse des optischen Systems oder für eine variierbare Einstellung eines Abstandes des Laserstrahls zu der Längsachse des optischen Systems eine Ablenkeinrichtung angeordnet ist.

Indem ein Laserstrahl auf ein Objekt, beispielsweise einen Behälter, der die zu detektierende Substanz enthält, gerichtet wird, entstehen innerhalb der Behälterwand und dem Inhalt des Behälters RAMAN-Photonen, die über die Behälteroberfläche zurück reflektiert und mit dem optischen System erfasst werden. Das Spektrum dieser Photonen ist charakteristisch für die chemische Zusammensetzung der Behälterwand bzw. des Inhaltes. Abhängig von der Distanz zwischen dem Laserstrahl und der Längsachse des optischen Systems auf der Objektoberfläche können RAMAN-Photonen aus unterschiedlichen Tiefen detektiert werden. Für geringe Distanzen werden hauptsächlich Photonen, die in der Objekt- bzw. Behälteroberfläche erzeugt werden, detektiert, während mit zunehmender Distanz Photonen aus tiefer liegenden Bereichen erfasst werden können. Ziel der Erfindung ist es, den Inhalt eines Behälters gefahrlos aus sicherer Entfernung analysieren zu können. Im Allgemeinen sind jedoch weder die Dicke der Behälterwand noch die Anordnung des Inhaltes des Behälters bekannt, etwa wenn der Inhalt zusätzlich verpackt ist. Somit existiert zum Zeitpunkt der Messung im Allgemeinen keine Information über die Tie-

fe, in der die Substanz im Behälter angeordnet ist. Ebenso könnten sich mehrere Substanzen verteilt in dem Behälter befinden. Gemäß der Erfindung ist eine Ablenkeinrichtung vorgesehen, mit der aus sicherer Entfernung die Distanz zwischen dem Auftreffpunkt des Laserstrahls und der Längsachse des optischen Systems variierbar ist. Somit können die Photonen, die in unterschiedlichen Tiefen entstehen, durch Variation des Winkels bzw. Abstands zwischen dem Laserstrahl und der Längsachse des optischen Systems detektiert werden.

Wenn im weiteren Verlauf der Beschreibung der Begriff Distanz verwendet wird, ist hiermit offiziell die Distanz zwischen der Stelle, an welcher der Laserstrahl auf die Objektoberfläche auftrifft, und der fiktiven Stelle, an welcher die gedachte Längsachse des optischen Systems auf die Objektoberfläche trifft, zu verstehen.

Ebenso ist im Rahmen dieser Beschreibung unter den Begriffen Spektrograph, optisches Filter, Transformer und die Lichteinfallsdauer begrenzendes Mittel (die Lichteinfallsdauer begrenzende Vorrichtung) die jeweilige funktionale Einheit und nicht notwendiger Weise ein jeweils eigenständiges Gerät zu verstehen. So können einige funktionale Einheiten in einem gemeinsamen Gerät untergebracht sein ohne vom Umfang der Erfindung abzuweichen. Beispielsweise kann der Transformer innerhalb eines als Spektrograph bezeichneten Gerätes angeordnet sein.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist die Ablenkeinrichtung zumindest einen drehbar oder verschiebbar angeordneten Spiegel auf. Die Verwendung von Spiegeln ist eine kostengünstige Methode einen Laserstrahl abzulenken. Mit Hilfe eines drehbar angeordneten Spiegels kann auf einfache Weise der Winkel zwischen dem Laserstrahl und der Längsachse des optischen Systems geändert werden. Ebenso kann eine Kombination einer beliebigen Anzahl drehbarer Spiegel mit einer beliebigen Anzahl feststehender Spiegel kombiniert werden, um den Laserstrahl abzulenken. Des Weiteren ist es möglich den Laserstrahl mittels zumindest eines verschiebbar angeordneten Spiegels abzulenken, bzw. drehbare, verschiebbare und fest positionierte Spiegel miteinander zu kombinieren. Der Laserstrahl

kann, nachdem er die Ablenkeinrichtung verlässt, im Wesentlichen parallel zur Längsachse des optischen Systems auf die Objektoberfläche geführt werden. Ebenso ist es jedoch möglich, dass der Laserstrahl seitlich, d. h. nicht koaxial bzw. nicht parallel zu der Längsachse des optischen Systems, auf die Objektoberfläche geführt wird. In letzterem Fall kann dennoch mit Hilfe der Ablenkeinrichtung der Winkel, der Abstand oder beides variiert werden. Die Variation des Abstandes ist hierbei so zu verstehen, dass der Laserstrahl für die Variation der Distanz auf der Objektoberfläche parallel verschoben wird.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung weist die Ablenkeinrichtung eine Antriebseinheit zur kontinuierlichen Veränderung des Winkels oder des Abstandes zwischen dem Laserstrahl und der Längsachse des optischen Systems auf. Für eine möglichst präzise Analyse des Behälterinhalts in unterschiedlichen Tiefen ist eine hohe Tiefenauflösung und somit eine möglichst genaue Einstellung der Distanz zwischen dem Laserstrahl und der Längsachse des optischen Systems auf der Objektoberfläche erforderlich. Da die Messung aus Sicherheitsgründen aus großer bzw. sicherer Entfernung durchführbar sein soll, werden geringe Winkeländerungen zu vergleichsweise großen Änderungen der Distanz führen. Mittels einer kontinuierlichen Veränderung des Winkels werden daher unerwünschte Sprünge in den einstellbaren Distanzwerten vermieden. Ebenso wird für den Fall, dass der Abstand zwischen dem Laserstrahl und der Längsachse des optischen Systems eingestellt wird, eine kontinuierliche Veränderung desselben eine möglichst genaue Einstellung der Distanzwerte ermöglichen. Die Ablenkeinrichtung kann beispielsweise eine mechanische Vorrichtung, einen Elektromotor oder ein hydraulisches System umfassen.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist dem Spektrographen oder dem optischen Filter ein Transformer zur Umwandlung des optischen Signals in ein elektrisches Signal nachgeschaltet und der Laser ist gepulst und es ist entweder dem Spektrographen oder dem optischen Filter oder dem Transformer die die Lichteinfallsdauer begrenzende Vorrichtung vorgeschaltet, oder der Transformer weist eine Steuerung für dessen impulsweise Aktivierung/Deaktivierung auf oder ist mit dieser ver-

bunden. Das Pulsen des Lasers sowie die Anordnung der die Lichteinfallsdauer begrenzenden Vorrichtung, bzw. allgemein eines die Lichteinfallsdauer begrenzenden Mittels, oder des aktivierbaren/deaktivierbaren Transformers ermöglicht die Verwendung der erfindungsgemäßen Vorrichtung in einem Umgebungslicht aufweisenden Bereich, ohne dass das Umgebungslicht das optische Signal in einer das Messergebnis nennenswert störenden Weise beeinflussen würde. Die Pulsdauer des Lasers beträgt vorzugsweise einige ps bis einige 10 ns. Als optisches Signal ist hierbei das in dem zu untersuchenden Objekt gestreute, reflektierte bzw. auch weiter transportierte Licht zu verstehen. Es sei ferner erwähnt, dass sich die Begriffe vorgeschaltet und nachgeschaltet auf den weiteren Verlauf des optischen Signals beziehen. So können der Transformer und der Spektrograph in einem gemeinsamen Gerät angeordnet sein, das optische Signal erreicht jedoch in seinem weiteren Verlauf zuerst den dem Transformer vorgeschalteten Spektrographen.

Vorteilhafter Weise weist das optische Filter einen festen oder einstellbaren Wellenlängen-Durchlassbereich auf, wobei das optische Filter mit festem Wellenlängen-Durchlassbereich optional, zum Austausch gegen ein optisches Filter mit hierzu unterschiedlichem Wellenlängen-Durchlassbereich, abnehmbar angeordnet ist. Das Filter weist hierbei einen möglichst schmalen Wellenlängendurchlassbereich auf, um eine möglichst hohe Auflösung der Spektralinformation zu erhalten. Durch Verwendung unterschiedlicher Filter mit jeweils unterschiedlichem Wellenlängendurchlassbereich können dem mit dem optischen System erfassten Bereich auf der Objektoberfläche weitere Spektralinformationen zugeordnet werden. Für diesen Fall, dass mehrere Filter verwendet werden, sind diese in der Vorrichtung austauschbar angeordnet. Alternativ hierzu kann ein einziges Filter verwendet werden, welches einen einstellbaren Wellenlängendurchlassbereich, der ebenfalls möglichst schmalbandig ausgeführt ist, aufweist.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn der dem optischen Filter nachgeschaltete Transformer ein Bildsensor für die gleichzeitige Erfassung mehrerer Bereiche eines zweidimensionalen Bildes ist. In dieser Ausführungsform erfasst der Bildsensor ein zweidimensionales Abbild eines Bereiches auf der Objektoberfläche, dem

die durch Filterung erhaltene schmalbandige Spektralinformation zuordenbar ist. Die Flächenausdehnung des erfassten Bereiches kann hierbei deutlich größer als im Falle eines dem Transformer vorgeschalteten Spektrographen sein. Der dem Spektrographen nachgeschaltete Transformer ist zur Umwandlung der vom Spektrographen erzeugten spektralen Information in ein elektrisches Signal nicht in Form einer zweidimensionalen Anordnung zur Bilderfassung ausgebildet.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform ist zur Generierung des Laserstrahls ein zu dem Laser zusätzlicher Laser angeordnet. Die beiden Laser generieren hierbei den Laserstrahl mit zueinander unterschiedlicher Wellenlänge. Da unterschiedliche zu untersuchende Substanzen abhängig von der Wellenlänge des auf diese auftreffenden Laserstrahls RAMAN Photonen mit unterschiedlicher Intensität erzeugen können, kann hiermit vorteilhaft durch Bestrahlung mit zwei unterschiedlichen Wellenlängen die Zuverlässigkeit der Messung erhöht werden.

Die Aufgabe wird weiters dadurch gelöst, dass der Laserstrahl auf einen Punkt am Objekt gerichtet wird und die Längsachse des optischen Systems auf einen hierzu unterschiedlichen Punkt am Objekt gerichtet wird. Hierdurch kann die Distanz des Laserpunktes auf der Objektoberfläche von der Längsachse des optischen Systems variiert werden, um spektrale Information der zu untersuchenden Substanz aus unterschiedlichen Tiefen und somit Informationen über die chemische Zusammensetzung der Substanz zu erhalten. Es ist hierbei unwesentlich, ob der Laserstrahl parallel zu der Längsachse des optischen Systems oder von der Seite auf die Objektoberfläche zugeführt wird.

Gemäß einer besonderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird ein Winkel oder ein Abstand zwischen dem Laserstrahl und der Längsachse des optischen Systems kontinuierlich verändert. Hiermit wird eine möglichst genaue Einstellung der Distanz zwischen dem Laserstrahl und der Längsachse des optischen Systems auf der Objektoberfläche erreicht. Die Einstellung kann händisch über eine mechanische Vorrichtung durchgeführt werden oder im Falle der Verwendung elektrischer oder hydraulischer Einstellmittel durch Eingabe eines definierten Distanzwertes o-

der Distanzbereiches.

Vorteilhafter Weise wird der Messvorgang mit einem gepulsten Laserstrahl durchgeführt und entweder die Lichteinfallsdauer auf den Spektrographen oder das optische Filter oder einen dem Spektrographen oder dem optischen Filter zur Umwandlung des optischen Signals in ein elektrisches Signal nachgeschalteten Transformer auf den Laserimpuls synchronisiert begrenzt, oder der Transformer auf den Laserimpuls synchronisiert aktiviert bzw. deaktiviert. Die Pulsdauer des Laserstrahls wird hierbei vorzugsweise im Bereich einiger ps bis einiger 10 ns eingestellt. Der Messvorgang mit einem gepulsten Laser ermöglicht die Anwendung des Verfahrens in einem Umgebungslicht aufweisenden Raum, ohne dass das Umgebungslicht den Messvorgang nennenswert störend beeinflussen würde. Um möglichst nur das von der Oberfläche abgegebene optische Signal zu erfassen, wird die Lichteinfallsdauer auf den Spektrographen, das optische Filter oder den Transformer synchron zu dem Laserimpuls begrenzt.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird die Entfernung des optischen Systems bzw. des Lasers zu dem Objekt als Funktion der Zeit zwischen dem Aussenden eines Laserstrahls und der Detektion des optischen Signals bestimmt und eine Fokussierung des optischen Systems abhängig von der ermittelten Entfernung zu dem Objekt automatisch durchgeführt. Die Bestimmung der Entfernung wird somit ohne zusätzliche Hilfsmittel unter Verwendung eines ohnehin auszusendenden Laserstrahls und zu detektierenden optischen Signals bestimmt. Ein zusätzlicher Arbeitsschritt für die Fokussierung des optischen Systems auf der Objektoberfläche kann entfallen. Dies ist insbesondere vorteilhaft, wenn Objekte in unterschiedlichen Entfernungen zu der erfindungsgemäßen Vorrichtung möglichst zeitsparend analysiert werden sollen. Eine möglichst genaue Fokussierung ist wesentlich für die Erzielung hochwertiger Messergebnisse.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird die Entfernung des optischen Systems bzw. des Lasers zu dem Objekt als Funktion der Zeit zwischen dem Aussenden eines Laserstrahls und der Detektion des optischen Signals bestimmt und ein Winkel zwischen dem Laserstrahl und der

