

(12) **Patentschrift**

(21) Anmeldenummer: A 50528/2021
(22) Anmeldetag: 25.06.2021
(45) Veröffentlicht am: 15.06.2023

(51) Int. Cl.: **G01N 21/3504** (2014.01)
G01N 33/00 (2006.01)
G01M 15/10 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
CN 208224072 U
US 3743426 A
US 2013181836 A1
WO 2018216122 A1
CN 109211795 A
CN 108007890 A
CN 208476798 U

(73) Patentinhaber:
AVL List GmbH
8020 Graz (AT)

(72) Erfinder:
Arar Mario Dipl.Ing. Dr.
8020 Graz (AT)
Pein Andreas Dr.techn.
8341 Paldau (AT)
Steiner Gerald Dipl.Ing. Dr.techn.
8053 Graz (AT)

(74) Vertreter:
Patentanwälte Pinter & Weiss OG
1040 Wien (AT)

(54) **Messeinheit zur Messung eines gasförmigen oder festen Stoffes in einem Messvolumen**

(57) Für eine sensitive und flexible Messung eines gasförmigen oder festen Stoffes in einer Abgaswolke ist vorgesehen, dass ein Lichtstrahl (4) zwischen zwei Spiegelungseinheiten (3, 5) mehrfach reflektiert wird oder der Lichtstrahl (4) an einem Umlenkspiegel (11) zu einem Rückstrahl (14) reflektiert wird und der Rückstrahl (14) eine Anzahl weiterer Reflexionen zwischen den Spiegelungseinheiten (3, 5) durchführt und dabei das Messvolumen (7) mehrfach durchdringt, wobei die Mehrzahl n an Reflexionen des Lichtstrahls (4) durch Variieren des ersten Winkels (α) verstellt wird, um die Mehrzahl n an Reflexionen zwischen erster Spiegelungseinheit (3) und zweiter Spiegelungseinheit (5) einzustellen. Der Rückstrahl (14) wird nach den Reflexionen von dem zumindest einen Detektor (21) erfasst und eine den zumindest einen gasförmigen oder festen Stoff charakterisierende Lichteigenschaft des Rückstrahls (14) gemessen.

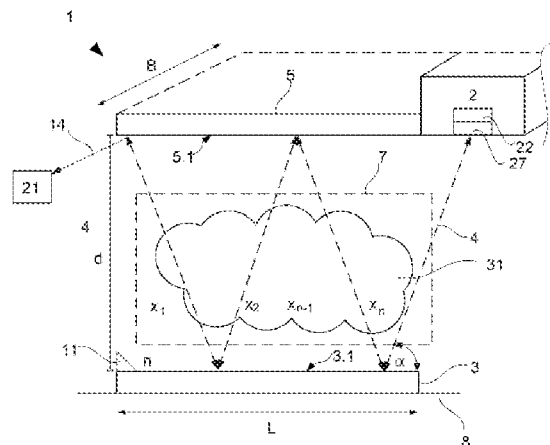


Fig. 1

Beschreibung

MESSEINHEIT ZUR MESSUNG EINES GASFÖRMIGEN ODER FESTEN STOFFES IN EINEM MESSVOLUMEN

[0001] Die gegenständliche Erfindung betrifft eine Messeinheit zur Messung zumindest eines gasförmigen oder festen Stoffes in zumindest einem Messvolumen, wobei in der Messeinheit eine erste Spiegelungseinheit mit einer ersten Spiegelungsebene und eine zweite Spiegelungseinheit mit einer zweiten Spiegelungsebene vorgesehen sind, wobei die erste Spiegelungseinheit und die zweite Spiegelungseinheit beabstandet voneinander und mit einander zugewandten Spiegelungsebenen angeordnet sind, und das Messvolumen zwischen der ersten Spiegelungseinheit und der zweiten Spiegelungseinheit ausgebildet ist, wobei in der Messeinheit eine Lichtemittereinheit vorgesehen ist, die einen Lichtstrahl in Richtung der ersten Spiegelungseinheit und in einem von einer Normalen auf die erste Spiegelungsebene und/oder von einer Normalen auf die zweite Spiegelungsebene abweichenden ersten Winkel abstrahlt, wobei die erste Spiegelungseinheit ausgebildet ist, den Lichtstrahl zur zweiten Spiegelungseinheit zu reflektieren und die zweite Spiegelungseinheit ausgebildet ist, den Lichtstrahl wieder zur ersten Spiegelungseinheit zu reflektieren, sodass der Lichtstrahl in einer Mehrzahl an Reflexionen zwischen der ersten Spiegelungseinheit und der zweiten Spiegelungseinheit hin- und herläuft.

[0002] Die Erfindung betrifft außerdem ein entsprechendes Verfahren zur Messung zumindest eines gasförmigen oder festen Stoffes in zumindest einem Messvolumen.

[0003] Emissionen von Stoffen in Abgasen, speziell im Individualverkehr, sind durch die steigende Anzahl speziell an Fahrzeugen nicht nur im Zuge der Klimaerwärmung, sondern auch im Zuge der gesundheitlichen Belastung für den Menschen durch Stickoxide, teilverbrannte Kraftstoffbestandteile und Feinstaubpartikel ein vieldiskutiertes Thema. Entwicklungen der letzten Jahrzehnte zielten auf der einen Seite im Zuge des verpflichtenden Katalysatoreinbaus in Ottomotoren auf Vermeidung des Ausstoßes von teilverbrannten Verbindungen, und bei Katalysatoren in Dieselmotoren auf der anderen Seite auf Vermeidung des Ausstoßes von Stickoxiden. Die zulässigen Werte von emittierten Stoffen sind oftmals über nationale und supranationale Normen bestimmt.

[0004] Nichtsdestotrotz sind heutzutage noch immer Fahrzeuge im öffentlichen Raum im Einsatz, welche zwar zum Zeitpunkt ihrer Zulassung die gesetzlichen Normen zur Abgasreduktion erfüllt haben, bei der Verwendung über einen längeren Zeitraum aber als hohe Emittenten angesehen werden. Der Grund dafür kann beispielsweise das fehlende Nachrüsten eines Katalysators sein oder fehlende Wartung, wenn beispielsweise bei einem Dieselmotorkatalysator das Nachfüllen von Harnstoff unterbleibt und eine ordnungsgemäße Funktion eines SCR (selektive katalytische Reduktion) Katalysators nicht mehr gegeben ist. Unter anderem kann das auch auf fehlendes Wissen bezüglich der (Nicht-)Funktionalität von eben diesen Bestandteilen während der Fahrt zurückzuführen sein.

[0005] Abgasmessungen sind großteils auf Systeme limitiert, welche im Fahrzeug selbst, beispielsweise im oder nach dem Auspuff, Stoffe im Abgas, wie gasförmige Stoffe oder Partikel messen. Diese Systeme sind jedoch auf eine geringe Anzahl an Testfahrzeugen beschränkt und können daher kein repräsentatives Abbild von einer Vielzahl an verschiedenen Fahrzeugen im Realbetrieb geben. Abgasmessungen im Rahmen der regelmäßigen Überprüfung des Fahrzeugs in einer Werkstatt ist ebensowenig repräsentativ, weil solche Überprüfungen nur in großen Zeitabständen durchgeführt werden. Daher wird versucht, Abgasmessungen von Fahrzeugen im Realbetrieb im öffentlichen Raum zu ermöglichen. Dieses sogenannte „Remote Sensing“, auch im Sinne von „real driving emissions“ (RDE) Messungen, kann beispielsweise an vorteilhaft vorinstallierter Infrastruktur, wie Mautstellen, Straßenlaternen, Brücken, oder auch Gebäudefassaden in der Stadt und ähnlichem angebracht werden. Das könnte beispielsweise dazu benutzt werden, Fahrzeughalter von Fahrzeugen mit hohen Emissionen zu benachrichtigen und/oder verpflichtende Wartungen vorzusehen. Man muss jedoch bei der Aufstellung der Geräte auf eine geeignete

Messstelle achten, um repräsentative Ergebnisse zu erhalten. Generell sollten Kreuzungsbereiche mit Ampeln und damit potentiell dem Stillstand der Fahrzeuge vermieden werden. Weiters hat sich gezeigt, dass eine leichte Steigung der Straße an der Messstelle dafür geeignet ist, eine positive Motorlast zu erzeugen.

[0006] Bei Remote Sensing wird oftmals eine Lichtquelle verwendet, welche eine charakteristische Wellenlänge oder Wellenlängenbereich(e) emittiert, um einen gasförmigen Stoff, wie Kohlenmonoxid oder Stickoxide, nachzuweisen. Ein Detektor ermöglicht beispielsweise eine Messung der Abschwächung des Lichts, das durch die Abgaswolke gesendet wird. Es kann aber auch vorgesehen sein, Partikel, wie Rußpartikel, als Stoff zu messen. Das kann dann beispielsweise über Lichtstreuung oder über die Messung der Abschwächung des Rückstrahls im Verhältnis zum eingestrahlteten Licht realisiert werden.

[0007] Die verlässliche Messung solcher Stoffe in Abgaswolken kann jedoch zu unterschiedlichen Schwierigkeiten führen. Einerseits sind die Emissionen von Stoffen von unterschiedlichen Motoren oder auch anderen Energiesystemen, wie Brennstoffzellen, durchwegs unterschiedlich und müssen mit dem gleichen System messbar sein. Weiters schwankt der zu messende Konzentrationsbereich sehr stark und ist von der zu messenden Fahrzeugklasse (z.B. LKW vs. Motorrad) abhängig. Speziell geringe Konzentrationen bereiten bei der Auswertung Probleme. Auch Unterschiede in der Betriebstemperatur eines Motors können Unterschiede in den zu messenden Stoffen nach sich ziehen.