Längsachse des optischen Systems, abhängig von der gemessenen Entfernung und dem zu erzielenden radialen Abstand zwischen der Längsachse des optischen Systems und dem Laserstrahl auf dem Objekt, automatisch durch die Antriebseinheit eingestellt. Da für einen fest eingestellten Winkel die Distanz zwischen dem Laserstrahl und der Längsachse des optischen Systems auf der Objektoberfläche für verschiedene Entfernungen unterschiedlich groß ist, kann mit Hilfe dieser automatischen Winkeleinstellung ein zusätzlicher Arbeitsschritt der Anpassung des Winkels an die jeweilige Entfernung zu dem zu untersuchenden Objekt entfallen. Dies ist insbesondere vorteilhaft, wenn Objekte in unterschiedlicher Entfernung zu der Vorrichtung möglichst zeitsparend untersucht werden sollen.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Entfernung des optischen Systems bzw. des Lasers zu dem Objekt als Funktion der Zeit zwischen dem Aussenden eines Laserstrahls und der Detektion des optischen Signals bestimmt wird und ein Winkel zwischen dem Laserstrahl und der Längsachse des optischen Systems, abhängig von der gemessenen Entfernung, unterschiedlich rasch durch die Antriebseinheit eingestellt wird. Grundsätzlich ist der für einen vorgegebenen Distanzbereich auf der Objektoberfläche einzustellende Winkel zwischen dem Laserstrahl und der Längsachse des optischen Systems für Objekte nahe der Vorrichtung größer als für entfernte Objekte. Zudem ist es wesentlich, dass die Winkel, um eine möglichst hohe Tiefenauflösung zu erhalten, möglichst genau eingestellt werden. Letzteres ist vorteilhaft dadurch erzielbar, dass die Änderung des Winkels langsam erfolgt. Ist jedoch das zu untersuchende Objekt nahe der Vorrichtung angeordnet, würde dies wegen der grundsätzlich größeren erforderlichen Winkeländerung zu unnötiger Wartezeit zwischen den Messungen führen. Diese Wartezeit kann dadurch verringert werden, dass der Winkel abhängig von der Entfernung zu dem zu analysierenden Objekt unterschiedlich rasch automatisch eingestellt wird.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn mehrere Messvorgänge durchgeführt werden, mit zumindest einer Position der Längsachse des optischen Systems und mehreren hierzu unterschiedlichen Positionen des Laserstrahls auf dem zu untersuchenden Objekt. Indem die Position des Laserstrahls auf der Objektoberfläche in Bezug auf

die Längsachse des optischen Systems variiert wird, können Informationen über die chemische Zusammensetzung, des zu untersuchenden Inhaltes eines Behälters aus verschiedenen Tiefenbereichen hinter bzw. unterhalb eines Flächenbereichs der Oberfläche erhalten werden. Wenn dieser Vorgang zudem für verschiedenen Positionen der Längsachse des optischen Systems auf der Objektoberfläche durchgeführt wird, können somit Informationen über die chemische Zusammensetzung der zu untersuchenden Substanz in einem durch die Positionen der Längsachse des optischen Systems und des Laserstrahls definierten Volumenbereich erlangt werden. Dies ist insbesondere vorteilhaft, wenn der zu analysierende Behälterinhalt mehr als nur eine zu analysierende Substanz enthält, deren Anordnung innerhalb des Behälters zudem unbekannt ist. So wäre es beispielsweise denkbar, dass verschiedene Substanzen getrennt voneinander verpackt in einem Behälter angeordnet sind. Würde nur eine einzige Messung oder zumindest eine geringe Anzahl von Messungen mit bestimmten Winkeln oder Abständen zwischen dem Laserstrahl und der Längsachse des optischen Systems durchgeführt, so könnte unter Umständen nur eine einzige Substanz detektiert werden. Durch die Positionierung des Laserstrahls bzw. der Längsachse des optischen Systems entlang größerer Objektoberflächen kann jedoch sichergestellt werden, dass ein entsprechend größerer Volumsbereich des Behälterinhaltes detektiert wird.

Es ist des Weiteren besonders vorteilhaft, wenn zumindest ein Messvorgang durchgeführt wird mit zumindest einer Position der Längsachse des optischen Systems und zumindest einer hierzu unterschiedlichen Positionen des Laserstrahls auf dem zu untersuchenden Objekt, wobei für jede Position des Laserstrahls dem als Bildsensor ausgebildeten Transformator zumindest ein optisches Filter mit definiertem Wellenlängendurchlassbereich vorgeschaltet wird oder zumindest ein Wellenlängendurchlassbereich eines dem Bildsensor vorgeschalteten optischen Filters eingestellt wird. Das Verfahren ist insbesondere vorteilhaft, wenn der Inhalt des Behälters nicht homogen ist, sich also unterschiedliche Substanzen in dem Behälter befinden. Mit dem optischen System wird hierbei ein definierter Flächenbereich, insbesondere auch der gesamte Oberflächenbereich des zu untersuchenden Objektes, erfasst und auf dem Bildsensor abgebildet. Dieses Abbild des

Oberflächenbereiches wird mit jener spektralen Information assoziiert, die durch Filterung des vom optischen System erfassten optischen Signals erhalten wird. Die von den einzelnen Bildpunkten des Bildsensors erzeugten Signale können grundsätzlich in beliebigem geometrischen Zusammenhang zueinander ausgewertet werden. So könnten beispielsweise jene Bildpunkte ausgewertet werden, die in konzentrischen Kreisen unterschiedlicher Durchmesser um die Position des Laserstrahls auf der Objektoberfläche angeordnet sind. Auf diese Weise erhält man für verschiedene Bereiche auf der Objektoberfläche Informationen über den durch das optische Filter definierten Spektralbereich. Durch Variation des Durchlassbereiches des optischen Filters oder Austauschens eines optischen Filters mit fest eingestelltem Wellenlängendurchlassbereich gegen ein anderes optisches Filter mit einem anderen fest eingestellten Durchlassbereich kann für die zu analysierenden Flächenbereiche zudem zusätzliche spektrale Information erhalten werden. Diese Ausführungsform ist besonders geeignet, wenn der Inhalt eines großflächigen Behälters auf das Vorhandensein einer bestimmten Substanz bzw. auf das Auftreten einer vorab definierten Wellenlänge des RAMAN-Signals untersucht werden soll, ohne dass die Ausführungsform hierauf beschränkt ist.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird die Wellenlänge des mit dem Laser generierten Laserstrahls variiert oder der Laserstrahl wird alternierend von dem Laser und einem hierzu zusätzlich angeordneten Laser mit zueinander unterschiedlicher Wellenlänge generiert. Durch die Bestrahlung des zu untersuchenden Objekts mit unterschiedlichen Wellenlängen des Laserstrahls kann die Zuverlässigkeit des Messergebnisses erhöht werden, da die Intensität des reflektierten optischen Signals abhängig von der Wellenlänge des Laserstrahls variieren kann. Gegenüber der Variation der Wellenlänge des von einem einzigen Laser erzeugten Laserstrahls bietet die Verwendung eines zweiten Lasers den Vorteil, dass die Wellenlängen beider Laser nicht laufend zu variieren sind. Vielmehr werden die beiden Laser alternierend betrieben. Die von den jeweiligen Lasern generierten Laserstrahlen können mittels einer geeigneten Ablenkeinrichtung so gelenkt werden, dass die Laserstrahlen deckungsgleich dem zu untersuchenden Objekt zugeführt werden.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform wird für die Detektion der optischen Signale mehrerer in Richtung des Laserstrahls gesehen hintereinander angeordneter Objekte zumindest ein Messvorgang durchgeführt, mit zumindest einer Position der Längsachse des optischen Systems und zumindest einer hierzu unterschiedlichen Position des Laserstrahls auf dem vordersten zu untersuchenden Objekt, wobei für jede der Positionen der Lichteinfall auf den Spektrographen oder das optische Filter oder den Transformer oder die Aktivierung des Transformers auf jene Zeiträume begrenzt wird, in welchen das jeweilige detektierte und weitergeleitete optische Signal die die Lichteinfallsdauer begrenzende Vorrichtung oder den Transformer erreicht. Wie bereits erwähnt wurde, verhindert die Begrenzung der Lichteinfallsdauer auf den Spektrographen, das optische Filter oder den Transformer oder die zeitweise und demnach impulsartige Aktivierung des Transformers, sofern dieser impulsartig aktivierbar/deaktivierbar ist, die Detektion von der Messung störenden Lichtanteilen. Die Zeitdauer, in welcher der Lichteinfall oder die Aktivierung des Transformers zugelassen wird, ist hierfür mit dem Aussenden des Laserstrahls derart synchronisiert, dass möglichst das Maximum der erzeugten RAMAN-Strahlung bzw. das Maximum des optischen Signals erfasst wird. Sind nun mehrere im Abstand hintereinander angeordnete Schichten eines Objekts oder mehrere im Abstand hintereinander angeordnete Objekte, jeweils in Richtung des Laserstrahls gesehen, zu untersuchen, müssen mehrere Zeitabschnitte für den Lichteinfall oder die Aktivierung des Transformers zugelassen werden um störende Lichtanteile zu vermeiden. Insbesondere wird für die Untersuchung hintereinander beabstandet angeordneter Objekte ein kurzer, beispielsweise etwa 4 ns dauernder Laserstrahl auf die Oberfläche des vordersten Objekts gerichtet und das optische Signal, welches die in den Objekten erzeugten RAMAN-Spektren aufweist, von der Oberfläche des vordersten Objekts detektiert. Die die Lichteinfallsdauer begrenzende Vorrichtung oder der Transformer werden demnach in jenen Zeitabschnitten für Lichtdurchgang freigegeben/aktiviert, in welchen an der die Lichteinfallsdauer begrenzenden Vorrichtung oder dem Transformer das weitergeleitete optische Signal möglichst das Maximum der RAMAN-Strahlung von jedem Objekt aufweist.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand von bevorzugten, nicht

einschränkenden Ausführungsbeispielen, unter Bezugnahme auf die Zeichnung noch weiter erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Darstellung der grundsätzlichen Wirkungsweise einer SORS;

Fig. 2 eine Darstellung der Intensitätsabnahme des in einem Behälter und dessen Inhalt gestreuten und reflektierten Lichts abhängig von der Distanz zwischen Laser und Längsachse des optischen Systems an der Behälteroberfläche;

Fig. 3 eine Vorrichtung zur Detektion von reflektiertem, in einem Objekt gestreuten Licht, gemäß der Erfindung;

Fig. 4 eine Vorrichtung gemäß Fig. 3 mit einer hierzu unterschiedlichen Ablenkeinrichtung;

Fig. 5 eine Vorrichtung gemäß Fig. 3 mit einer weiteren Ablenkeinrichtung;

Fig. 6 eine Vorrichtung gemäß Fig. 3 mit noch einer weiteren Ablenkeinrichtung;

Fig. 7 eine Vorrichtung gemäß Fig. 3 mit noch einer weiteren Ablenkeinrichtung;

Fig. 8 RAMAN-Spektren von Isopropanol in einem Kunststoffbehälter für unterschiedliche Distanzwerte, detektiert aus 12 m Entfernung;

Fig. 9 RAMAN-Spektren von NaClO_3 in einem Kunststoffbehälter für unterschiedliche Distanzwerte, detektiert aus 12 m Entfernung;

Fig. 10 einen Zusammenhang zwischen dem Sichtfeld des optischen Systems und der Erfassung des in NaClO_3 , das sich in einem Kunststoffbehälter befindet, und dem Kunststoffbehälter selbst gestreuten Lichts;

Fig. 11 RAMAN-Spektren von Isopropanol in einem stark fluoreszierenden Kunststoffbehälter für unterschiedliche Distanzwerte,

detektiert aus 12 m Entfernung;

Fig. 12 einen mit einem Bildsensor erfassten Bereich einer Objektoberfläche und die diesem Bereich zugeordnete Spektralinformation; und

Fig. 13 eine Darstellung mehrerer Positionen des Laserstrahls und der optischen Achse auf einer Objektoberfläche sowie die diesen Bereichen zugeordnete Spektralinformation.

Fig. 1 zeigt eine Darstellung der grundsätzlichen Wirkungsweise einer SORS („Spatial Offset Raman Spectroscopy“) anhand eines Behälters, der eine Behälterwand 1 aufweist, hinter welcher ein Inhalt 2 angeordnet ist. Wird ein Laserstrahl L auf die Oberfläche 3 der Behälterwand 1 gerichtet, so werden innerhalb der Behälterwand 1 wie auch innerhalb des Inhaltes 2 sogenannte RAMAN-Photonen erzeugt, durch Streuung, die über die Oberfläche 3 des Behälters wieder abgegeben werden. Jene Photonen, die nahe dem Laserstrahl L aus der Oberfläche 3 austreten, entstehen zum überwiegenden Teil durch Streuung in der Behälterwand 1, während der Anteil der Photonen aus der tiefer liegenden Schicht des Inhaltes 2 gering ist. Dies ist in Fig. 1 anhand des Pfeiles P1 dargestellt mit einem großen Anteil B von in der Behälterwand 1 gestreuten Photonen gegenüber einem geringen Anteil I von im Inhalt 2 gestreuten Photonen. Mit zunehmender Distanz D vom Laserstrahl L nimmt der Anteil der in der Behälterwand 1 generierten und über die Behälteroberfläche 3 austretenden Photonen im Vergleich zu den im Inhalt 2 generierten und ebenso über die Behälteroberfläche 3 austretenden Photonen ab. Werden somit Photonen detektiert, die aus der Behälteroberfläche 3 im zunehmenden Abstand D vom Laserstrahl L austreten, werden diese im zunehmenden Maße nur mehr vom Inhalt 2 des Behälters erzeugt. Das Spektrum dieser sogenannten RAMAN-Photonen ist hierbei charakteristisch für die chemische Zusammensetzung jener Schicht, in der die Photonen erzeugt wurden. Je nach Wahl der Distanz D zwischen dem Laserstrahl L und der Achse O eines optischen Systems, welches zur Detektion der über die Behälteroberfläche 3 austretenden Photonen dient, repräsentiert das RAMAN-Spektrum, die Einflüsse der Behälterwand 1 oder des Inhaltes 2 unterschiedlich stark. Dies ist insbesondere anhand des Pfeiles P4 ersichtlich, an des-

sen Position der Anteil B der in der Behälterwand 1 gestreuten Photonen weitgehend vernachlässigbar ist, und die an dieser Position über die Oberfläche 3 der Behälterwand 1 austretenden Photonen im Wesentlichen nur mehr im Inhalt 2 des Behälters erzeugt werden. Das RAMAN-Spektrum der an der Stelle des Pfeils P4 detektierten Photonen repräsentiert somit die chemische Zusammensetzung des Inhaltes 2 ohne nennenswerte von der Behälterwand 1 stammende Anteile.

Fig. 2 zeigt die Abnahme der Intensitäten der detektierten RAMAN-Spektralbänder eines Kunststoffbehälters und des darin angeordneten Isopropanol. Der Behälter wird durch ein Spektralband, das einer RAMAN-Verschiebung von 1248 bis 1341 cm^{-1} entspricht und das Isopropanol durch ein Spektralband im Bereich 758 bis 881 cm^{-1} repräsentiert. Wie Fig. 2 zu entnehmen ist, nimmt mit zunehmender Distanz D zwischen dem Laserstrahl L und dem Detektionsbereich auf der Behälteroberfläche 3 der detektierte Anteil der im Behälter 1 erzeugten Photonen stärker ab als der detektierte Anteil der im Behälterinhalt 2 erzeugten Photonen.

Fig. 3 zeigt eine Vorrichtung zur Detektion von reflektiertem in einem Objekt gestreuten Licht gemäß der Erfindung mit einem Laser 10, einem optischen System 11, einem als Lichtwellenleiter ausgebildeten Signalübertragungsmittel 12, einer Ablenkeinrichtung 13, die mit einer Antriebseinheit 14 verbunden ist, und einem Objekt 15. Um Informationen über die chemische Zusammensetzung des Objekts 15 bzw. dessen Inhalt 2 zu erlangen, insbesondere aus unterschiedlichen Tiefen des Inhaltes 2, wird die Distanz D zwischen dem Laserstrahl L und der optischen Achse O des optischen Systems 11 auf der Oberfläche 3 des Objekts 15, beispielsweise eines Behälters, variiert. Hierfür wird der Winkel α zwischen dem Laserstrahl L und der optischen Achse O mit Hilfe einer Ablenkeinrichtung 13 für den vom Laser 10 erzeugten Laserstrahl L eingestellt. Der Laser 10 kann hierbei grundsätzlich un gepulst (CW-Betrieb) oder gepulst betrieben werden. Der Laser 10 sowie das optische System 11 werden in einer für den jeweiligen Messvorgang als sicher erachteten Entfernung E von dem Objekt 15 angeordnet. Der Laserstrahl L wird gemäß Fig. 3 auf eine Ablenkeinrichtung 13 gerichtet, es können jedoch ebenso mehrere Ablenkeinrichtungen 13 vorgesehen sein, um den Laserstrahl L in

einem einstellbaren Winkel α zur optischen Achse O auf das Objekt 15 zu lenken. Die Ablenkeinrichtung 13 kann ein Spiegel sein oder jede andere geeignete Einrichtung, um einen Laserstrahl L abzulenken. Um den Winkel α zwischen dem Laserstrahl L und der optischen Achse O einstellen zu können, ist die Ablenkeinrichtung 13 drehbar bzw. schwenkbar angeordnet, vorzugsweise als drehbarer Spiegel. Da die Entfernung E zwischen dem Laser 10 bzw. dem optischen System 11 und dem Objekt 15 einige Meter bis einige 10 Meter betragen kann, die Distanz D auf der Objektoberfläche 3 jedoch oftmals nur einige Millimeter bis wenige Zentimeter beträgt, kann eine geringfügige Drehung der Ablenkeinrichtung 13 bereits zu sehr großen Winkeländerungen auf der Objektoberfläche 3 führen. Aus diesem Grund kann die Ablenkeinrichtung 13 eine Antriebseinheit 14 zur im Wesentlichen kontinuierlichen Veränderung des Winkels α aufweisen. Die Antriebseinheit 14 kann hierfür einen Elektromotor, ein hydraulisches System oder eine mechanische Vorrichtung aufweisen. Ebenso könnte eine zu der in Fig. 3 dargestellten Ablenkeinrichtung 13 unterschiedliche Ablenkeinrichtungen 13 vorgesehen sein, welche den Laser 10 bzw. das optische System 11 selbst verdreht, um ohne reflektierende Flächen den Winkel α einstellen zu können. Entscheidend ist, dass jede Art der Ablenkeinrichtung 13 eine variierbare Distanz D zwischen dem Laserstrahl L und der optischen Achse O auf der Objektoberfläche 3 ermöglicht, wie dies beispielhaft in Fig. 3 durch den Doppelpfeil V dargestellt ist. Obwohl dies in der Zeichnung nicht dargestellt ist, kann zusätzlich zu dem Laser 10 ein weiterer Laser 10' angeordnet sein. Die Wellenlänge der von den Lasern 10, 10' erzeugten Laserstrahlen ist zueinander unterschiedlich. Die von den Lasern 10, 10' generierten Laserstrahlen werden vorteilhafter Weise mittels Ablenkeinrichtungen in einer für den Fachmann offensichtlichen Weise so abgelenkt, dass die Laserstrahlen letztlich im Wesentlichen deckungsgleich, so als wäre es ein einziger Laserstrahl L mit variierender Wellenlänge, auf das Objekt 15 gelenkt werden. Es wird daher im weiteren Verlauf der Beschreibung nur auf einen Laserstrahl L Bezug genommen. Die in dem Objekt 15 bzw. dessen Inhalt 2 gestreuten und über die Objektoberfläche 3 austretenden Photonen werden mittels des optischen Systems 11 detektiert. Das optische System 11 kann ein Linsensystem aufweisen oder ein Spiegelsystem oder jede andere geeignete Einrichtung um die Photonen aufzusammeln bzw. ei-

ne geeignete Fokussierung auf der Objektoberfläche 3 zu ermöglichen. Das optische System 11 könnte beispielsweise ein Teleskop sein und ist somit ein bildvergrößerndes optisches System. Um die detektierten Photonen bzw. das detektierte optische Signal weiterleiten zu können, ist das optische System 11 mit einem Signalübertragungsmittel 12 verbunden. Als Signalübertragungsmittel kommt im einfachsten Fall ein optisches Kabel bzw. Lichtwellenleiter zur Anwendung, um eine Verbindung mit einer nachgeordneten Einrichtung, die beispielsweise einen Spektrographen 16 und einen Transformer 17 aufweist, herzustellen. Der Transformer 17 dient der Umwandlung des im Wesentlichen vom Spektrographen 16 generierten optischen Signals in ein elektrisches Signal. Ein Computer 18 dient schließlich der Auswertung bzw. Analyse der RAMAN-Spektren oder jedenfalls einzelner Spektralbänder. Selbstverständlich kann das vom Transformer 17 erzeugte elektrische Signal gemäß dem bekannten Stand der Technik gespeichert bzw. drahtgebunden oder drahtlos weiter übertragen werden. Mittels der Verbindung durch einen Lichtwellenleiter könnte somit die gesamte Vorrichtung zur Detektion von reflektiertem in einem Objekt gestreuten Licht sowie zur Auswertung der RAMAN-Spektren auf einer gemeinsamen Vorrichtung angeordnet sein. Es ist jedoch im Rahmen der Erfindung ebenso möglich, die dem Signalübertragungsmittel 12 nachgeschalteten Mittel an einer anderen Stelle zu positionieren. Das Signalübertragungsmittel 12, welches Teil des optischen Systems 11 und somit fest mit diesem verbunden sein kann, stellt eine spezielle Ausführung zur Verbindung dar. Allgemein kann das optische System 11 eine Schnittstelle 19 aufweisen. Diese Schnittstelle 19 kann beispielsweise der Lichtwellenleiter, eine Steckverbindung für einen Lichtwellenleiter oder eine Steck- oder Schraubverbindung für die Kopplung mit dem Spektrographen 16, einem alternativ zu dem Spektrographen 16 angeordneten optischen Filter 20 oder einer die Lichteinfallsdauer begrenzenden Vorrichtung 21 sein. Insbesondere im Falle der Ausbildung des Transformers 17 als Bildsensor ist es vorteilhaft, diesen in möglichst unmittelbarer Nähe zu dem optischen Filter 20 und dem optischen System 11, beispielsweise mittels einer Schraubverbindung, anzuordnen. Obwohl dies nicht dargestellt ist, können der Spektrograph 16, das optische Filter 20 oder die die Lichteinfallsdauer begrenzende Vorrichtung 21 auch Teil des optischen Systems 11 sein. Dies führt zu einer besonders kompak-

ten Bauweise und vereinfachter Weiterleitung des optischen Signals an die nachgeschalteten Mittel. Selbstverständlich sind auch Kombinationen vom Umfang der Erfindung nicht ausgeschlossen. So kann beispielsweise der Spektrograph 16 integral mit dem optischen System 11 ausgebildet sein, während der Transformer 17 mit dem optischen System 11 verschraubt ist. Als Schnittstelle 19 sind nicht nur mechanische Verbindungen sondern insbesondere auch geeignete optische Elemente wie Spiegel oder Linsen zu verstehen.

Der Laser 10 kann kontinuierlich betrieben werden, beispielsweise im Falle einer Anordnung der Vorrichtung in einem dunklen Raum. Sollte jedoch die Vorrichtung dem Umgebungslicht ausgesetzt sein, würde dieses das von der Objektoberfläche 3 abgegebene optische Signal überlagern und somit zu einer Störung der Messung führen. In diesem Fall ist es vorteilhaft den Laser 10 gepulst zu betreiben und die Lichteinfallsdauer auf den Spektrographen 16, das alternativ anordenbare optische Filter 20 bzw. den Transformer 17 auf jenen Zeitraum zu begrenzen, in welchem das zu detektierende optische Signal erwartet wird. Hierfür ist eine die Lichteinfallsdauer auf den Spektrographen 16, das optische Filter 20 bzw. den Transformer 17 begrenzende Vorrichtung 21 vorgesehen, wobei die Lichteinfallsdauer synchron zu dem Laserimpuls gesteuert wird. Die Lichteinfallsdauer kann einige ps bis einige 10 ns betragen. Die Vorrichtung 21 kann entweder dem Spektrographen 16, bzw. dem alternativ anordenbaren optischen Filter 20 oder dem Transformer 17 vorgeschaltet sein. Die Vorrichtung 21 kann ein mechanisches Mittel oder ein elektrisches Mittel sein. Insbesondere kann eine elektrisch ausgebildete Vorrichtung 21 die Funktion des Transformers 17 zur Umwandlung des optischen Signals in ein korrespondierendes elektrisches Signal synchron zu dem Laserimpuls aktivieren und deaktivieren. Der Begriff des Vorschaltens ist somit auch im logischen Sinne zu verstehen.

Die Laufzeit des Laserstrahls L sowie der Photonen, die entlang der optischen Achse O beim optischen System 11 eintreffen, wird vorzugsweise benutzt, um die Entfernung E des Lasers 10 bzw. des optischen Systems 11 von der Oberfläche 3 des Objekts 15 zu bestimmen. Hierbei wird die Zeitdifferenz zwischen dem Aussenden

eines Laserstrahls L und dem Eintreffen der hierdurch in dem Objekt 15 erzeugten Photonen am optischen System 11 detektiert. Wie unter Bezugnahme auf Fig. 1 erläutert wurde, repräsentieren die RAMAN-Spektren von Photonen, die in unterschiedlichen Distanzen D zu dem Laserstrahl L aus der Behälteroberfläche 3 austreten, die chemische Zusammensetzung der Substanz in unterschiedlichen Tiefen. Dadurch, dass die Photonen nicht von einem einzelnen Punkt an der Behälteroberfläche 3, sondern entlang eines flächenhaften Bereiches derselben detektiert werden, gibt auch das entsprechende RAMAN-Spektrum Aufschluss über die chemische Zusammensetzung der Substanz in einem zugehörigen Tiefenbereich. So kann beispielsweise das RAMAN-Spektrum auch Anteile der chemischen Zusammensetzung der Behälterwand 1 mit aufweisen. Möchte man möglichst genaue Informationen über die chemische Zusammensetzung der Substanz und somit in einem möglichst begrenzten Tiefenbereich erhalten, ist es daher erforderlich, die über die Oberfläche 3 austretenden Photonen in einem möglichst geringen Oberflächenbereich zu detektieren. Die vorstehend beschriebene Ermittlung der Entfernung E ermöglicht vorteilhaft die hierfür erforderliche Fokussierung des optischen Systems 11 auf der Oberfläche 3 des Objekts 15. Wird die Vergrößerung und die Fokussierung des optischen Systems 11 derart gesteuert, dass dessen Sichtfeld auf der Oberfläche 3 des Objekts 15 die erforderliche möglichst geringe flächenmäßige Ausdehnung aufweist, kann die chemische Zusammensetzung verschiedener Schichten unterhalb der Oberfläche 3 des Objekts 15 bestimmt werden.

Um verschiedene Werte der Distanz D zwischen dem Laserstrahl L und der optischen Achse O auf der Oberfläche 3 des Objekts 15 erzielen zu können, wird der Laserstrahl L wie vorstehend beschrieben mittels einer Ablenkeinrichtung 13 abgelenkt. Der hierfür erforderliche Winkel α , der sich aus der Entfernung E sowie der Distanz D errechnet, kann besonders vorteilhaft automatisch durch die Antriebseinheit 14 eingestellt werden, so dass bei Durchführung des Messverfahrens nur mehr eine gewünschte Distanz D eingestellt bzw. eingegeben werden muss. Genauso wäre es möglich, einen Wertebereich für die Distanz D vorzugeben, um Informationen bezüglich der chemischen Zusammensetzung aus unterschiedlichen Tiefen der Substanz zu erhalten, wobei die Antriebseinheit 14 hierbei automatisch den entsprechenden Bereich

des Winkels α einstellen könnte.