[0008] Man könnte eine Mehrzahl von oben genannten Quereinflüssen und Ungenauigkeiten durch eine Mehrfachmessung von Stoffen in einer Abgaswolke beheben. Dabei kann es möglich sein eine Abgaswolke mehrmals hintereinander zu messen, oder auch eine Abgaswolke an mehreren Stellen zu messen.

[0009] US 2002/010554 A1 offenbart ein System zur Messung von Abgaswolken aus kleinen Fahrzeugen, wie Motorfahrrädern. Die Vorrichtung enthält eine Lichtquelle, einen Detektor und ein Doppelspiegelsystem, wobei der Strahlengang im Doppelspiegelsystem fixiert ist. Da das Licht im Doppelspiegelsystem mehrfach reflektiert wird und damit die Abgaswolke mehrfach durchstrahlt, kann die Sensitivität der Messung erhöht werden. Auch US 4,924,095 A offenbart eine Messung von Abgaswolken mit einem Doppelspiegelsystem mit festem Strahlengang. Mit solchen Messanordnungen können insbesondere auch niederemittierende Fahrzeuge vermessen werden. Allerdings sind die Strahlengänge vorgegeben, sodass nicht oder nur sehr schwer auf sich ändernde Anforderungen reagiert werden kann.

[0010] Die CN 208224072 U offenbart einen Messaufbau, welcher eine Lichtemittereinheit zur Abgabe eines Lichtstrahls aufweist, dessen Winkel bezogen auf eine Spiegelungseinheit über das Verstellsystem verstellbar ist. Der Lichtstrahl wird von einem Detektor eingefangen und analysiert. Der Messaufbau enthält zwei Spiegelungseinheiten an der Oberfläche und weiters eine Spiegelungseinheit am Remote Sensing Aufbau über der Oberfläche. Somit sind in der Offenbarung zumindest drei Spiegelungseinheiten vorhanden. Die Anzahl der Reflexionen des Lichtstrahls ist daher im Messaufbau durch die Anzahl der Spiegelungseinheiten festgelegt und kann nicht verändert werden.

[0011] Die CN 109211795 A zeigt einen ähnlichen Aufbau wie die CN 208224072 U jedoch ohne eine Verstellsystem. In der Offenbarung kann die Anzahl an Reflexionen manuell verändert werden. Dadurch können, mittels höherer Anzahl an Reflexionen, mehrere Spuren (einer Straße) vermessen werden und somit kann ein gesamtes Messvolumen vergrößert oder auch verändert werden.

[0012] Die Aufgabe der gegenständlichen Erfindung ist es daher, eine sensitive Messung für Stoffe in einem Messvolumen bereitzustellen, die eine flexible Anpassung auf verschiedene Anwendungen und Anforderung der Sensitivität der Messung ermöglicht.

[0013] Diese Aufgabe wird durch eine eingangs genannte Messeinheit erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass in der Messeinheit zumindest ein Detektor vorgesehen ist, der entweder den zumindest einen Lichtstrahl nach der Mehrzahl an Reflexionen als zumindest einen Rückstrahl

erfasst, oder zumindest eine Umlenkeinheit vorgesehen ist, die den Lichtstrahl nach der Mehrzahl an Reflexionen in entgegengesetzter Richtung zum Lichtstrahl zu zumindest einem Rückstrahl umlenkt und der zumindest eine Rückstrahl dabei eine Anzahl an Reflexionen zwischen erster Spiegelungseinheit und zweiter Spiegelungseinheit durchführt und der zumindest eine Detektor den zumindest einen Rückstrahl nach der Anzahl an Reflexionen erfasst, dass der erste Winkel des zumindest einen von der Lichtemittereinheit abgegebenen Lichtstrahls verstellbar ist und damit die Mehrzahl an Reflexionen des zumindest einen Lichtstrahls zwischen erster Spiegelungseinheit und zweiter Spiegelungseinheit einstellbar ist und dass der zumindest eine Detektor vorgesehen ist, eine den zumindest einen gasförmigen oder festen Stoff charakterisierende Lichteigenschaft des zumindest einen Rückstrahls zu messen.

[0014] Das ist vorteilhaft, da die Auswahl der Mehrzahl an Reflexionen verwendet werden kann, um die Sensitivität der Messung zu beeinflussen, indem die Gesamtdurchtrittsstrecke des Lichtstrahls durch eine Abgaswolke im Messvolumen variiert wird und anwendungsbezogen angepasst wird, insbesondere erhöht oder verringert wird. Damit kann die Messung beispielsweise einfach auf eine bestimmte Emissionsquelle, beispielsweise eine niederemittierende oder hochemittierende Emissionsquelle angepasst werden.

[0015] Beispielsweise benötigt die Messung der Emission eines Motorrads eine weitaus höhere Sensitivität verglichen mit den Emissionen eines LKWs. Außerdem können damit auch Abgaswolken mit sehr kleiner Ausdehnung gemessen werden, da durch die Reflexionen ein „Lichtvorhang“ ausgebildet wird, der das gesamte Messvolumen abdeckt. Das ermöglicht einen flexiblen Einsatz der erfindungsgemäßen Messeinheit bei unterschiedlichsten Anwendungen.

[0016] Vorteilhaft ist in der Messeinheit eine Lichtquelle vorgesehen, die einen Hauptprimärstrahl erzeugt, aus dem die Lichtemittereinheit den Lichtstrahl erzeugt. Mit anderen Worten ist eine Lichtquelle vorgesehen, die einen Hauptprimärstrahl erzeugt, der zur Lichtemittereinheit geleitet wird, wo aus dem Hauptprimärstrahl der Lichtstrahl erzeugbar ist. Die Lichtquelle kann dann beliebig in der Messeinheit angeordnet werden und könnte sogar anwendungsbezogen gewählt werden.

[0017] Die Anordnung des zumindest einen Detektors kann sehr flexibel und unabhängig vom Rest der Messeinheit gewählt werden und kann an der ersten Spiegelungseinheit oder an der zweiten Spiegelungseinheit oder in der Lichtemittereinheit oder örtlich getrennt von diesen Einheiten angeordnet sein.

[0018] In einer besonders kompakten und einfachen Ausführung ist der zumindest eine Detektor mit der Lichtquelle in einem Gehäuse verbaut.

[0019] Um die Anzahl der Messstellen zum Messen zumindest eines gasförmigen oder festen Stoffes auf einfache Weise zu erhöhen, ist gemäß einer Variante der Erfindung in der Lichtemittereinheit einem Strahlenteiler angeordnet, der den Hauptprimärstrahl in den zumindest einen Lichtstrahl und zumindest einen Nebenprimärstrahl aufteilt, wobei der zumindest eine Lichtstrahl und der zumindest eine Nebenprimärstrahl in unterschiedliche Richtungen orientiert sind. Der Nebenprimärstrahl kann dann benutzt werden, um eine weitere Messstelle auszubilden bzw. einer solchen weiteren Messstelle zugeführt werden.

[0020] Dazu sind vorzugsweise in der Messeinheit eine zweite Lichtemittereinheit und ein zweites Messvolumen vorgesehen, wobei die zweite Lichtemittereinheit den Nebenprimärstrahl erhält und aus dem Nebenprimärstrahl einen zweiten Lichtstrahl erzeugt, der durch das zweite Messvolumen zum Detektor oder zu einem zweiten Detektor gesendet wird. In einer weiteren Variante der Erfindung ist in der Messeinheit eine dritte Spiegelungseinheit mit einer dritten Spiegelungsebene vorgesehen, und die dritte Spiegelungsebene reflektiert den zweiten Lichtstrahl der zweiten Lichtemittereinheit als zweiten Rückstrahl und sendet den zweiten Rückstrahl zum Detektor oder zum zweiten Detektor. In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung ist die zweite Lichtemittereinheit wie die zumindest eine erste Lichtemittereinheit als Doppelspiegel mit Mehrfachreflexionen ausgeführt.

[0021] Insbesondere sind in der Messeinheit eine dritte Spiegelungseinheit mit einer dritten Spie-

gelungsebene und eine vierte Spiegelungseinheit mit einer vierten Spiegelungsebene vorgesehen, wobei die dritte Spiegelungseinheit und die vierte Spiegelungseinheit beabstandet voneinander und mit einander zugewandten Spiegelungsebenen angeordnet sind, und das zweite Messvolumen zwischen der dritten Spiegelungseinheit und der zweiten Spiegelungseinheit ausgebildet ist, wobei die zweite Lichtemittereinheit den zweiten Lichtstrahl in Richtung der dritten Spiegelungseinheit und in einem von einer Normalen auf die dritte Spiegelungsebene abweichenden zweiten Winkel abstrahlt, wobei die dritte Spiegelungsebene der dritten Spiegelungseinheit ausgebildet ist, den zweiten Lichtstrahl zur vierten Spiegelungseinheit zu reflektieren und die vierte Spiegelungsebene der vierten Spiegelungseinheit ausgebildet ist, den zweiten Lichtstrahl wieder zur dritten Spiegelungseinheit zu reflektieren, sodass der zweite Lichtstrahl in einer Mehrzahl an Reflexionen zwischen der dritten Spiegelungseinheit und der vierten Spiegelungseinheit hin und her läuft, und dass der Detektor oder der zweite Detektor vorgesehen ist, den zweiten Lichtstrahl nach der Mehrzahl an Reflexionen als zweiten Rückstrahl zu erfassen, oder eine zweite Umlenkeinheit vorgesehen ist, die den zweiten Lichtstrahl nach der Mehrzahl an Reflexionen in entgegengesetzter Richtung zum Lichtstrahl zu einem zweiten Rückstrahl umlenkt und der zweite Rückstrahl dabei eine Anzahl an Reflexionen zwischen dritter Spiegelungseinheit und vierter Spiegelungseinheit durchführt und der Detektor oder der zweite Detektor den zumindest einen Rückstrahl nach der Anzahl an Reflexionen erfasst.