Da das Verfahren zur Detektion von in dem Objekt 15 gestreutem Licht in verschiedensten Entfernungen E bis hin zu einigen 10 m zu dem Objekt 15 durchgeführt werden kann und gleichzeitig eine möglichst genaue Einstellung des Winkels α erforderlich ist, um Informationen bezüglich der chemischen Zusammensetzung aus den gewählten Tiefenschichten zu erhalten, kann die Antriebseinheit 14 die Ablenkeinrichtung 13 unterschiedlich rasch steuern. Für in der Nähe zu der Vorrichtung angeordnete zu untersuchende Objekte 15 wird der Winkelbereich α für einen vorgegebenen Bereich der Distanz D größer sein als für entferntere Objekte. Aus diesem Grund ist es vorteilhaft, den Winkel α für nahe Objekte rascher zu ändern, um Wartezeiten für die erforderliche Winkелеinstellung möglichst zu reduzieren. Für entferntere Objekte ist jedoch eine langsamere Änderung des Winkels α zu bevorzugen, um diesen möglichst genau einstellen zu können. Die variierbare Einstellgeschwindigkeit ist insbesondere von Vorteil, wenn eine Vielzahl von Objekten 15 zu überprüfen ist, die sich in unterschiedlicher Entfernung E zu dem Laser 10 bzw. dem optischen System 11 befinden.

Die Vorrichtung gemäß Fig. 3 enthält eine einzige Ablenkeinrichtung 13, es können jedoch auch hierzu unterschiedliche Ablenkeinrichtungen 13 Anwendung finden, wie in den Beispielen in den Fig. 4 bis 7 gezeigt ist.

In Fig. 4 weist die Ablenkeinrichtung 13 ein feststehendes Ablenkelement 13a und ein drehbares Ablenkelement 13b auf, wobei die Ablenkelemente Spiegel sein können. Der Laserstrahl L wird von dem feststehenden Ablenkelement 13a zu dem drehbaren Ablenkelement 13b gelenkt. Durch Drehen des Ablenkelements 13b kann die Position des Laserstrahls L auf der Oberfläche 3 des Objekts 15 und somit der Winkel α gegenüber der optischen Achse O variiert werden.

In Fig. 5 trifft der Laserstrahl L zunächst auf eine drehbare Ablenkeinrichtung 13a, um von dieser auf eine feststehende Ablenkeinrichtung 13b und weiter auf die Oberfläche 3 gelenkt zu werden. Hierbei wird der Abstand des Laserstrahls L zu der opti-

schen Achse O verändert.

Fig. 6 zeigt eine Ablenkeinrichtung 13 mit einem feststehenden Ablenkelement 13a und einem verschiebbar angeordneten Ablenkelement 13b, sodass der Laserstrahl L im Wesentlichen parallel zur optischen Achse O des optischen Systems 11 und in unterschiedlichen Abständen zu dieser auf die Oberfläche 3 gelenkt wird.

Gemäß Fig. 7 kann der Laserstrahl L jedoch auch über ein feststehendes Ablenkelement 13a und ein drehbares Ablenkelement 13b nicht koaxial zu der optischen Achse O auf die Oberfläche 3 gelenkt werden. Während hierbei der Winkel α zwischen dem Laserstrahl L und der optischen Achse O variiert wird, kann in einer nicht dargestellten Ausführungsform das Ablenkelement 13b verschiebbar angeordnet sein, um den zu der optischen Achse O nicht koaxialen Laserstrahl L parallel zu verschieben und somit dessen Abstand zu optischen Achse O zu variieren. Diese Form der seitlichen Zuführung des Laserstrahls L eignet sich beispielsweise auch vorteilhaft, falls der Laser 10 in einem größeren Abstand zum optischen System 11 angeordnet ist.

Die Fig. 8, 9 und 11 zeigen Beispiele von RAMAN-Spektren von unterschiedlichen in einem Kunststoffbehälter angeordneten Substanzen. Diese Spektren wurden mit einer Vorrichtung ermittelt, die einen gütegeschalteten Nd:YAG NL301HT Laser 10 (EKSPLA, Litauen) mit einer Pulslänge von 4,4 ns und einer Wiederholrate von 10 Hz aufweist. Die Leistung konnte mit einem Dämpfungsmodul (EKSPLA, Litauen) eingestellt werden. Der Laser 10 wurde koaxial mit einem 6-Zoll Schmidt-Cassegrain Teleskop (CELESTRON, USA) ausgerichtet um das gestreute RAMAN-Licht zu erfassen. Das gestreute Licht wurde durch ein Tiefpassfilter gefiltert und mittels eines optischen Faserbündels bestehend aus neunzehn Fasern mit je 200 μm Durchmesser (AVANTES, Niederlande) zusammengefasst. Das optische Faserbündel führte zu einem Acton Standard Serie SP-2750 Spektrographen 16, der mit drei wählbaren Gittern (300, 1800 und 2400 Rillen/mm) ausgestattet war (PRINCETON INSTRUMENTS, Deutschland). Das Licht wurde schließlich mit einer ICCD Kamera 17 (PI MAX 1024RB, PRINCETON INSTRUMENTS, Deutschland) detektiert, deren Gatebreite auf 500 ps reduziert werden kann. Während der Messungen waren der Laser 10 und die ICCD Ka-

mera 17 synchronisiert, sodass das Messfenster zeitlich mit dem maximalen RAMAN-Signal zusammentraf um Signalanteile durch Fluoreszenz und Tageslicht zu minimieren.

Fig. 8 zeigt ein Beispiel eines RAMAN-Spektrums von Isopropanol, das sich in einem Kunststoffbehälter befindet. Die Entfernung E zur Messvorrichtung betrug hierbei 12 m. Die RAMAN-Spektren wurden für unterschiedliche Distanzen D ermittelt. Das unterste RAMAN-Spektrum repräsentiert ausschließlich den Behälter ohne Inhalt 2, während das obere RAMAN-Spektrum ausschließlich Isopropanol repräsentiert. Das mit „zentriert“ bezeichnete Spektrum zeigt das Ergebnis einer herkömmlichen RAMAN-Messung aus 12 m Entfernung E , wobei die Distanz D null ist. Die für unterschiedliche Distanzen D ermittelten RAMAN-Spektren zeigen klar, dass mit zunehmender Distanz D die spektralen Anteile des Behälters geringer werden, während die spektralen Anteile des Isopropanols zunehmen.

Das Verfahren ist jedoch nicht auf die Detektion flüssiger Substanzen beschränkt. So zeigt Fig. 9 RAMAN-Spektren von in einem Kunststoffbehälter angeordnetem Natriumchlorat. Die Messung wurde wieder aus einer Entfernung E von 12 m durchgeführt. Das unterste RAMAN-Spektrum repräsentiert wieder die chemische Zusammensetzung des Behälters ohne Inhalt 2, während das oberste RAMAN-Spektrum das Referenzspektrum für Natriumchlorat darstellt. Erneut ist erkennbar, dass mit zunehmender Distanz D der Einfluss des Behälters abnimmt und die spektralen Anteile des Natriumchlorats zunehmen und insbesondere bei einer Distanz D von 22 mm im Wesentlichen dem Referenz-RAMAN-Spektrum von Natriumchlorat entsprechen.

Fig. 10 zeigt den Einfluss des Sichtfeldes des optischen Systems 11 auf das Messverfahren. Die optische Achse O befindet sich in diesem Beispiel in einer Distanz D von 0 mm zu dem Laserstrahl L . Entlang der optischen Achse O , ist die Effizienz, mit der das optische System 11 die Photonen aufammelt, am größten, während jene Photonen, die in größer werdender Distanz D zur optischen Achse O über die Oberfläche 3 austreten, mit geringer werdender Effizienz aufgesammelt werden. Außerhalb des Sichtfeldes des optischen Systems 11, in diesem Beispiel bei etwa 15 mm, werden

keine Photonen mehr detektiert. Auch in diesem Beispiel ist ersichtlich, dass mit zunehmender Distanz D vom Laserstrahl L der Anteil der im Behälter erzeugten Photonen stärker abnimmt als der Anteil der in der darunterliegenden Substanz erzeugten Photonen. Ebenso ist ersichtlich, dass ein schmales Sichtfeld des optischen Systems 11 den Tiefenbereich, aus dem die Photonen detektiert werden, einschränkt und somit eine hohe Tiefenauflösung erzielt werden kann. Ein geringes Sichtfeld ist wesentlich für die Durchführung einer genauen Messung.

In Fig. 11 sind die RAMAN-Spektren von Isopropanol, welches in einem stark fluoreszierenden Kunststoffbehälter angeordnet ist, für unterschiedliche Werte der Distanz D dargestellt. Die unterste Kurve repräsentiert hierbei das RAMAN-Spektrum des Behälters selbst und die oberste Kurve repräsentiert Isopropanol ohne Behälter. Aus den Spektren, die für unterschiedliche Distanzwerte D ermittelt wurden, ist klar ersichtlich, dass selbst dann, wenn die Substanz, in diesem Beispiel Isopropanol, in einem stark fluoreszierenden Kunststoffbehälter angeordnet ist, durch geeignete Wahl des Distanzwertes D detektierbar ist.

In den Fig. 8 bis 11 wird auf die Detektion von homogenen Substanzen Bezug genommen. Der Behälter bzw. das Objekt 15 enthält somit nur eine einzige zu detektierende Substanz. In diesen Fällen kann die Bestimmung des Behälterinhalts 2 mittels einer einzigen Messung erfolgen, da unterschiedliche Distanzen D und somit die Auswertung unterschiedlicher Tiefenschichten keine zusätzlichen Informationen bezüglich des Inhaltes 2 liefern.

Die Vorrichtung ermöglicht zudem die Bestimmung mehrerer in dem Behälter vorhandener, eventuell ungleichmäßig verteilter Substanzen aus sicherer Entfernung E . Hierzu werden im Folgenden zwei Ausführungsformen des Verfahrens anhand der Fig. 12 und 13 näher beschrieben.

Die Fig. 12a bis 12c zeigen eine zweidimensionale Abbildung eines Bereichs B der Oberfläche 3 des Objekts 15 auf dem als Bildsensor ausgebildeten Transformator 17. Hierzu wird der Laserstrahl L in dem zu detektierenden Bereich B platziert und das über die Oberfläche 3 aus dem Bereich B austretende, reflektier-

te Licht wie vorstehend beschrieben einem Bildsensor 17 zugeführt. Der Bereich B kann hierbei nun deutlich größer sein als in der vorstehend beschriebenen Ausführungsform des Verfahrens, da die präzise Tiefenauflösung über die Auswertung von einzelnen oder einer Gruppe von Bildpunkten P des Bildsensors 17 erfolgt. Jeder Bildpunkt P erfasst somit einen entsprechend kleinflächigen Teilbereich des Bereiches B. Der Bereich B wird mit dem Bildsensor 17 erfasst, wobei dem Bildsensor 17 ein schmalbandiges optisches Filter 20 vorgeschaltet ist. Jeder Messvorgang wird mit einem definierten Durchlassbereich des Filters 20 durchgeführt, sodass das zweidimensionale Abbild des Bereichs B mit einem möglichst schmalbandigen Wellenlängenbereich assoziiert wird. Die von den Bildpunkten P des Bildsensors 17 erzeugten elektrischen Signale können dermaßen ausgewertet werden, dass die jeweils ausgewerteten Bildpunkte P in einer definierten geometrischen Beziehung zueinander bzw. zu der Laserposition LP auf der Oberfläche 3 stehen. Beispielsweise können jene Bildpunkte P ausgewertet werden, die etwa kreisförmig um die Laserposition LP angeordnet sind. So können mit einer einzigen Messung mehrere Mengen von Bildpunkten P, die jeweils in Kreisen unterschiedlicher Abstände von der Laserposition LP angeordnet sind, ausgewertet werden. Um zusätzlich zu dieser Flächeninformation umfangreichere Information über das Spektrum zu erhalten, werden mehrere Messvorgänge mit jeweils unterschiedlichen Durchlassbereichen des Filters 20 durchgeführt. Das Filter 20 kann hierfür einen einstellbaren Durchlassbereich aufweisen, oder es werden mehrere Filter 20 mit festen unterschiedlichen Durchlassbereichen, oder eine Kombination hiervon verwendet.

Fig. 12a zeigt ein Abbild eines Bereichs B des Objekts 15 auf dem Bildsensor 17 und Bildpunkte P des Bildsensors 17, welche die im Wesentlichen gleiche Distanz D zu dem Laserpunkt LP aufweisen.

Fig. 12b zeigt ein Beispiel mehrerer Messvorgänge mit jeweils unterschiedlichen detektierten Wellenlängenbereichen, wobei die ausgewerteten Bildpunkte P jedes Messvorgangs kreisförmig um die Laserposition LP angeordnet sind. Um möglichst umfangreiche Information über die nicht homogene Substanz zu erhalten, werden die Durchmesser der Kreise variiert. Ebenso könnten aber auch

andere Geometrien als Kreise ausgewertet werden. Durch die Wahl unterschiedlicher Durchlassbereiche w_1 bis w_8 des Filters 20 wird die entsprechende Spektralinformation zu den ausgewerteten Bildpunkten P erhalten.

Eine weitere in Fig. 12c dargestellte Serie von Messvorgängen weist gegenüber Fig. 12b eine veränderte Laserposition LP in dem Bereich B auf.

Fig. 13 zeigt eine weitere Ausführungsform eines Verfahrens zur Bestimmung inhomogener Substanzen. Hierbei werden die Detektionsbereiche auf der Oberfläche 3 wiederum möglichst gering gehalten, um präzise Tiefeninformation zu erhalten. Der Laserstrahl L wird auf der Oberfläche 3 positioniert und das über die Oberfläche 3 austretende, reflektierte Licht einem Spektrographen 16 zugeführt. Das optische Filter 20 ist in diesem Fall nicht nötig, da der Spektrograph 16 die Aufteilung der Wellenlängeninformation in spektrale Anteile bereitstellt. Jeder Messvorgang wird mit einem definierten Winkel α bzw. Abstand zwischen dem Laserstrahl L und der optischen Achse O durchgeführt. Um ausreichend Information über die inhomogene Substanz zu erhalten, wird eine Mehrzahl von Messvorgängen mit jeweils unterschiedlichen Winkeln oder Abständen sowie unterschiedlichen Laserpositionen LP und/oder Positionen der optischen Achse O ausgeführt, sodass letztlich ein im Vergleich zum Sichtfeld des optischen Systems 11 wesentlich größerer Bereich B der Oberfläche 3 analysiert wird. Fig. 13a zeigt eine optische Achse O und eine Laserposition LP in einem Bereich B der Oberfläche 3.