[0022] Günstigerweise ist dabei der zweite Winkel des zweiten Lichtstrahls verstellbar.

[0023] In einer weiteren Variante der Erfindung ist in der Messeinheit zumindest eine Modulationseinheit vorgesehen, um den zumindest einen Lichtstrahl und/oder den zweiten Lichtstrahl und/oder den zumindest einen Rückstrahl und/oder den Hauptprimärstrahl und/oder einen Nebenprimärstrahl in einzelne Lichtpakete aufzuteilen. Mit anderen Worten ist zumindest eine Modulationseinheit vorgesehen, mit der kontinuierliche Lichtstrahlen in eine Vielzahl von separaten, voneinander getrennten Lichtpaketen aufteilbar sind. Wenn der zumindest eine Lichtstrahl und/oder der zweiten Lichtstrahl und/oder der zumindest einen Rückstrahl und/oder der Hauptprimärstrahl und/oder der Nebenprimärstrahl durch eine Modulationseinheit in einzelne Lichtpakete aufgeteilt wird, kann die Erfassung der Rückstrahlen im Detektor vereinfacht werden. Wenn die Lichtpakete zusätzlich zeitversetzt moduliert sind, können die zeitversetzten Lichtpakete vom Detektor erfasst werden, so dass eine Zeitdimension ermittelbar ist. Vorzugsweise sind daher zumindest zwei Lichtpakete zeitlich versetzt. So kann beispielsweise auf einfache Weise mittels eines Detektors orts aufgelöst gemessen werden, wenn dieser zu einem Zeitpunkt immer nur ein Lichtpaket erhält.

[0024] In einer besonders vorteilhaften Ausführung ist in der Messeinheit zumindest eine Bildeinheit vorgesehen, um bei Vorhandensein einer Abgaswolke im Messvolumen zumindest einen Teil der Abgaswolke aus unterschiedlichen Richtungen aufzunehmen, wobei eine Auswerteeinheit vorhanden ist, um die mit der Bildeinheit aufgenommenen Abbildungen zu einem Abbild des zumindest einen Teils der Abgaswolke zu rekonstruieren und aus dem Abbild des zumindest einen Teils der Abgaswolke eine Gesamtdurchtrittsstrecke des Lichtstrahls und/oder des Rückstrahls durch die Abgaswolke im Messvolumen zu bestimmen, wobei der zumindest eine Detektor, der den Rückstrahl erfasst, eine Intensitätsabnahme des Rückstrahls aufgrund des zumindest einen gasförmigen oder festen Stoffes erfasst und die Auswerteeinheit vorgesehen ist, aus der Intensitätsabnahme und der ermittelten Gesamtdurchtrittsstrecke eine Konzentration des zumindest einen gasförmigen oder festen Stoffes im Messvolumen zu ermitteln. Das ermöglicht eine genauere Bestimmung einer Konzentration eines gasförmigen oder festen Stoffes im Messvolumen. Als Bildeinheit kann vorteilhaft eine Mehrzahl von Kameras und/oder eine oder mehrere Lidareinheiten verwendet werden. Die Mehrzahl der Kameras und/oder die eine oder mehrere Lidareinheiten sind dabei vorzugsweise an unterschiedlichen Positionen angeordnet. Mit anderen Worten sind die Mehrzahl der Kameras und/oder die eine oder mehreren Lidareinheiten auf eine Weise angeordnet, dass der Teil der Abgaswolke aus unterschiedlichen Raumrichtungen abbildbar ist. Auf diese Weise können sie den Teil der Abgaswolke aus unterschiedlichen Richtungen abbilden.

[0025] Um empfindliche Spiegelungsebenen der Spiegelungseinheiten vor Verschmutzung oder Beschädigung zu schützen, ist vorteilhafterweise eine Schutzfolie austauschbar über einer Spie-

gelungsebene einer Spiegelungseinheit angeordnet. Damit können notwendige Wartungsintervalle reduziert werden.

[0026] Die Aufgabe der Erfindung wird außerdem durch ein eingangs genanntes Verfahren gelöst, bei dem ein Lichtstrahl durch eine Lichtemittereinheit in Richtung einer ersten Spiegelungsebene einer ersten Spiegelungseinheit und in einem von einer Normalen auf die erste Spiegelungsebene abweichenden ersten Winkel abgestrahlt wird, wobei der Lichtstrahl von der ersten Spiegelungseinheit zu einer beabstandeten zweiten Spiegelungseinheit mit einer zweiten Spiegelungsebene reflektiert wird und danach der Lichtstrahl von der zweiten Spiegelungseinheit wieder zur ersten Spiegelungseinheit reflektiert wird, und der Lichtstrahl eine Mehrzahl an Reflexionen zwischen erster Spiegelungseinheit und zweiter Spiegelungseinheit durchführt und dabei das Messvolumen zwischen der ersten Spiegelungseinheit und der zweiten Spiegelungseinheit mehrfach durchdringt. Erfindungsgemäß wird der Lichtstrahl nach der Mehrzahl an Reflexionen von zumindest einem Detektor als Rückstrahl erfasst oder der Lichtstrahl wird an einem Umlenkspiegel zu einem Rückstrahl reflektiert und der Rückstrahl führt eine Anzahl an Reflexionen zwischen erster Spiegelungseinheit und zweiter Spiegelungseinheit durch und durchdringt dabei das Messvolumen mehrfach und der Rückstrahl wird nach der Anzahl an Reflexionen von dem zumindest einen Detektor erfasst, wobei die Mehrzahl an Reflexionen des Lichtstrahls durch Variieren des ersten Winkels verstellt wird, um die Mehrzahl an Reflexionen zwischen erster Spiegelungseinheit und zweiter Spiegelungseinheit einzustellen, wobei mit dem zumindest einen Detektor eine den zumindest einen gasförmigen oder festen Stoff charakterisierende Lichteigenschaft des Rückstrahls gemessen wird.

[0027] Die gegenständliche Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figuren 1 bis 5 näher erläutert, die beispielhaft, schematisch und nicht einschränkend vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung zeigen. Dabei zeigt

[0028] Fig. 1 das erfindungsgemäße Doppelspiegelsystem für Remote Sensing Anwendungen,

[0029] Fig. 2 eine mögliche Ausführungsform in Form einer Mehrfachmessung,

[0030] Fig.3a eine Modulationseinheit,

[0031] Fig.3b ein Intensitätsdiagramm der von der Modulationseinheit gemäß Fig. 3a generierten Lichtpakete,

[0032] Fig. 4 eine Konzentrationsmessung mit erfindungsgemäßigem Doppelspiegelsystem, und

[0033] Fig. 5 eine Schutzfolieneinheit für die Spiegelungseinheit.

[0034] Fig. 1 zeigt die Ausführung der Erfindung. Die Messeinheit 1 ist ausgelegt zur Messung eines gasförmigen oder festen Stoffes in einem Messvolumen 7, welcher beispielsweise von einem Fahrzeug im öffentlichen Raum mit einer Abgaswolke 31 ausgestoßen wird. Im Messvolumen 7 können verschiedenste gasförmige und feste (z.B. Partikel) Bestandteile vorkommen. Beispielsweise kann in dem Messvolumen 7 eine Abgaswolke 31 eines Autos vorhanden sein. Die gasförmigen oder festen Stoffe im Messvolumen 7 können von jeder Art von Emissionsquelle, beispielsweise auf einer Oberfläche 8, stammen. Die Emissionsquelle kann ein Fahrzeug wie ein Personenkraftwagen (PKWs), Lastkraftwagen (LKW), aber auch ein einspuriges Fahrzeug wie ein Motorrad, Motorfahrrad und ähnliches sein, welches einen Verbrennungsmotor aufweist. Emissionen einer anderen Emissionsquelle, wie Brennstoffzellen, welche im Regelfall nur Wasserdampf und keine Schadstoffe emittieren, können ebenfalls über eine solche Messeinheit 1 gemessen werden. Die Erfassung solcher Emissionsquellen 15 kann hilfreich sein, um beispielsweise den Anteil an Fahrzeugen mit niedrigen oder hohen Emissionswerten im Straßenverkehr zu ermitteln. Die Messung kann beispielsweise an einer Oberfläche 8 erfolgen, beispielsweise einer Straße, vorteilhafterweise in einem gewissen Abstand d über einer Oberfläche 8. Es ist aber auch vorstellbar, dass die Messeinheit 1 seitlich eines Messvolumens 7 angeordnet ist und die Messung parallel zur Oberfläche 8 erfolgt, oder dass die Messeinheit 1 auch in der Oberfläche 8

selbst verbaut ist. Auch Kombinationen von Messungen von mehreren Seiten sind vorstellbar.