In Fig. 13b ist die optische Achse etwas links der Mitte des Bereichs B angeordnet und die Laserposition LP variiert für jeden Messvorgang. Für jeden Messvorgang wird zumindest ein Teil des RAMAN-Spektrums ermittelt.

In Fig. 13c ist die Position der optischen Achse O gegenüber Fig. 13b nach rechts verschoben und wiederum wird für jeden Messvorgang die Laserposition LP variiert und zumindest ein Teil des RAMAN-Spektrums ermittelt.

Obwohl die Vorrichtung bzw. das Verfahren im Wesentlichen für

die Detektion von Substanzen in einem Behälter beschrieben wurde, ist eine Analyse einer Substanz auf einer Oberfläche 3, beispielsweise der Behälteroberfläche, natürlich ebenso möglich.

Die Erfindung dient somit zur Bestimmung von Substanzen auf Oberflächen oder in einem Behälter und kann insbesondere für die Gepäckkontrolle auf Bahnhöfen, Flughäfen oder ähnlichen öffentlichen Bereichen vorteilhaft Anwendung finden.

Weitere Abwandlungen und Modifikationen sind möglich, ohne vom Umfang der Erfindung abzuweichen. So könnte der Laserstrahl L direkt auf die Objektoberfläche 3 gerichtet werden und die Ablenkeinrichtung 13 für die Zuleitung des optischen Signals an das optische System 11 angeordnet sein. Weiters kann die Vorrichtung tragbar ausgeführt sein.

Patentansprüche:

1. Vorrichtung zur Untersuchung eines Objekts (15) mit einem Laser (10) und mit einem Linsen und /oder Spiegel aufweisenden, bildvergrößernden optischen System (11) zur Detektion von in dem Objekt (15) gestreuten Licht, als optisches Signal, wobei das optische System (11) eine Schnittstelle (19) für die Verbindung mit einem Spektrographen (16) oder einem optischen Filter (20) oder einer die Lichteinfallsdauer begrenzenden Vorrichtung (21) aufweist und/oder das optische System (11) integral mit zumindest dem Spektrographen (16) oder dem optischen Filter (20) oder der die Lichteinfallsdauer begrenzenden Vorrichtung (21) ausgebildet ist, dadurch gekennzeichnet, dass für eine variierbare Einstellung eines Winkels (α) zwischen dem Laserstrahl (L) und der Längsachse (O) des optischen Systems (11) oder für eine variierbare Einstellung eines Abstandes des Laserstrahls (L) zu der Längsachse (O) des optischen Systems (11), eine Ablenkeinrichtung (13) angeordnet ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Ablenkeinrichtung (13) zumindest einen drehbar oder verschiebbar angeordneten Spiegel aufweist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Ablenkeinrichtung (13) eine Antriebseinheit (14) zur kontinuierlichen Veränderung des Winkels (α) oder des Abstandes zwischen dem Laserstrahl (L) und der Längsachse (O) des optischen Systems (11) aufweist.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass dem Spektrographen (16) oder dem optischen Filter (20) ein Transformer (17) zur Umwandlung des optischen Signals in ein elektrisches Signal nachgeschaltet ist und dass der Laser (10) gepulst ist und, dass entweder dem Spektrographen (16) oder dem optischen Filter (20) oder dem Transformer (17) die die Lichteinfallsdauer begrenzende Vorrichtung (21) vorgeschaltet ist, oder der Transformer (17) eine Steuerung für dessen impulsweise Aktivierung/Deaktivierung aufweist oder mit dieser verbunden ist.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das optische Filter (20) festen oder einstellbaren Wellenlängen-Durchlassbereich aufweist, wobei das optische Filter (20) mit festem Wellenlängen-Durchlassbereich optional, zum Austausch gegen ein optisches Filter (20) mit hierzu unterschiedlichem Wellenlängen-Durchlassbereich, abnehmbar angeordnet ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der dem optischen Filter (20) nachgeschaltete Transformer (17) ein Bildsensor für die gleichzeitige Erfassung mehrerer Bereiche eines zweidimensionalen Bildes ist.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass zur Generierung des Laserstrahls (L) ein zu dem Laser (10) zusätzlicher Laser (10') angeordnet ist.

8. Verfahren zur Detektion von in einem Objekt (15) gestreuten Licht, als optisches Signal, indem für einen Messvorgang ein Laserstrahl (L) auf ein zu untersuchendes Objekt (15) gerichtet wird und ein das optische Signal detektierendes, bildvergrößerndes optisches System (11) auf das Objekt fokussiert wird und das detektierte optische Signal zumindest teilweise an einen Spektrographen (16) oder ein optisches Filter (20), oder eine die Lichteinfallsdauer begrenzende Vorrichtung (21) oder eine Kombination hiervon weitergeleitet wird, dadurch gekennzeichnet, dass der Laserstrahl (L) auf einen Punkt am Objekt (15) gerichtet wird und die Längsachse (O) des optischen Systems (11) auf einen hierzu unterschiedlichen Punkt am Objekt (15) gerichtet wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass ein Winkel (α) oder ein Abstand zwischen dem Laserstrahl (L) und der Längsachse (O) des optischen Systems (11) kontinuierlich verändert wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Messvorgang mit einem gepulsten Laserstrahl (L) durchgeführt und entweder die Lichteinfallsdauer auf den Spektrographen (16) oder das optische Filter (20) oder einen dem Spektrographen (16) oder dem optischen Filter (20) zur Umwand-

lung des optischen Signals in ein elektrisches Signal nachgeschalteten Transformer (17) auf den Laserimpuls synchronisiert begrenzt wird, oder der Transformer (17) auf den Laserimpuls synchronisiert aktiviert bzw. deaktiviert wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Entfernung (E) des optischen Systems (11) bzw. des Lasers (10, 10') zu dem Objekt (15) als Funktion der Zeit zwischen dem Aussenden eines Laserstrahls (L) und der Detektion des optischen Signals bestimmt wird und eine Fokussierung des optischen Systems (11), abhängig von der ermittelten Entfernung (E) zu dem Objekt (15) automatisch durchgeführt wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Entfernung (E) des optischen Systems (11) bzw. des Lasers (10, 10') zu dem Objekt (15) als Funktion der Zeit zwischen dem Aussenden eines Laserstrahls (L) und der Detektion des optischen Signals bestimmt wird und ein Winkel (α) zwischen dem Laserstrahl (L) und der Längsachse (O) des optischen Systems (11), abhängig von der gemessenen Entfernung (E) und dem zu erzielenden radialen Abstand (D) zwischen der Längsachse (O) des optischen Systems (11) und dem Laserstrahl (L), auf dem Objekt (15), automatisch durch die Antriebseinheit (14) eingestellt wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Entfernung (E) des optischen Systems (11) bzw. des Lasers (10, 10') zu dem Objekt (15) als Funktion der Zeit zwischen dem Aussenden eines Laserstrahls (L) und der Detektion des optischen Signals bestimmt wird und ein Winkel (α) zwischen dem Laserstrahl (L) und der Längsachse (O) des optischen Systems (11), abhängig von der gemessenen Entfernung (E) unterschiedlich rasch durch die Antriebseinheit (14) eingestellt wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Messvorgänge durchgeführt werden mit zumindest einer Position der Längsachse (O) des optischen Systems (11) und mehreren hierzu unterschiedlichen Positionen des Laserstrahls (L) auf dem zu untersuchenden Objekt (15)

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Messvorgang durchgeführt wird mit zumindest einer Position der Längsachse (O) des optischen Systems (11) und zumindest einer hierzu unterschiedlichen Positionen des Laserstrahls (L) auf dem zu untersuchenden Objekt (15), wobei für jede Position des Laserstrahls (L) dem als Bildsensor ausgebildeten Transformer (17) zumindest ein optisches Filter (20) mit definiertem Wellenlängen-Durchlassbereich vorgeschaltet wird oder zumindest ein Wellenlängen-Durchlassbereich eines dem Bildsensor (17) vorgeschalteten optischen Filters (20) eingestellt wird.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Wellenlänge des mit dem Laser (10) generierten Laserstrahls (L) variiert wird oder der Laserstrahl (L) alternierend vom Laser (10) und einem hierzu zusätzlich angeordneten Laser (10') mit zueinander unterschiedlicher Wellenlänge generiert wird.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass für die Detektion der optischen Signale mehrerer in Richtung des Laserstrahls gesehen hintereinander angeordneter Objekte zumindest ein Messvorgang durchgeführt wird mit zumindest einer Position der Längsachse (O) des optischen Systems (11) und zumindest einer hierzu unterschiedlichen Position des Laserstrahls (L) auf dem vordersten zu untersuchenden Objekt (15), wobei für jede der Positionen der Lichteinfall auf den Spektrographen (16) oder das optische Filter (20) oder den Transformer (17) oder die Aktivierung des Transformers (17) auf jene Zeiträume begrenzt wird, in welchen das jeweilige detektierte und weitergeleitete optische Signal die die Lichteinfallsdauer begrenzende Vorrichtung (21) oder den Transformer (17) erreicht.

1/10

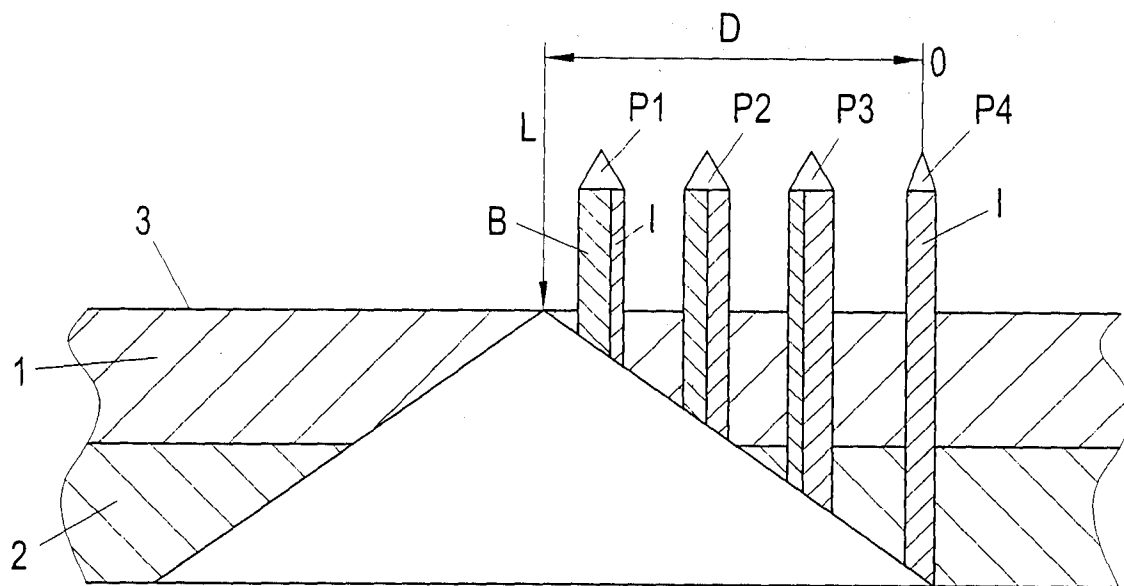


Fig. 1

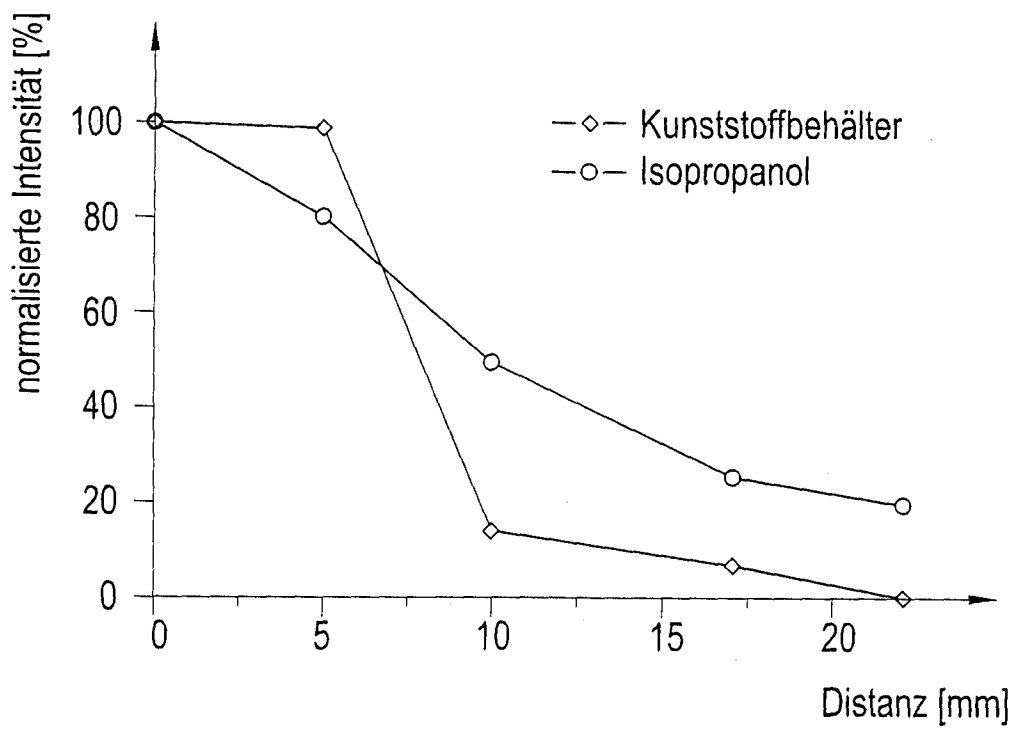


Fig. 2

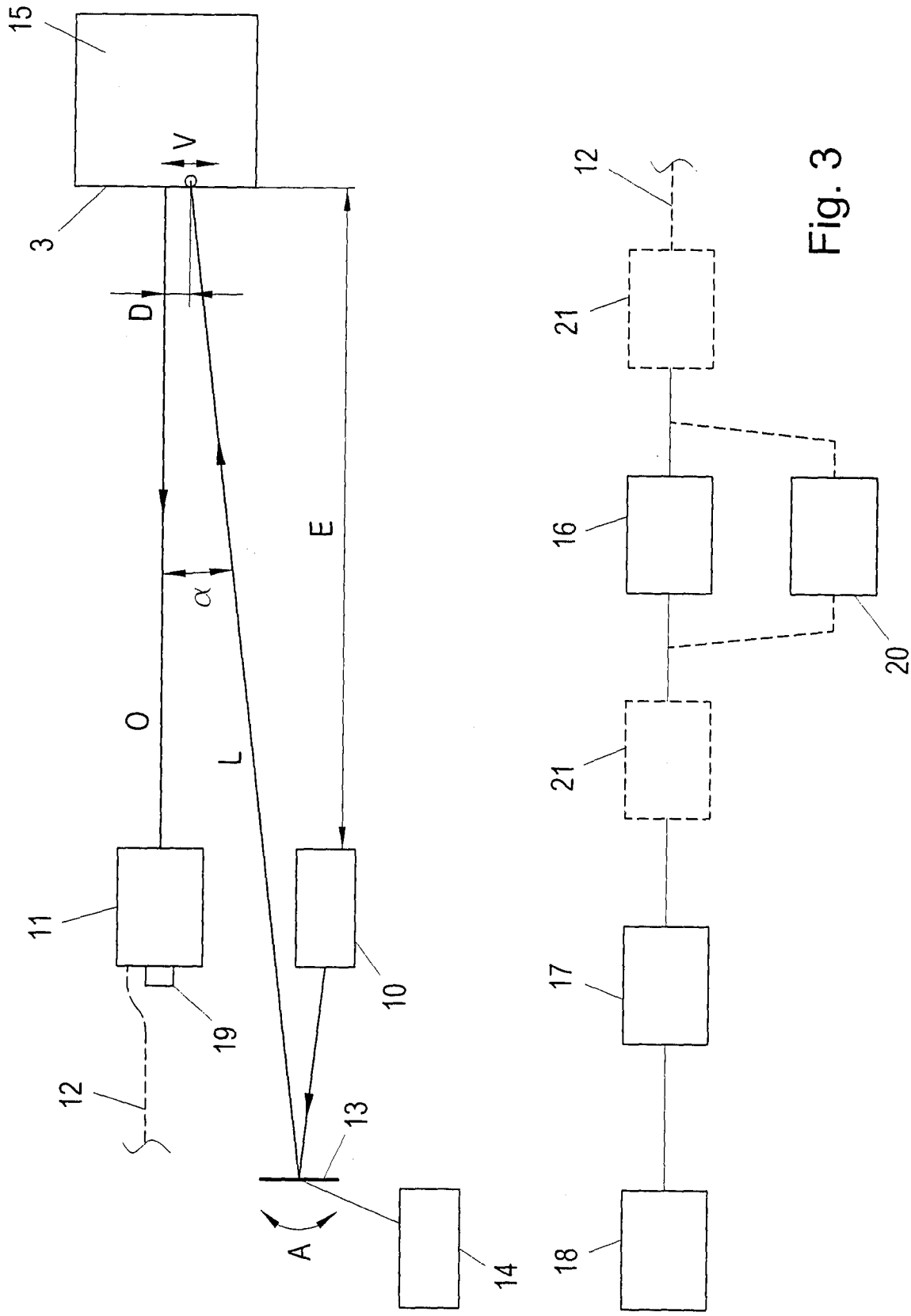


Fig. 3

3/10

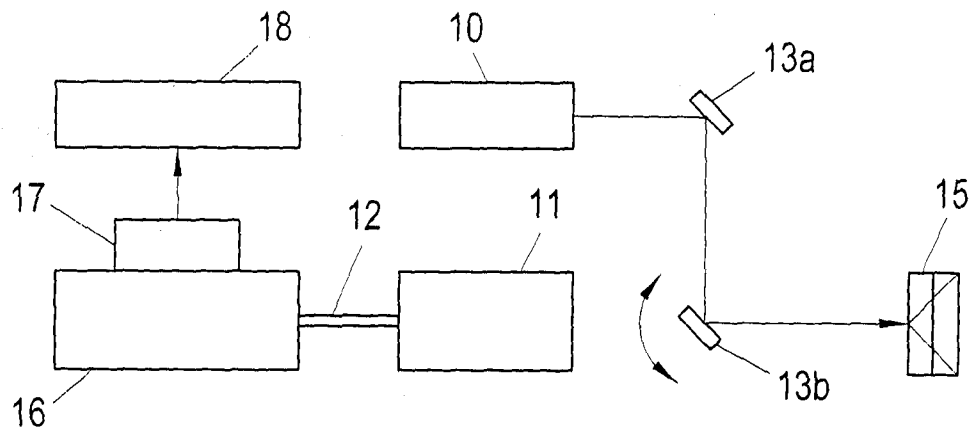


Fig. 4

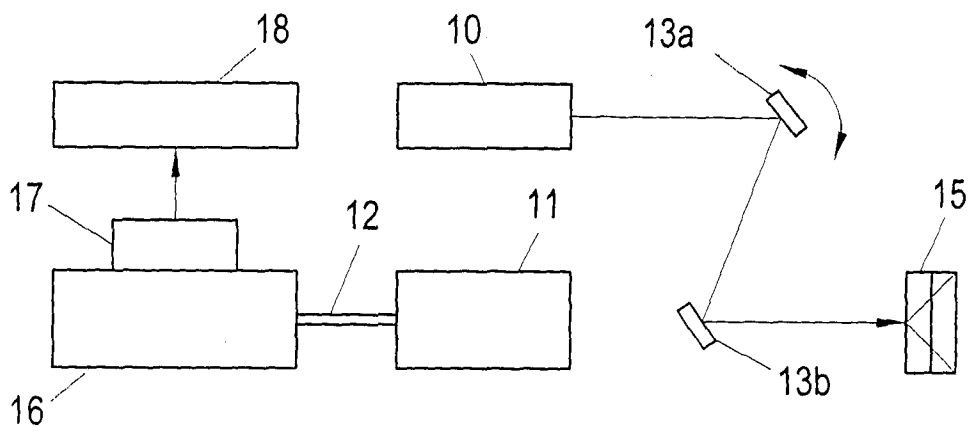


Fig. 5

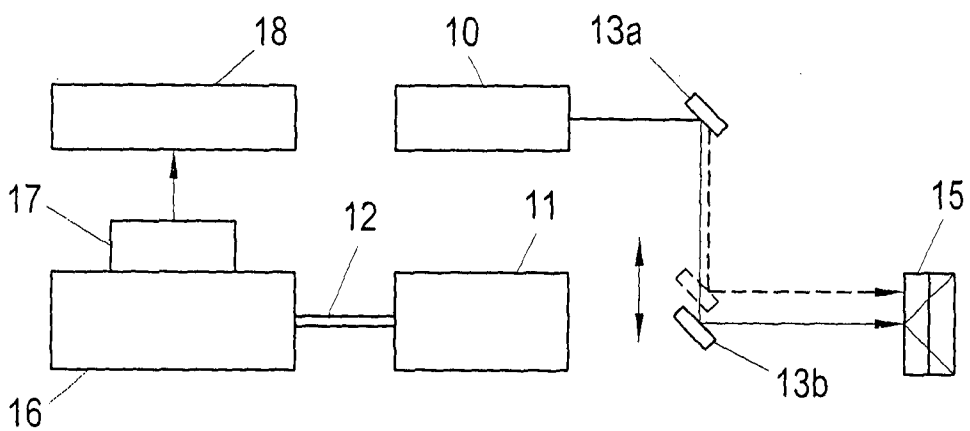


Fig. 6

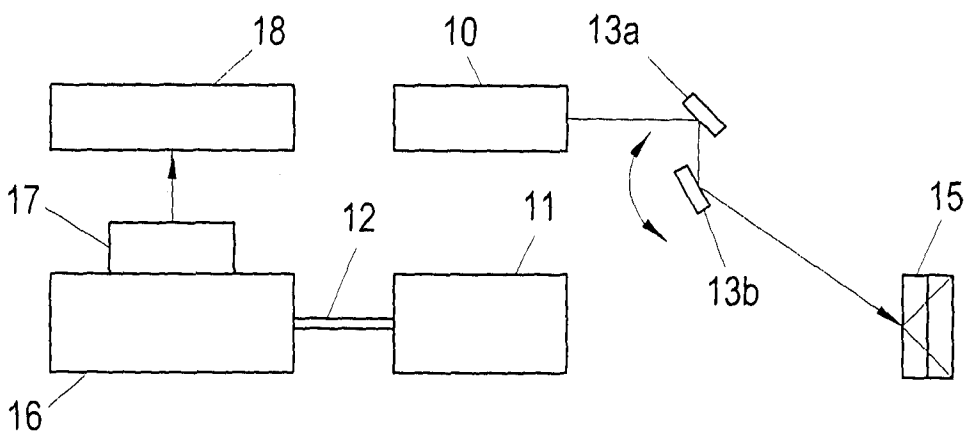


Fig. 7

4/10

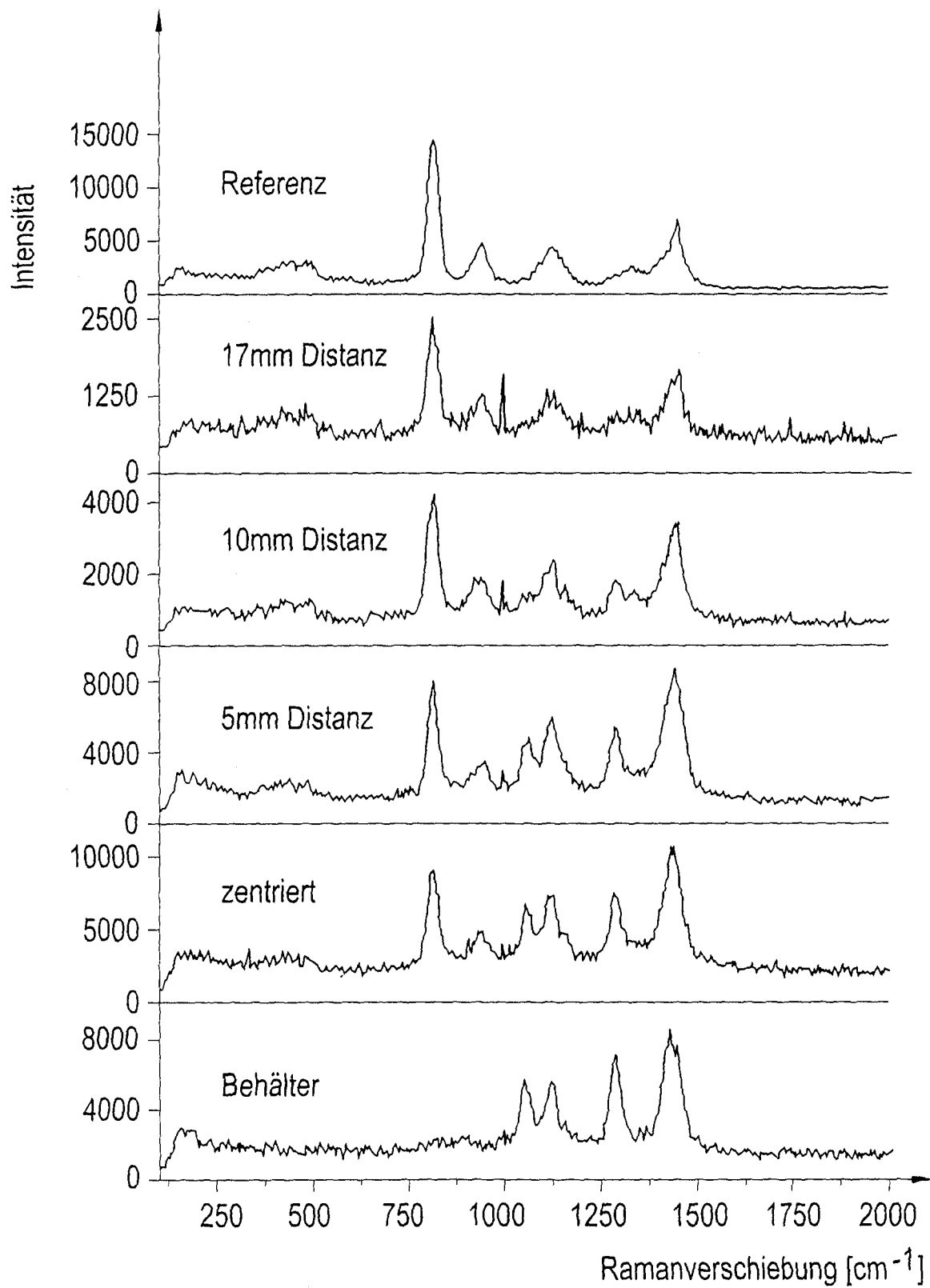


Fig. 8

5/10

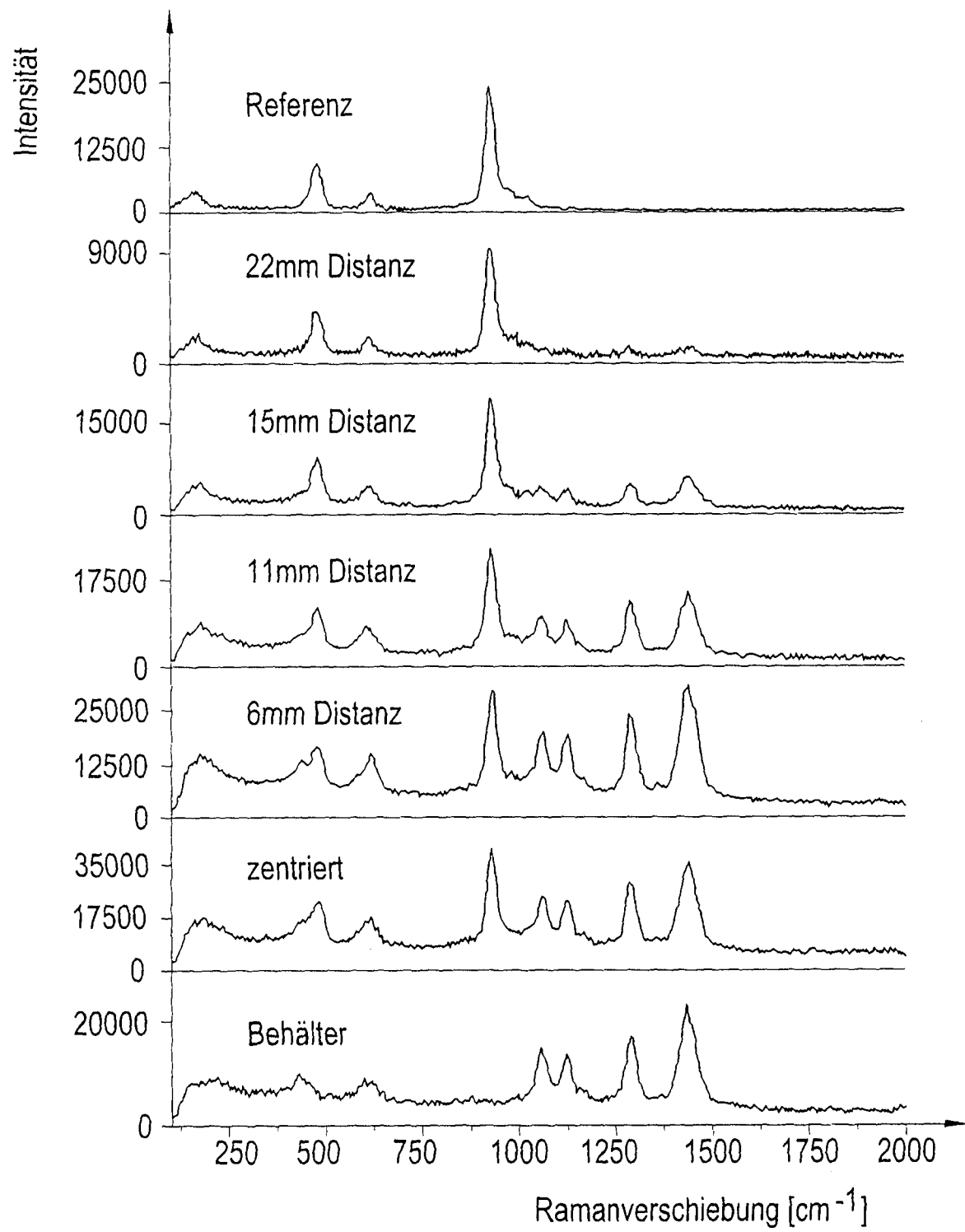


Fig. 9

6/10

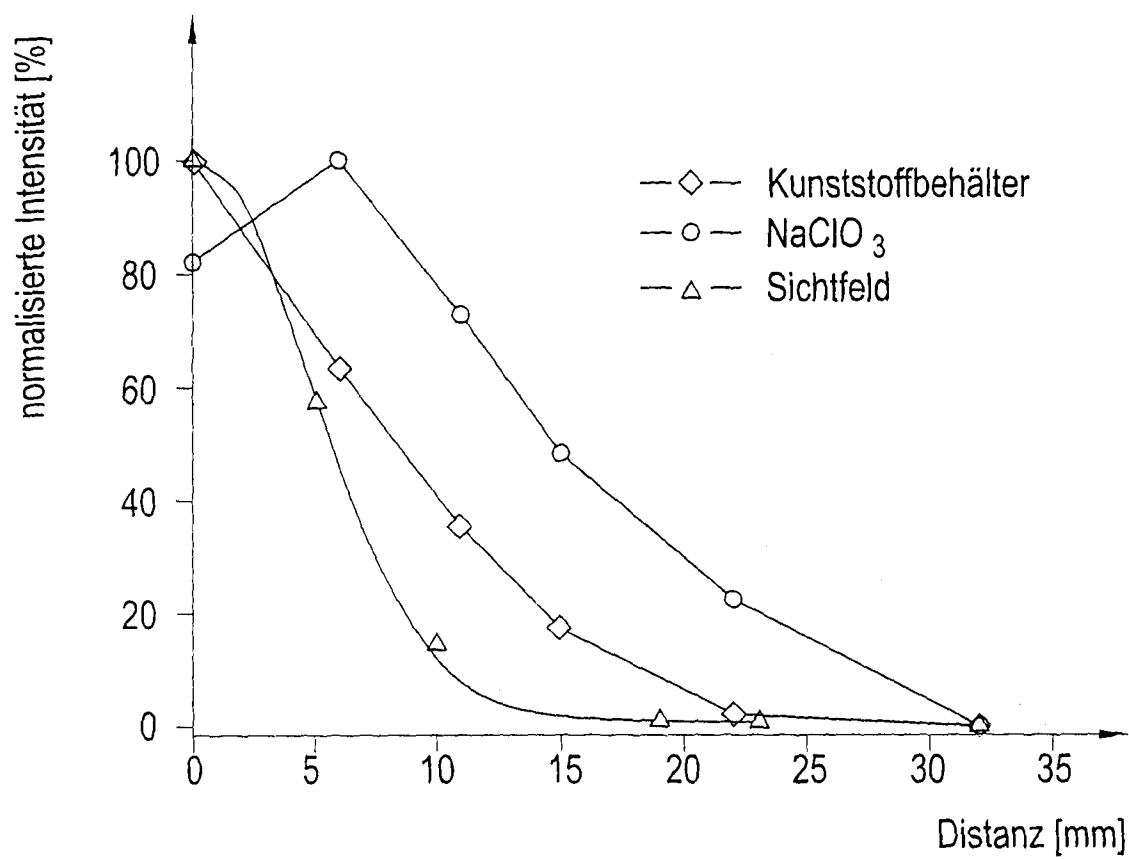


Fig. 10

7/10

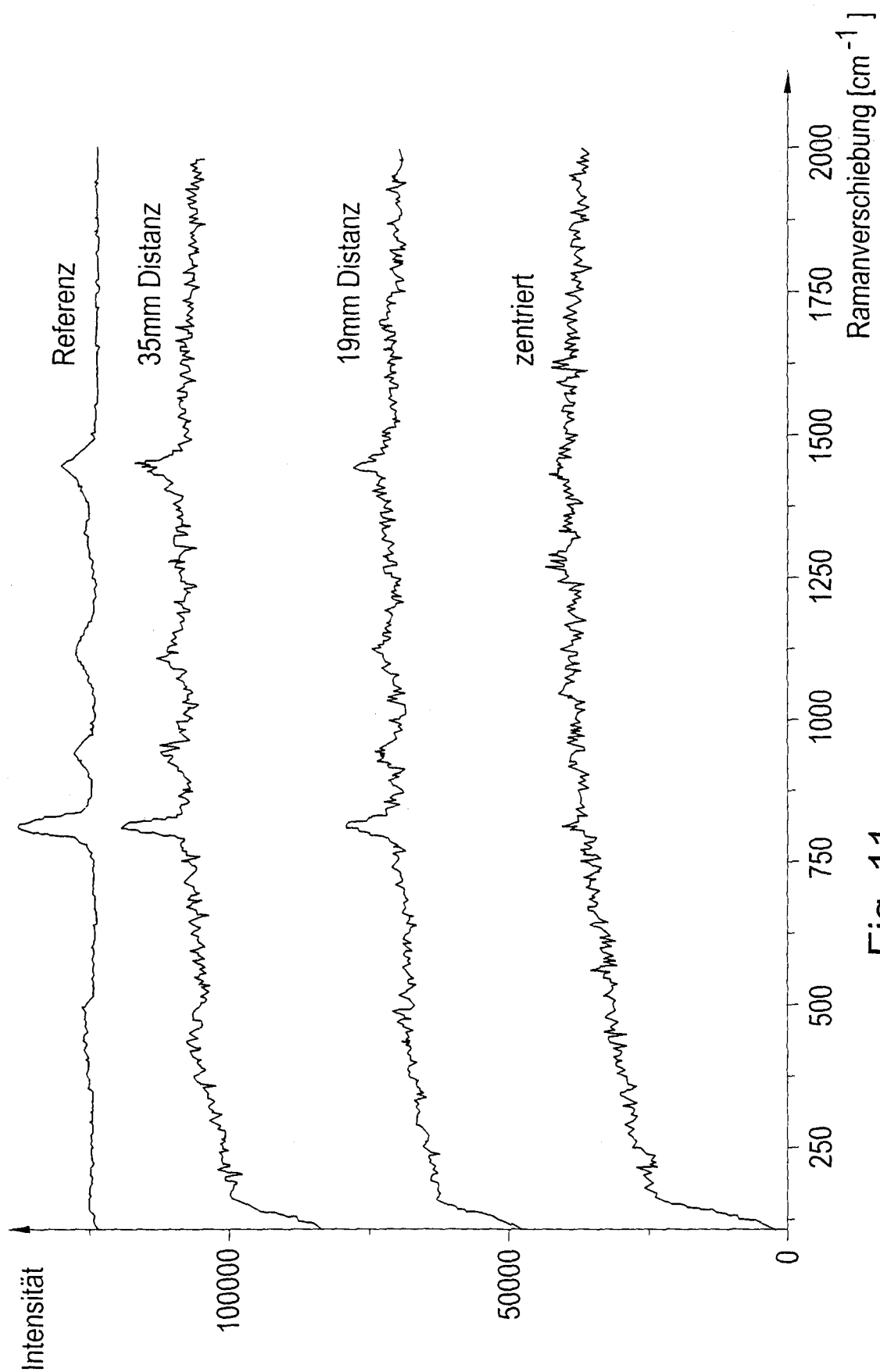


Fig. 11

8/10

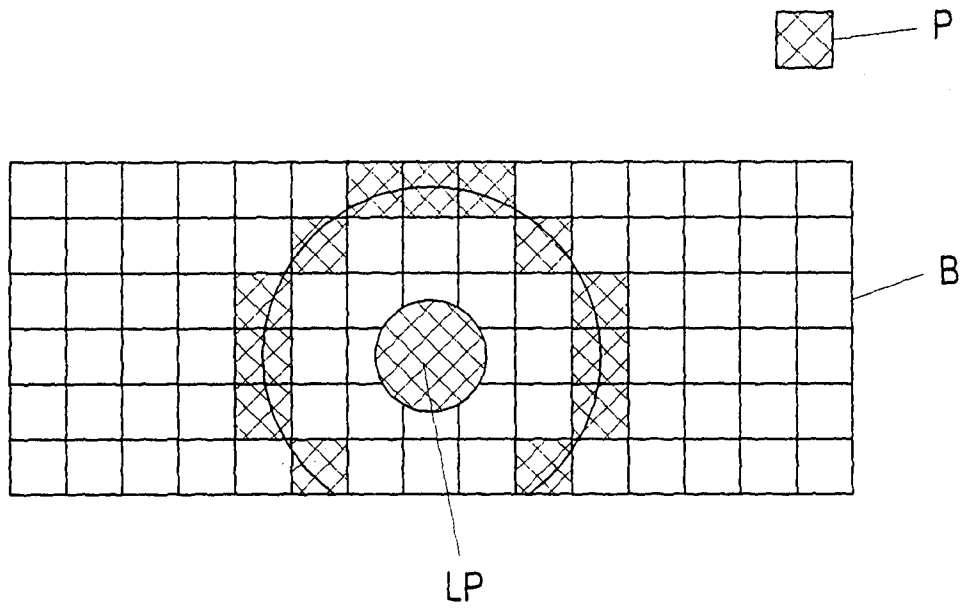


Fig. 12a

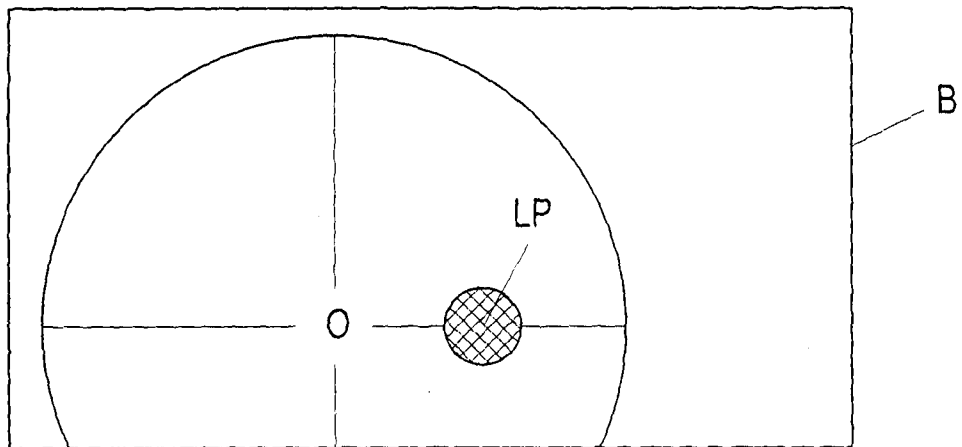


Fig. 13a

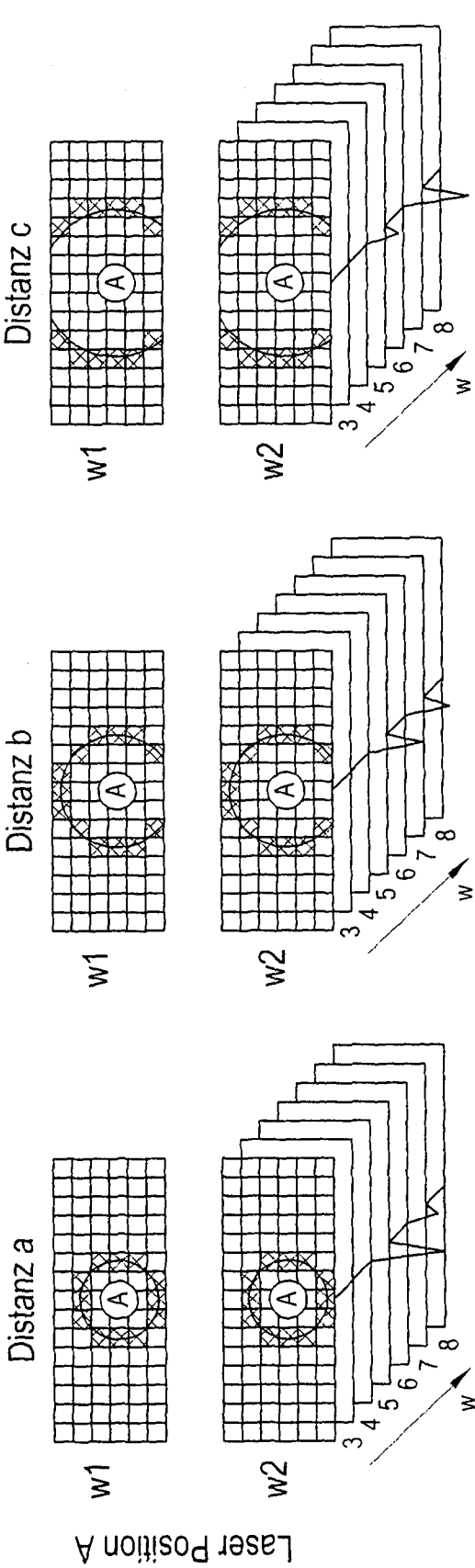


Fig. 12b

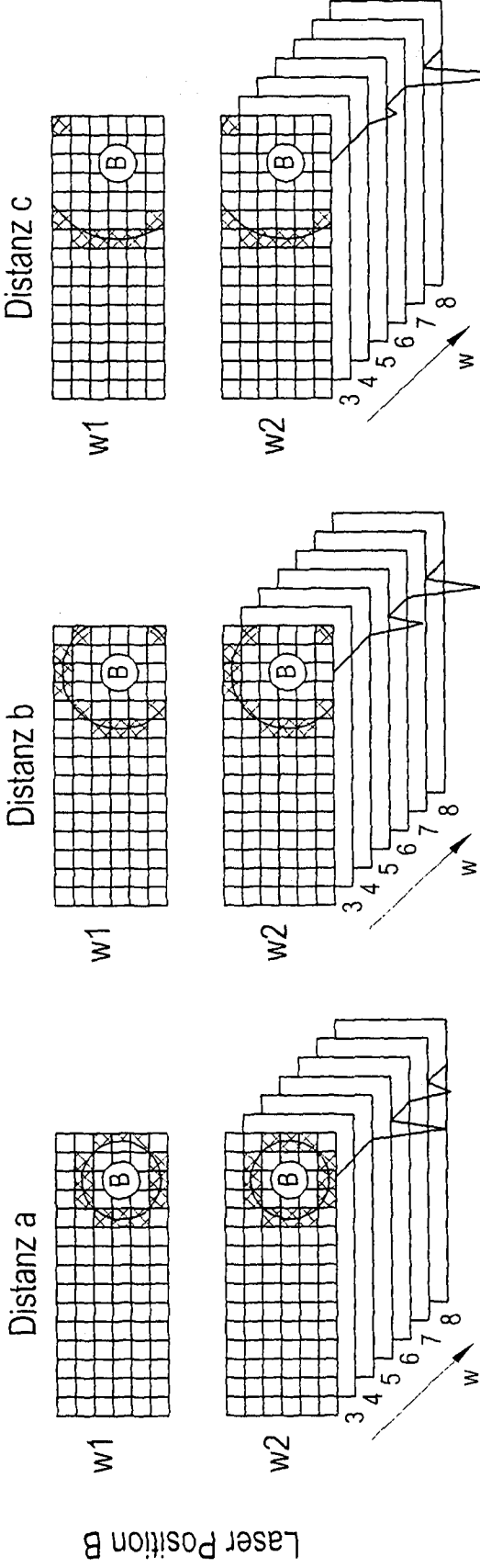
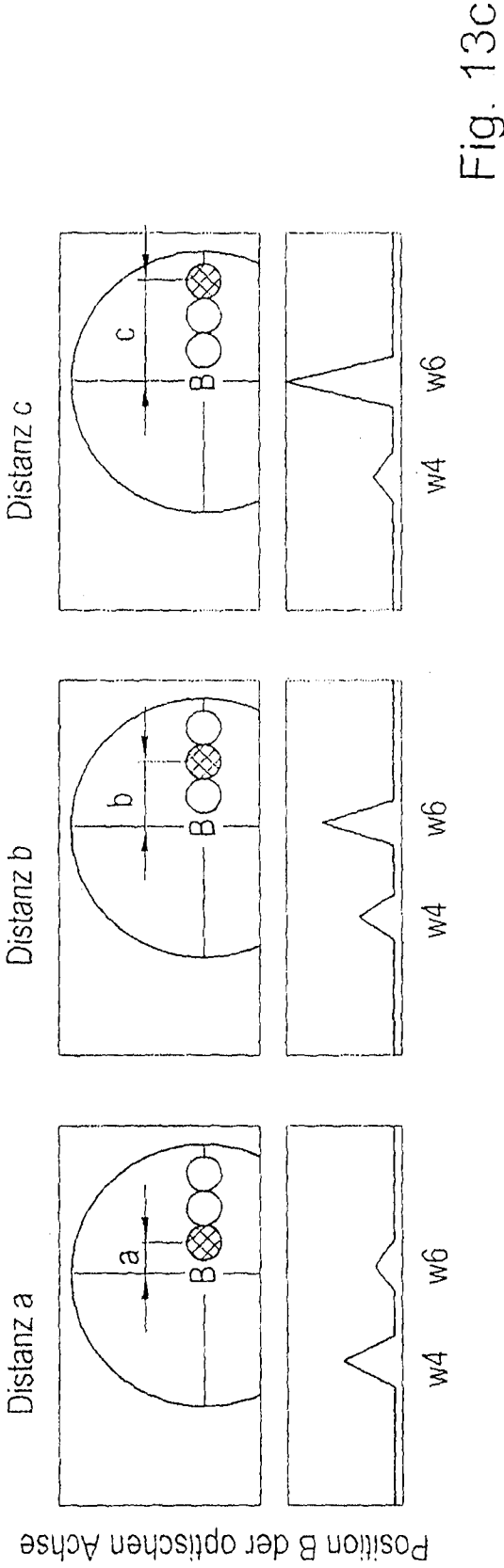
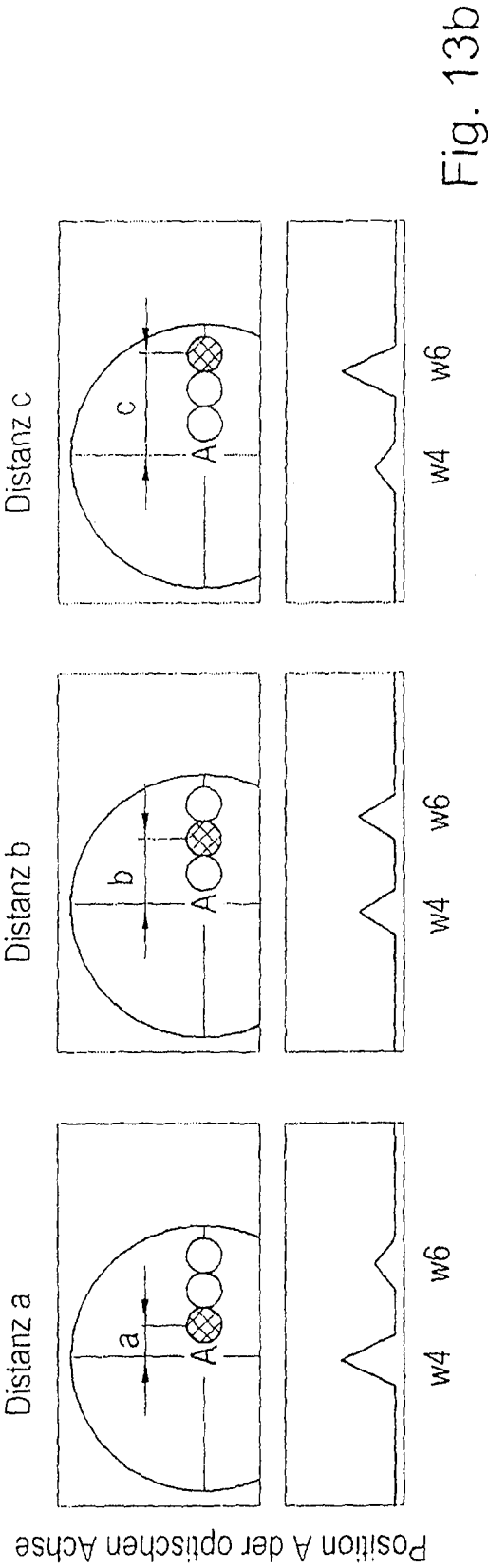


Fig. 12c



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/AT2012/000139

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G01N21/65 G01J3/44
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01N G01J A61B G01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	GB 2 220 741 A (BRITISH PETROLEUM CO PLC [GB]) 17 January 1990 (1990-01-17)	1-17
Y	page 2, line 4 - page 5, line 9; figure 1	1,8
X	FR 2 264 292 A1 (SILVA E DA [FR]) 10 October 1975 (1975-10-10)	1-3,5,8, 9,14
Y	page 3, line 15 - page 5, line 13; figure 2	1,8
X	DE 20 2006 014264 U1 (STIFTUNG A WEGENER INST POLAR [DE]) 14 December 2006 (2006-12-14)	1-5, 8-10,14
Y	paragraphs [0001], [0021] - [0025]; claim 1; figures 1,2	1,8
	----- -/--	



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

9 October 2012