[0035] Die Messeinheit 1 kann das Messvolumen 7 beispielsweise auch an anderen Orten abseits einer Oberfläche 8 messen, welche beispielsweise absteigend von einer Oberfläche oder auch vertieft zu einer Oberfläche angeordnet sind. Es ist vorstellbar, dass eine Messeinheit 1 in einem Messvolumen eine Abgaswolke eines Flugzeugs bei Start oder Landung auf einer Landepiste auf einem Flughafen misst. Auch ist es denkbar, dass eine Abgaswolke von einem Schiff, beispielsweise in einem Hafenbecken oder in einer Schleuse, gemessen wird. Die Erfindung ist nicht auf oben genannte Anwendungen limitiert, sondern alle Einsatzmöglichkeiten, die sich dem Fachmann erschließen, sind vorstellbar.

[0036] Die Abgaswolke 31 im Messvolumen 7 muss auch nicht zwingend von einem Fahrzeug stammen, sondern kann prinzipiell von jeglicher Emissionsquelle herrühren. Ein Beispiel ist eine Abgaswolke aus einem Industrieprozess, die beispielsweise an einem Schornstein abgegeben wird.

[0037] Die Stoffe im Messvolumen 7 können gasförmige Stoffe, wie Kohlendioxid (CO_2), Kohlenmonoxid (CO), Stickoxide (NO_x), Schwefeldioxid (SO_2), gasförmige polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und ähnliches sein. Es ist aber auch denkbar, Feststoffpartikel im Messvolumen 7, wie Rußpartikel, zu messen. Die Stoffe und deren Konzentrationen im Messvolumen 7 sind üblicherweise abhängig vom Typ des Kraftstoffes, vom Verbrennungsmotor, vom Betriebszustand des Verbrennungsmotors und vom Status eines Katalysators oder Abgasnachbehandlungssystems (sofern vorhanden). Beispielsweise emittiert ein Verbrennungsmotor, der noch nicht auf Betriebstemperatur ist, oftmals eine höhere Konzentration an teilverbrannten Stoffen, wie polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, als bei normaler Betriebstemperatur. Ebenso werden bei unterschiedlichen Betriebszuständen (z.B. gegeben durch aktuelle Drehzahl und aktuelles Drehmoment) unterschiedliche Stoffe emittiert.

[0038] Diese gasförmigen oder festen Stoffe im Messvolumen 7 sollen erfindungsgemäß gemessen werden. „Messen eines Stoffes“ kann dabei das Erkennen des Vorhandenseins des Stoffes im Messvolumen 7 bedeuten, aber auch das Messen einer Menge oder Konzentration des gasförmigen oder festen Stoffes im Messvolumen 7.

[0039] Eine Lichtemittiereinheit 2 stellt erfindungsgemäß einen Lichtstrahl 4 mit vorgegebener Lichtintensität bereit. Die Lichtemittiereinheit 2 kann den Lichtstrahl 4 selbst erzeugen, beispielsweise durch eine Lichtquelle 22 in der Lichtemittiereinheit 2 (wie in Fig.1).

[0040] Der Lichtstrahl 4 kann der Lichtemittiereinheit 2 aber auch von extern zugeführt werden, beispielsweise von einer externen Lichtquelle 22 (wie in der Ausführung nach Fig.2). Der Lichtstrahl 4 kann der Lichtemittiereinheit 2 beispielsweise über ein optisches System (z.B. mit Spiegeln, Prismen usw.) oder einen Lichtwellenleiter zugeführt werden. Das kann vorteilhaft sein, wenn eine Mehrzahl an Lichtemittiereinheiten 2 in der Messeinheit 1 vorhanden sind. Dadurch kann eine einzelne Lichtquelle 22 die Mehrzahl an Lichtemittiereinheiten 2 mit einem Lichtstrahl 4 versorgen. In diesem Fall kann die Lichtquelle 22 einen Hauptprimärstrahl 4.1 erzeugen und an die Lichtemittiereinheit 2 senden, die diesen empfängt und als Lichtstrahl 4 abgibt. Unter Umständen kann die Lichtemittiereinheit 2 den Hauptprimärstrahl 4.1 vor der Abgabe als Lichtstrahl 4 auch verändern, beispielsweise mit einem Monochromator.

[0041] Die Lichtemittiereinheit 2 kann parallel zur Ebene der Oberfläche 8, normal zur Ebene der Oberfläche 8, oder auch in einem Winkel zur Ebene der Oberfläche 8 montiert sein. Je nach Messaufgabe kann ein Fachmann die Anordnung und Orientierung der Lichtemittiereinheit 2 geeignet wählen.

[0042] Die Lichtemittiereinheit 2 kann als Lichtstrahl 4 beispielsweise monochromatisches Licht abgeben, z.B. in Form von Laserlicht, welches eine definierte Wellenlänge mit vorgegebener Lichtintensität aufweist. Beispielsweise können Quanten-Kaskaden-Laser (QCL) verwendet werden, es sind aber auch andere Typen und Kombinationen von Lasern vorstellbar, um verschiedene Wellenlängenbereiche abzudecken. Es ist auch denkbar, dass die Lichtemittiereinheit 2 eine polychromatisch emittierende Lampe aufweist, wie eine Lampe im Ultraviolett- (UV) oder auch im

Infrarotbereich (IR). Ebenfalls ist ein Monochromator in der Lichtemittereinheit 2 oder an anderer geeigneter Stelle der Vorrichtung 1 denkbar, um gezielt Wellenlängen zu selektieren. Ein Monochromator kann beispielsweise ein Bragg-Gitter, ein Prisma, ein beweglicher Spiegel oder ein optischer Filter sein.

[0043] Die Lichtemittereinheit 2 ist dazu eingerichtet bzw. vorgesehen, den Lichtstrahl 4 zu einer ersten Spiegelungseinheit 3 mit einer ersten Spiegelungsebene 3.1 zu lenken.

[0044] Die erste Spiegelungsebene 3.1 kann parallel zur Ebene der Oberfläche 8, normal zur Ebene der Oberfläche 8, oder auch in einem anderen Winkel zur Ebene der Oberfläche 8 ausgerichtet sein, und auch abhängig von der Orientierung des Lichtstrahls 4, welcher von der Lichtemittereinheit 2 abgegeben wird, angeordnet sein. In einer möglichen Ausgestaltung kann die erste Spiegelungseinheit 3 auch in einer Oberfläche 8, beispielsweise in einer Straße, angeordnet bzw. montiert sein.

[0045] In der Messeinheit 1 ist eine zweite Spiegelungseinheit 5 mit einer zweiten Spiegelungsebene 5.1 vorgesehen. Die zweite Spiegelungseinheit 5 ist in einem Abstand d von der ersten Spiegelungseinheit 3 beabstandet derart angeordnet, dass die erste Spiegelungsebene 3.1 und die zweite Spiegelungsebene 5.1 einander zugewandt angeordnet sind. Vorzugsweise sind die erste Spiegelungsebene 3.1 und die zweite Spiegelungsebene 5.1 parallel verlaufend angeordnet. Besonders vorzugsweise sind die erste Spiegelungsebene 3.1 und die zweite Spiegelungsebene 5.1 parallel verlaufend und gleich orientiert angeordnet. Gleich orientiert bedeutet hier, dass eine Längsachse der ersten Spiegelungsebene 3.1 in die gleiche Richtung verläuft wie eine Längsachse der zweiten Spiegelungsebene 5.1.

[0046] Zwischen der ersten Spiegelungseinheit 3 und der zweiten Spiegelungseinheit 5 ist das Messvolumen 7 ausgebildet.

[0047] Die Lichtemittereinheit 2 strahlt den Lichtstrahl 4 in einem definierten ersten Winkel α ab, welcher erster Winkel α von einer Normalen auf die ersten Spiegelungsebene 3.1 der ersten Spiegelungseinheit 3 abweicht. Der Lichtstrahl 4 trifft auf der ersten Spiegelungsebene 3.1 auf und wird aufgrund des von der Normalen abweichenden Einfallswinkels von der ersten Spiegelungsebene 3.1 der ersten Spiegelungseinheit 3 in einem von der Normalen auf die erste Spiegelungsebene 3.1 abweichenden Winkel reflektiert und zur zweiten Spiegelungsebene 5.1 der zweiten Spiegelungseinheit 5 gelenkt. An der zweiten Spiegelungsebene 5.1 wird der Lichtstrahl 4 erneut zur ersten Spiegelungsebene 3.1 reflektiert. Der Lichtstrahl 4 läuft damit zwischen der ersten Spiegelungsebene 3.1 und der zweiten Spiegelungsebene 5.1 hin und her, beispielsweise entlang deren Längsachsen.

[0048] Die erste Spiegelungseinheit 3 und die zweite Spiegelungseinheit 5 sind erfindungsgemäß so angeordnet und ausgeführt, dass eine Mehrzahl $n > 1$ an Reflexionen zwischen der ersten Spiegelungseinheit 3 und der zweiten Spiegelungseinheit 5, konkret zwischen der ersten Spiegelungsebene 3.1 und der zweiten Spiegelungsebene 5.1, ausgeführt wird. Das kann auf einfache Weise erreicht werden, wenn die Spiegelungsebenen 3.1, 5.1 parallel zueinander angeordnet sind und die Ausdehnungen (z.B. Breite B und Länge L) der Spiegelungsebenen 3.1, 5.1 hinreichend groß sind. Die Längsachsen der Spiegelungsebenen 3.1, 5.1 erstrecken sich dabei entlang der Länge L . Eine geeignete Anordnung und Ausdehnung kann anwendungsbezogen gewählt werden und liegt im Können des Fachmanns. Damit durchwandert der Lichtstrahl 4 das Messvolumen 7 aufgrund der mehrfachen Reflexionen an den Spiegelungsebenen 3.1, 5.1 mehrfach. Mit anderen Worten durchwandert der Lichtstrahl 4 aufgrund des Eintreffens in dem von der Normalen auf die erste Spiegelungsebene 3.1 unterschiedlichen ersten Winkel α das Messvolumen 7 mehrfach mit einem zickzackartigen Verlauf.

[0049] Die Mehrzahl n der Reflexionen wird über den durch die Lichtemittereinheit 2 eingestellten bzw. einstellbaren Winkel α des Lichtstrahls 4 bestimmt. Je mehr sich der erste Winkel α der Normalen auf die erste Spiegelungsebene 3.1 nähert, umso mehr Reflexionen sind möglich. Die Mehrzahl n der Reflexionen ist dabei insbesondere begrenzt durch die Länge L der Spiegelungsebenen 3.1, 5.1.

[0050] Der erste Winkel α kann mit einer Positioneroptikeinheit 27 in der Lichtemittereinheit 2 eingestellt werden bzw. ist durch eine solche Positioneroptikeinheit 27 einstellbar. Eine solche Positionierungsoptikeinheit 27 kann beispielsweise ein x-y Galvanometer oder auch ein mit einem Aktuator verstellbarer Spiegel (ein sogenanntes Digital Mirror Device) sein.

[0051] Je nach erwarteter Abgaswolke 31 in einem Messvolumen 7 und/oder je nach angestrebter Sensitivität der Messung kann daher die Mehrzahl n der Reflexionen variabel eingestellt werden. Die Mehrzahl n der Reflexionen entspricht dann einer gesamten optischen Gesamtdurchtrittsstrecke x , welche der Lichtstrahl 4 mit der Mehrzahl n der Reflexionen durch das Messvolumen 7 zurücklegt. Das ist in Fig. 1 mit den einzelnen Durchtrittsstrecken x_1 bis x_n angedeutet, wobei die Gesamtdurchtrittsstrecke x die Summe der einzelnen Durchtrittsstrecken x_1 bis x_n ist. Das ist vorteilhaft, da der Lichtstrahl 4 somit das Messvolumen 7 mehrfach passieren kann, und damit über die integrale Messung eine höhere Sensitivität der Messung eines gasförmigen oder festen Stoffes im Messvolumen 7 erreicht werden kann. Das kann sich auch in einer Verbesserung des Signal-Rausch-Verhältnisses niederschlagen, weil größere Messsignale möglich sind. Damit kann eine höhere Messqualität erreicht werden.

[0052] In der Messeinheit 1 ist ferner ein Detektor 21 angeordnet. Der Detektor 21 misst zumindest eine Lichteigenschaft eines damit erfassten Lichtstrahls, die den zu messenden gasförmigen oder festen Stoff charakterisiert. Als Lichteigenschaft kann beispielsweise eine Lichtintensität oder eine Wellenlänge oder eine beliebige andere messbare Lichteigenschaft gemessen werden. Aus der gemessenen Lichteigenschaft kann dann auf den gasförmigen oder festen Stoff geschlossen werden, beispielsweise auf ein Vorhandensein des Stoffes, eine Menge oder eine Konzentration des Stoffes.

[0053] Nach der letzten der Mehrzahl n an Reflexionen kann der zwischen der ersten Spiegelungseinheit 3 und der zweiten Spiegelungseinheit 5 austretende Lichtstrahl 4 als Rückstrahl 14 zum Detektor 21 geleitet und vom Detektor 21 erfasst werden (wie in der Ausführung nach Fig. 1), um eine Lichteigenschaft des Rückstrahls 14 zu messen. Dazu kann der Detektor 21 an geeigneter Stelle an der ersten Spiegelungseinheit 3 oder der zweiten Spiegelungseinheit 5 angeordnet sein. Der Detektor 21 kann aber auch an anderer geeigneter Stelle angeordnet sein und der Rückstrahl 14 kann entweder direkt oder über ein optisches System (beispielsweise ein Spiegelsystem oder ein Lichtwellenleiter) zum Detektor 21 geleitet werden. Es kann an der ersten Spiegelungseinheit 3 oder der zweiten Spiegelungseinheit 5 aber auch ein Umlenkeinheit 11 (z.B. ein Umlenkspiegel) angeordnet sein, um den Lichtstrahl 4 als Rückstrahl 14 zu einem Detektor 12 zu lenken, entweder direkt oder über ein optisches System.

[0054] Es kann aber auch vorgesehen sein, den Lichtstrahl 4 nach der Mehrzahl n Reflexionen in Richtung der Lichtemittereinheit 2 zurückzulenken und dort in Richtung des Detektors 21 weiter zu lenken, wobei der Detektor 21 auch in der Lichtemittereinheit 2 angeordnet sein kann. Das kann beispielsweise über eine Umlenkeinheit 11 erfolgen, die in der Messeinheit 1 am gegenüberliegenden Ende der Lichtemittereinheit 2 angeordnet ist. Vorzugsweise ist die Umlenkeinheit 11 so ausgeführt, dass ein eintreffender Lichtstrahl 4 entgegen seiner Einstrahlrichtung reflektiert wird. Die Orientierung des von der Umlenkeinheit 11 reflektierten Strahls fällt damit mit dem einfallenden Lichtstrahl 4 zusammen, ist aber in der entgegengesetzten Richtung orientiert. Durch die Reflexion an der Umlenkeinheit 11 wird in dieser Ausführung somit ein Rückstrahl 14 erzeugt, welcher vorzugsweise den gleichen optischen Weg wie der Lichtstrahl 4 zur Lichtemittereinheit 2 zurücknimmt.

[0055] Der Rückstrahl 14 läuft damit ebenfalls in einer Anzahl $m \geq 1$ von Reflexionen zwischen der ersten Spiegelungseinheit 3 und der zweiten Spiegelungseinheit hin und her. Es ist allerdings durchaus denkbar, dass die Anzahl m der Reflexionen des Rückstrahls 14 und die Mehrzahl n der Reflexionen des Lichtstrahls 4 unterschiedlich sind.

[0056] Die Umlenkeinheit 11 kann auch variabel ausgeführt sein, um die Anzahl der Reflexionen des Rückstrahls 14 einzustellen, auch abhängig vom ersten Winkel α des Lichtstrahls 4. Es kann auch vorgesehen sein, eine Mehrzahl an Umlenkeinheiten 11 in der Messeinheit 1 vorzusehen. Damit kann je nach Mehrzahl n an Reflexionen des Lichtstrahls 2 ein anderer Umlenkspiegel 11

zur Reflexion gewählt werden, welcher passend ist.

[0057] Es kann auch eine Mehrzahl an Detektoren 21 vorgesehen sein. Jeder Detektor 21 kann dabei passend zu einem bestimmten ersten Winkel α des Lichtstrahls 4 angeordnet sein. Damit ist jeder Detektor 21 einem bestimmten ersten Winkel α zugeordnet. Über eine Mehrzahl an Detektoren 21 können somit eine Vielzahl von verschiedenen, über den ersten Winkel α eingestellten, Lichtstrahlen 4 erfasst werden, wobei eine unterschiedliche Mehrzahl n an Reflexionen durchgeführt werden.

[0058] Es ist auch denkbar, dass von der Lichtemittereinheit 2 gleichzeitig mehrere Lichtstrahlen 4 mit unterschiedlichen ersten Winkeln α abgegeben werden, die in einer Mehrzahl n von Reflexionen zwischen der ersten Spiegelungseinheit 3 oder der zweiten Spiegelungseinheit 5 hin- und herlaufen. Dazu können in der Lichtemittereinheit 2 mehrere Positionierungsoptikeinheiten 27 vorgesehen sein oder eine Positionierungsoptikeinheit 27, die zwischen den verschiedenen ersten Winkeln α umschaltet. Im letztgenannten Fall würde man die Lichtstrahlen 4 in Form von einzelnen Lichtpaketen aussenden. Durch die mehreren Lichtstrahlen 4 werden auch mehrere Rückstrahlen 14 erzeugt, die wie oben beschrieben zu verschiedenen Detektoren 21 oder zum gleichen Detektor 21 geleitet und dort erfasst werden können.

[0059] Diese mehreren Lichtstrahlen 4 können beispielsweise mit einer optischen Multiplexereinheit erzeugt werden. Die Multiplexereinheit kann beispielsweise als elektrische oder elektrooptische Schaltung ausgeführt sein, welche den Lichtstrahl 4 (alternativ und äquivalent auch den Hauptprimärstrahl 4.1 oder einen Nebenprimärstrahl 12) in eine Mehrzahl an einzelnen Lichtstrahlen aufteilt. Ein Lichtstrahl 4 wird somit mit der Multiplexereinheit vervielfacht.

[0060] In einer vorteilhaften Ausführung der Erfindung kann der zumindest eine Detektor 21 die aufgrund des zumindest einen gasförmigen oder festen Stoffes reduzierte Lichtintensität des zumindest einen erfassten Rückstrahls 14 messen und in eine Absorption eines gasförmigen Stoffes umrechnen, beispielsweise mittels einer vorher durchgeführten Referenzmessung im Detektor 21, welche in Abwesenheit eines Stoffes in Messvolumen 7 durchgeführt wird. Eine solche Referenzmessung kann auch in regelmäßigen Intervallen oder bedarfsweise erfolgen. Auch eine Abschwächung der Lichtintensität aufgrund eines festen Stoffes, beispielsweise aufgrund Streuung, kann auf diese Weise erfasst werden. Es kann aber auch eine Abschwächung der Lichtintensität des erfassten Rückstrahls 14 bezogen auf die Lichtintensität des von der Lichtemittereinheit 2 abgegebenen Lichtstrahls 4 ermittelt werden.