Date of mailing of the international search report

16/10/2012

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Duijs, Eric

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/AT2012/000139

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 3 723 007 A (LEONARD D) 27 March 1973 (1973-03-27)	1-5,7-10
Y	column 3, line 17 - column 8, line 39; figures 1,4,8	1,8
Y	----- CHARLOTTE ELIASSON ET AL: "Noninvasive Authentication of Pharmaceutical Products through Packaging Using Spatially Offset Raman Spectroscopy", ANALYTICAL CHEMISTRY, AMERICAN CHEMICAL SOCIETY, US, vol. 79, no. 4, 1 January 2007 (2007-01-01), pages 1696-1701, XP007908356, ISSN: 0003-2700, DOI: 10.1021/AC062223Z [retrieved on 2007-01-18] abstract; figure 1 -----	1,8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/AT2012/000139

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
GB 2220741	A	17-01-1990	AU 3633489 A 18-01-1990
			BR 8903398 A 13-02-1990
			GB 2220741 A 17-01-1990
			ZA 8904492 A 27-02-1991

FR 2264292	A1	10-10-1975	NONE

DE 202006014264	U1	14-12-2006	NONE

US 3723007	A	27-03-1973	CA 944581 A1 02-04-1974
			CH 564189 A5 15-07-1975
			DE 2202969 A1 03-08-1972
			FR 2122520 A1 01-09-1972
			GB 1337357 A 14-11-1973
			IL 38531 A 30-06-1974
			IT 948244 B 30-05-1973
			SE 373210 B 27-01-1975
			US 3723007 A 27-03-1973

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. G01N21/65 G01J3/44
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 G01N G01J A61B G01S

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	GB 2 220 741 A (BRITISH PETROLEUM CO PLC [GB]) 17. Januar 1990 (1990-01-17)	1-17
Y	Seite 2, Zeile 4 - Seite 5, Zeile 9; Abbildung 1	1,8