[0061] Es ist auch möglich, dass die Auswertung am zumindest einen Detektor 21 wellenlängenabhängig erfolgt und so eine spektroskopische Auswertung von einer Anzahl an gasförmigen oder festen Stoffen realisierbar ist. Das ist vorteilhaft, wenn eine Mehrzahl an gasförmigen oder festen Stoffen gleichzeitig gemessen werden soll.

[0062] Fig. 2 zeigt eine vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung. In dieser Ausgestaltung sind eine Lichtquelle 22 und ein Detektor 21 außerhalb der Lichtemittereinheit 2 ausgebildet und beide sind in einem gemeinsamen Gehäuse angeordnet. Die Lichtquelle 22 emittiert einen Hauptprimärstrahl 4.1, der zu der Lichtemittereinheit 2 gelenkt wird. Das kann über eine Lichttransporteinheit, wie ein Lichtwellenleiter oder ein Spiegelsystem oder ein anderes optisches System, erfolgen. Die Lichtquelle 22 kann aber auch in der Lichtemittereinheit 2 angeordnet sein und den Hauptprimärstrahl 4.1 erzeugen. Die zweite Spiegelungseinheit 5 mit der zweiten Spiegelungsebene 5.1, die der ersten Spiegelungsebene 3.1 zugewandt ist, ist in einem ersten Abstand d_1 von der Spiegelungseinheit 3 mit der ersten Spiegelungsebene 3.1 angeordnet. Der Abstand d_1 kann anwendungsbezogen gewählt werden, beispielsweise abhängig von den durchfahrenden Fahrzeugen, aber auch von der Richtung der Messung. Der Abstand d_1 kann beispielsweise geringer sein, wenn eine Messung parallel zu Oberfläche 8 durchgeführt wird, und kann höher sein, wenn normal auf die Oberfläche 8 gemessen wird.

[0063] In der Lichtemittereinheit 2 ist ein Strahlenteiler 9 angeordnet. Der Hauptprimärstrahl 4.1 wird durch den Strahlenteiler 9 in einen Lichtstrahl 4 und zumindest einen Nebenprimärstrahl 12, welche in unterschiedliche Richtungen weiterlaufen, aufgeteilt. Dazu kann im Strahlenteiler 9 ein

Doppelspiegel oder ein anderes geeignetes optisches System oder Gerät vorgesehen sein, welcher bzw. welches die Lichtintensität des Hauptprimärstrahls 4.1 auf eine Lichtintensität des Lichtstrahls 4 und des zumindest einen Nebenprimärstrahls 12 aufteilt. Vorzugsweise wird die Lichtintensität des Hauptprimärstrahls 4.1 jeweils zur Hälfte auf die Lichtintensität des Nebenprimärstrahls 12 und des Lichtstrahls 4 aufgeteilt.

[0064] Der Lichtstrahl 4 wird, wie oben beschrieben, erfindungsgemäß zwischen erster Spiegelungsebene 3.1 der ersten Spiegelungseinheit 3 und zwischen zweiter Spiegelungsebene 5.1 der zweiten Spiegelungseinheit 5 mit der Mehrzahl n an Reflexionen mehrfach reflektiert. Der Lichtstrahl 4 wird in dieser Ausgestaltung an einer ersten Umlenkeinheit 11 reflektiert und als Rückstrahl 14 zur Lichtemittereinheit 2 zurückgelenkt. In der gezeigten Ausführung ist die Mehrzahl n der Reflexionen des Lichtstrahls 2 gleich zur Mehrzahl m der Reflexionen des Rückstrahls 14. Die Lichtemittereinheit 2 leitet den Rückstrahl 14 zum Detektor 21 weiter, beispielsweise über dieselbe Lichttransporteinheit, mit der der Hauptprimärstrahl 4.1 in die Lichtemittereinheit 2 geleitet wird. Es ist aber auch vorstellbar, dass der Rückstrahl 14 wie oben beschrieben mit einem anderswo in der Messeinheit 1 angeordneten Detektor 21 erfasst wird.

[0065] Der zumindest eine Nebenprimärstrahl 12 kann zu zumindest einer weiteren, zweiten Lichtemittereinheit 2' gelenkt werden (wie in Fig.2). Dazu kann der Nebenprimärstrahl 12 die Richtung des Hauptprimärstrahls 4.1 im Wesentlichen beibehalten oder demgegenüber auch umgelenkt werden, beispielsweise um 90° wie in Fig.2. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel verlaufen allerdings der Hauptprimärstrahl 4.1 und der umgelenkte Nebenprimärstrahl 12 in derselben Ebene, was nicht in allen Varianten der Fall sein muss.

[0066] In der zweiten Lichtemittereinheit 2' kann der Nebenprimärstrahl 12 bedarfsweise an einer Strahlumlenkeinheit 10, welche im dargestellten Ausführungsbeispiel in der zumindest einen zweiten Lichtemittereinheit 2' angeordnet ist, in einen weiteren, zweiten Lichtstrahl 4' umgelenkt werden. Mit dieser Umlenkung kann auch ein zweiter Winkel α' des zweiten Lichtstrahls 4' eingestellt werden, mit dem dieser hinsichtlich einer dritten Spiegelungsebene 3.1' und/oder einer vierten Spiegelungsebene 5.1' orientiert ist. Es kann in der zweiten Lichtemittereinheit 2' aber auch eine anders gestaltete Positionierungsoptikeinheit vorgesehen sein, um den zweiten Lichtstrahl 4' mit dem gewünschten zweiten Winkel α' auszusenden. Die zweite Lichtemittereinheit 2' kann wie die oben beschriebene erste Lichtemittereinheit 2 ausgeführt sein, wobei die Winkel α , α' der Lichtstrahlen 4, 4' nicht gleich sein müssen. Diese Ausführungen sind für die zweite Lichtemittereinheit 2' analog anwendbar.

[0067] Der zweite Lichtstrahl 4' wird damit wieder zwischen einem Doppelspiegelsystem mit einer dritten Spiegelungseinheit 3' und einer vierten Spiegelungseinheit 5' mit entsprechenden Spiegelungsebenen 3.1', 5.1', wie oben beschrieben, mehrfach reflektiert und die Mehrzahl $n' > 1$ der Reflexionen (die nicht mit der oben genannten Mehrzahl n übereinstimmen muss) kann über den, vorzugsweise einstellbaren, zweiten Winkel α' gesteuert oder eingestellt werden. Der Abstand d_2 zwischen der dritten Spiegelungseinheit 3' und einer vierten Spiegelungseinheit 5' der zweiten Lichtemittereinheit 2' muss dabei nicht gleich sein wie der Abstand d_1 in der ersten Lichtemittereinheit 2. Zwischen der dritten Spiegelungseinheit 3' und der vierten Spiegelungseinheit 5' bildet sich somit ein weiteres, zweites Messvolumen 7' aus. Dazu wird der weitere Lichtstrahl 4' an der dritten Spiegelungsebene 3.1' der dritten Spiegelungseinheit 3' und zwischen der vierten Spiegelungsebene 5.1' der vierten Spiegelungseinheit 5' mehrfach reflektiert. Es kann auch wieder eine Umlenkeinheit 11' vorgesehen sein, um den zweiten Lichtstrahl 4' als Rückstrahl 14' zu reflektieren und den zweiten Rückstrahl mit einer Anzahl $m' \geq 1$ von Reflexionen (die nicht mit der oben genannten Anzahl m übereinstimmen muss) in Richtung der zweiten Lichtemittereinheit 2' zurückzusenden. In der gezeigten Ausführung nach Fig.2 ist die Mehrzahl n' der Reflexionen des zweiten Lichtstrahls 4' verschieden zur Mehrzahl m' der Reflexionen des zweiten Rückstrahls 14'. Am Ende der Reflexionen kann der entstehende Rückstrahl 14' mit einem zweiten Detektor 21', beispielsweise in der zweiten Lichtemittereinheit 2' oder an anderer geeigneter Stelle, erfasst werden. Es wäre aber auch denkbar, den zweiten Rückstrahl 14' zurück zum Detektor 21 zu leiten, beispielsweise über die Umlenkeinheit 10 und den Strahlenteiler 9.

[0068] Anstelle einer wie oben beschrieben ausgeführten zweiten Lichtemittereinheit 2' könnte aber auch eine anders gestaltete Messanordnung mit einem Messvolumen 7' zum Messen eines gasförmigen oder festen Stoffes im Messvolumen 7' vorgesehen sein. In einer einfachen Ausgestaltung erzeugt die zweite Lichtemittereinheit 2' den zweiten Lichtstrahl 4', der aber nur einmal durch das Messvolumen 7' zu einem Detektor 21 geleitet wird. Der von der zweiten Lichtemittereinheit 2' ausgesendete zweite Lichtstrahl 4' könnte aber auch an einer dritten Spiegelungseinheit 3' reflektiert werden und als Rückstrahl 14' zu einem Detektor 21 geleitet werden. Dabei kann der Rückstrahl ein zweites Mal durch das Messvolumen 7' geleitet werden.

[0069] In der Ausführungsform der Fig. 2. sind die beiden Lichtemittereinheiten 2, 2' hintereinander auf einer Oberfläche 8, beispielsweise in Fahrtrichtung einer Straße, angeordnet. Damit kann beispielsweise der zeitliche Verlauf einer Abgaswolke 31, 31' von einer einzigen Emissionsquelle, wie z.B. ein Fahrzeug, ermittelt werden. In einer weiteren, nicht dargestellten Ausführungsform sind die Lichtemittereinheiten 2, 2' nebeneinander angeordnet. So können verschiedene Oberflächen 8, wie mehrspurige Straßen, gleichzeitig vermessen werden. Der Nebenprimärstrahl 12 kann dazu in geeigneter Weise von der Lichtemittereinheit 2 zur weiteren Lichtemittereinheit 2' gelenkt werden.

[0070] In Folge werden weitere mögliche und vorteilhafte Ausführungen einer Messeinheit 1 oder einer Lichtemittereinheit 2, 2' beschrieben.

[0071] In einer weiteren Ausführungsform können ein Lichtstrahl 4, 4' oder ein Hauptprimärstrahl 4.1 oder ein Nebenprimärstrahl 12 oder ein Rückstrahl 14, 14' über eine Modulationseinheit 16 geführt sein, wie in Fig.3 dargestellt. Vorteilhafterweise wird eine Modulationseinheit 16 für jeden Lichtstrahl 4, 4' in der Vorrichtung 1 verwendet.

[0072] Die zumindest eine Modulationseinheit 16 bewirkt, dass der Lichtstrahl 4, 4' oder ein Hauptprimärstrahl 4.1 oder ein Nebenprimärstrahl 12 oder ein Rückstrahl 14, 14 in einzelne Lichtpakete 17, bedarfsweise auch mit unterschiedlichen Lichtintensitäten I, aufgeteilt wird. Die Lichtpakete 17 haben eine vorgegebene zeitliche Länge und sind zeitlich separiert. In einer einfachsten Ausführungsform kann eine solche Modulationseinheit 16 ein Lichtchopper sein, der definierte Lichtpakete 17 erzeugt. Solche Lichtchopper können beispielsweise rotierende Scheiben, Spiegel, Winkelspiegel oder Prismen sein. Auch elektrooptische Modulatoren als Modulationseinheit 16, wie Mach-Zehnder-Interferometer, sind denkbar.

[0073] Die Aufteilung mittels einer Modulationseinheit 16 bewirkt, dass auch die von einem Detektor 21 erfassten Rückstrahlen 14', 14' in Lichtpakete 17, 17' aufgeteilt sind. Die Aufteilung in einzelne Lichtpakete 17, 17' erfolgt vorteilhafterweise so, dass die im Detektor 21 ankommenden Lichtpakete 17, 17' zeitlich versetzt ankommen. Das ermöglicht auf einfache Weise die Messung verschiedener Rückstrahlen 14, 14' in einem Detektor 21.

[0074] Beispielsweise können bei einer Vorrichtung wie in Fig. 2 sowohl der erste Lichtstrahl 4 als auch der zweite Lichtstrahl 4' mit je einer Modulationseinheit 16 in Lichtpakete 17, 17' aufgeteilt werden. Die Modulation mittels einer ersten Modulationseinheit 16 des ersten Lichtstrahls 4 kann zeitversetzt zur Modulation mittels zweiter Modulationseinheit 16 des zweiten Lichtstrahls 4' erfolgen. Damit treffen die reflektierten Lichtpakete 17, 17' des jeweiligen Rückstrahls 14, 14' zeitversetzt zueinander bei einem Detektor 21 ein. Somit kann eine orts aufgelöste Messung mittels eines einzigen Detektors 5 einfach ermöglicht werden.

[0075] Die Lichtemittereinheit 2, 2' ist in einer weiteren Ausführung der Erfindung um eine Achse schwenkbar ausgebildet. Die Achse kann normal auf eine erste oder dritte Spiegelungsebene 3.1, 3.1' oder normal auf eine Oberfläche, an der die Messeinheit 1 angeordnet ist, sein. Dazu kann es vorgesehen sein, die gesamte Messeinheit 1 schwenkbar auszuführen. Dabei sind beispielsweise die Lichtemittereinheiten 2, 2' an der Messeinheit 1 fixiert und die gesamte Messeinheit 1 kann um die erwähnte Achse geschwenkt werden. Dann kann die gesamte Messeinheit 1 beispielsweise bedarfsweise zwischen verschiedenen Fahrspuren einer mehrspurigen Straße wechseln.

[0076] Fig. 4 zeigt eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung zur genauen Kon-

zentrationmessung eines gasförmigen oder festen Stoffes in einem Messvolumen 7, 7' mit einer erfindungsgemäßen Messeinheit 1. Um eine Konzentration c eines Stoffes genauer zu bestimmen, ist Kenntnis über die tatsächliche Gesamtdurchtrittsstrecke x (wieder als Summe der Einzeldurchtrittsstrecken des Lichtstrahls 4, 4') und der Absorption $1-(I/I_0)$, kurz als A bezeichnet, oder Transmission I/I_0 einer bestimmten Wellenlänge erforderlich. Die Messung eines Stoffes ist frequenzabhängig und sollte daher am Absorptionsmaximum, oder zumindest in der Nähe davon, stattfinden, um ein verlässliches Ergebnis zu erhalten. Beispielsweise hat CO_2 charakteristische Vibrationsschwingungen bei einer Wellenzahl (Kehrwert der Wellenlänge) von 1388 cm^{-1} (asymmetrische Streckenschwingung) und bei 667 cm^{-1} (Biegeschwingung). Laut Lambert-Beer'schen Gesetz ist die Absorption A abhängig von der Gesamtdurchtrittsstrecke x , der Konzentration c und einem Absorptionskoeffizienten k (als bekannter Stoffparameter). Dieser Zusammenhang kann über die Formel

$$\ln \frac{I}{I_0} = k * x * c$$

ausgedrückt werden. Eine Absorption A kann über einen Detektor 21 in der Messeinheit 1 ermittelt werden. Die Gesamtdurchtrittsstrecke x ist abhängig von der Ausdehnung einer Abgaswolke 31, 31' im Messvolumen 7, 7' und üblicherweise nicht bekannt.

[0077] Zum Erfassen der Gesamtdurchtrittsstrecke x ist in der Messeinheit 1 erfindungsgemäß eine Bildeinheit 29 vorgesehen, um zumindest einen Teil des Messvolumens 7, 7' aus unterschiedlichen Richtungen (z.B. Winkeln ω , β) aufzunehmen. Die Bildeinheit 29 erzeugt Abbildungen des Messvolumens 7, 7' aus unterschiedlichen Richtungen, die in einer Auswerteeinheit 13 verarbeitet werden. Die Auswerteeinheit 13 kann nun aus den erhaltenen Abbildungen aus verschiedenen Richtungen, einen Teil eines Abbilds einer Abgaswolke 31, 31' im Messvolumen 7, 7' rekonstruieren. Aus dem Abbild des Teils der Abgaswolke 31, 31' kann die Gesamtdurchtrittsstrecke x (bzw. die einzelnen Durchtrittsstrecken) eines Lichtstrahls 4, 4' durch die Abgaswolke 31, 31' ermittelt werden. Beispielsweise kann anhand der bekannten Abmessungen des Messvolumens 7, 7' auf die Abmessungen des zumindest einen Teils der Abgaswolke 31, 31' im Messvolumen 7, 7' und damit auf die Gesamtdurchtrittsstrecke x (bzw. die einzelnen Durchtrittsstrecken) rückgerechnet werden.

[0078] Zu diesem Zweck kann aus den Abbildungen eine 2D-Projektion der Abgaswolke 31, 31' in Ebene des Lichtstrahls 4, 4' und/oder des Rückstrahls 14, 14' erzeugt und so die Gesamtdurchtrittsstrecke x (bzw. die einzelnen Durchtrittsstrecken) direkt ermittelt werden. In einer möglichen Ausführungsform kann die Auswerteeinheit 13 eine räumliche Rekonstruktion der Abgaswolke 31, 31' erstellen. Diese Rekonstruktion kann beispielsweise auch abhängig von einer Laufvariablen, wie der Zeit, sein. So kann beispielsweise eine zeitabhängige Ausdehnung einer Abgaswolke 31, 31' ermittelt werden.

[0079] In einer weiteren Ausführungsform kann die Auswerteeinheit 13 Daten über Außentemperatur und Luftfeuchte erhalten. Je nach Außentemperatur und Luftfeuchte kann es zu Unterschieden in der Auswertung und Rekonstruktion einer Abgaswolke 31, 31' kommen. Beispielsweise sind Temperaturunterschiede im Sommer zwischen Umgebung und Abgaswolke weniger stark ausgeprägt als im Winter. Das kann dazu führen, dass die Gesamtdurchtrittsstrecke x saisonabhängig Unterschiede aufweist. Um diese Fehlerquelle zu vermeiden, kann ein Korrekturfaktor für die Berechnung der Rekonstruktion abhängig von Außentemperatur und Luftfeuchte vorgesehen sein. Damit kann die Auswerteeinheit 13 eine verlässliche Berechnung unabhängig von den Bedingungen der Gesamtdurchtrittsstrecke x durchführen.

[0080] Die Auswerteeinheit 13, üblicherweise ein Computer mit entsprechender Auswertesoftware, kann ebenfalls Daten zur Absorption A von zumindest einem Detektor 21 empfangen, und die Gesamtdurchtrittsstrecke x , welche aus dem Teil eines Abbilds der Abgaswolke 31, 31' rekonstruiert wurde, nutzen um die Konzentration c eines Stoffes laut Lambert-Beer'schen Gesetz zu errechnen. In einer weiteren Ausführungsform können auch mehrere Daten zur Absorption A genutzt werden, um eine räumliche Verteilung der Konzentration c in einem Messvolumen 7, 7' zu errechnen.