X	FR 2 264 292 A1 (SILVA E DA [FR]) 10. Oktober 1975 (1975-10-10)	1-3,5,8, 9,14
Y	Seite 3, Zeile 15 - Seite 5, Zeile 13; Abbildung 2	1,8
X	DE 20 2006 014264 U1 (STIFTUNG A WEGENER INST POLAR [DE]) 14. Dezember 2006 (2006-12-14)	1-5, 8-10,14
Y	Absätze [0001], [0021] - [0025]; Anspruch 1; Abbildungen 1,2	1,8
	----- -/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

9. Oktober 2012

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

16/10/2012

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Duijs, Eric

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 3 723 007 A (LEONARD D) 27. März 1973 (1973-03-27)	1-5,7-10
Y	Spalte 3, Zeile 17 - Spalte 8, Zeile 39; Abbildungen 1,4,8	1,8
Y	----- CHARLOTTE ELIASSON ET AL: "Noninvasive Authentication of Pharmaceutical Products through Packaging Using Spatially Offset Raman Spectroscopy", ANALYTICAL CHEMISTRY, AMERICAN CHEMICAL SOCIETY, US, Bd. 79, Nr. 4, 1. Januar 2007 (2007-01-01) , Seiten 1696-1701, XP007908356, ISSN: 0003-2700, DOI: 10.1021/AC062223Z [gefunden am 2007-01-18] Zusammenfassung; Abbildung 1 -----	1,8

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/AT2012/000139

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
GB 2220741	A	17-01-1990	AU 3633489 A 18-01-1990
			BR 8903398 A 13-02-1990
			GB 2220741 A 17-01-1990
			ZA 8904492 A 27-02-1991

FR 2264292	A1	10-10-1975	KEINE

DE 202006014264	U1	14-12-2006	KEINE

US 3723007	A	27-03-1973	CA 944581 A1 02-04-1974
			CH 564189 A5 15-07-1975
			DE 2202969 A1 03-08-1972
			FR 2122520 A1 01-09-1972
			GB 1337357 A 14-11-1973
			IL 38531 A 30-06-1974
			IT 948244 B 30-05-1973
			SE 373210 B 27-01-1975
			US 3723007 A 27-03-1973