[0081] Die Bildeinheit 29 kann in Form von mehreren Kameras 23 (wie in Fig.4 dargestellt) ausgeführt sein. Auch eine Ausführung der Bildeinheit 29 mit einer oder mehreren Lidareinheiten, einer oder mehreren Radareinheiten oder Kombinationen derartiger Einheiten bzw. mit Kameras 23 ist denkbar. Daneben sind auch weitere Ausführungen einer Bildeinheit 29 möglich.

[0082] In einer Ausführung mit Kameras 23 sind diese an verschiedenen Orten installiert, um ein Messvolumen 7, 7' aus verschiedenen Richtungen ω , β aufzunehmen. Die Kameras 23 können beispielsweise an einer Lichtemittereinheit 2, 2' angeordnet sein. Auch können die Kameras 23 auf einer separaten Vorrichtung installiert sein, oder bestehende Infrastruktur im Bereich der Vorrichtung 1 wie Brücken, Häuser, Straßenlaternen oder ähnliches nutzen. Bei einer Mehrzahl an Lichtemittereinheiten 2, 2' können die Kameras 23 auch so angeordnet sein, dass sie beispielsweise mehrere Messvolumina 7, 7' gleichzeitig erfassen können. So kann die Anzahl an insgesamt benötigten Kameras 23 geringgehalten werden.

[0083] Die Kameras 23 können Abbildungen des Messvolumens 7, 7' aufnehmen und damit auch eine im Messvolumen 7, 7' vorhandene Abgaswolke 31, 31' aufnehmen. Es ist aber auch möglich, dass die Kameras 23 zusätzlich Metadaten eines Fahrzeugs aufzeichnen, wie Größe, Typ oder auch das Kennzeichen. Bei Verwendung von Kameras 23 als Bildeinheit 29 kann beispielsweise geeignete Bildbearbeitungssoftware verwendet werden, um die Abgaswolke 31, 31' oder einen Teil davon zu rekonstruieren.

[0084] Die Kameras 23 können beispielsweise Infrarotkameras sein, welche Wärmebilder der vorhandenen Abgaswolke im Messvolumen 7, 7' aufnehmen. So kann auch die Wärmeverteilung in der Abgaswolke 31, 31' erfasst werden, welche einen Einfluss auf die Stoffe oder den Absorptionskoeffizienten k haben kann. Es kann aufgrund der Temperaturunterschiede zu Konvektion und Diffusionsphänomenen kommen, die eine Verteilung von Stoffen über die Zeit bewirken. Auch können einzelne Konzentrationen c von Stoffen abhängig von der Temperatur sein, da manche Reaktionen nur bei höherer Temperatur ablaufen. Es kann auch vorkommen, dass sich verschiedene Abgaswolken 31, 31' aus hintereinander oder nebeneinander befindlichen Emissionsquellen, wie Fahrzeugen, vermengen. Dann kann die Messung dementsprechend angepasst werden, beispielsweise über die oben beschriebene Positionierungsoptikeinheit oder über eine angepasste Positionierung oder Ausrichtung einer oder mehrerer Kameras 23.

[0085] Die Kameras 23 können aber auch beispielsweise im ultravioletten (UV) oder sichtbaren (VIS) Bereich arbeiten, oder auch in beiden Bereichen (UV/VIS Kameras). UV oder VIS ist höher energetische Strahlung als IR und regt Elektronen-Übergänge in Molekülen an und kann für die Messung vorteilhafter sein.

[0086] In einer möglichen Ausführungsform können die Kameras 23 als multi- und hyperspektrale Kameras ausgeführt sein. Dabei werden statt der klassischen einfachen Aufnahme in einem einfachen Spektralbereich eine hohe Anzahl an Spektralbändern benutzt. Das kann vorteilhaft sein, um eine deutlich höhere Farbqualität und Farbunterschiede zu erkennen, da jeder Pixel bereits ein vollständiges Farbspektrum enthält. Eine solche Kamera 23 kann beispielsweise mit der Snapshot-Mosaiktechnik funktionieren.

[0087] Eine Lidareinheit basiert auf einem Laser, beispielsweise einem YAG Laser mit 1064 nm oder 532 nm Wellenlänge, oder ähnlichen Ausführungen, die der Fachmann für passend erachtet. Es können auch IR-Laser verwendet werden, wobei jedoch eine hinreichende Abschirmung nötig sein kann, um Augenschäden zu vermeiden. Eine Lidareinheit im UV oder NIR (Nahinfrarot) Bereich können beispielsweise genutzt werden, um gasförmige oder feste Stoffe auch direkt zu messen. Lidar kann bekanntermaßen aus atmosphärischen Messungen, beispielsweise Kohlendioxid (CO_2), Schwefeldioxid (SO_2) und Methan (CH_4) nachweisen. Das kann benutzt werden, um beispielsweise grobe Abschätzungen von Stoffen durchzuführen oder auch redundante Messungen zu der erfindungsgemäßen Messung zu erhalten.

[0088] Die zumindest eine Lidareinheit kann sich in zumindest einer Achse bewegen und Abbildungen der Umgebung und der vorhandenen Abgaswolken 31, 31' aufzeichnen. Die zumindest eine Lidareinheit kann benutzt werden, um verschiedene Abgaswolken 31, 31' in einem Messvo-

lumen 7, 7 abzubilden oder auch verschiedene Abgaswolken 31, 31' in verschiedenen Messvolumen 7, 7. Dazu scannt die Lidareinheit die Umgebung und abhängig von der Reflexionszeit des ausgesendeten Laserimpulses können Abbildungen der Umgebung erzeugt werden.

[0089] Es ist als Bildeinheit 29 auch eine Kombination aus Lidareinheiten und Kameras 23 denkbar. Damit können beispielsweise gasförmige Stoffe über eine Lidareinheit gemessen werden, während feste Stoffe in der Abgaswolke 31, 31' über die erfindungsgemäße Messeinheit 1 erfasst werden. So kann eine repräsentative Konzentrationsmessung von mehreren kritischen Stoffen der Abgaswolke 31, 31' erfolgen.

[0090] Eine mögliche Ausführungsform für einen Schutz einer ersten oder dritten Spiegelungseinheit 3, 3' ist eine Schutzfolieneinheit 24, die in Fig. 5 dargestellt ist. Diese dient dazu, eine Schutzfolie 25 über einer Spiegelungseinheit 3, 3', insbesondere über einer Spiegelungsebene 3.1, 3.1' einer Spiegelungseinheit 3, 3', anzuordnen, um diese vor Verschmutzung oder Beschädigung (z.B. durch Kratzer) zu schützen. Die Schutzfolie 25 ist dabei natürlich hinreichend transparent ausgeführt. Eine verschmutzte Schutzfolie 25 kann bedarfsweise durch eine saubere Schutzfolie 25 ersetzt werden. Eine mögliche Ausführungsform einer Schutzfolieneinheit 24 gemäß Fig. 5 besteht in der gezeigten Ausgestaltung aus einer ersten Rolle 20, auf der saubere Schutzfolie 25 aufgewickelt ist. Von dieser ersten Rolle 20 kann saubere Schutzfolie 25 abgewickelt werden und über einer Spiegelungseinheit 3, 3' angeordnet werden. Es kann eine zweite Rolle 21 vorgesehen sein, auf der die verschmutzte Schutzfolie 25 aufgewickelt werden kann. Bei bestimmungsgemäßer Verwendung wird bedarfsweise saubere Schutzfolie von der ersten Rolle 20 abgewickelt und gleichzeitig verschmutzte Schutzfolie von der zweiten Rolle 21 aufgewickelt. Die Spiegelungseinheit 3, 3' ist in dieser möglichen Ausführungsform unterhalb der Oberfläche 8 angeordnet. Die abgewickelte Schutzfolie 25 ist dabei über der Spiegelungseinheit 3, 3' angeordnet, um die Spiegelungseinheit 3, 3' vor Verschmutzung oder Beschädigung zu schützen. Aus Stabilitätsgründen kann zwischen der Spiegelungseinheit 3, 3' und der Schutzfolie 25 auch ein mechanischer Schutz 22 vorgesehen sein, welcher allerdings ausreichende optische Durchlässigkeit ermöglichen sollte. Eine der beiden Rollen 20, 21 kann angetrieben sein, um ein bedarfsweises Weiterbewegen der Schutzfolie 25 über der Spiegelungseinheit 3, 3' zu bewirken. Hierfür kann auch eine Automatisierungseinheit vorgesehen sein, die den Antrieb der angetriebenen Rolle 20, 21 ansteuert. Vorteilhafterweise kann das Antreiben der Rollen 20, 21 bei Unterschreiten eines Grenzwerts erfolgen, beispielsweise einem Lichtintensitätsverlust eines mit einem Detektor 21 erfassten Rückstrahls 14, 14'. Dann kann die Automatisierungseinheit die angetriebene Rolle 20, 21 automatisiert ansteuern, um die Schutzfolie 25 weiterzubewegen. Damit kann die verschmutzte Schutzfolie 25 oberhalb der Spiegelungseinheit 3, 3' einfach und bedarfsweise durch eine unverschmutzte ausgetauscht werden. Das kann vorteilhaft sein, wenn die Spiegelungseinheit 3, 3' generell hoher Verschmutzung ausgesetzt ist.

[0091] Es kann weiters auch vorgesehen sein, dass zu oben beschriebenen Messungen auch eine Kameraaufnahme im Bereich der Messeinheit 1 durchgeführt wird. Damit können, unter Einhaltung datenschutzrechtlicher Voraussetzungen, Kennzeichen oder andere Merkmale von Fahrzeugen erfasst werden. Damit können Fahrzeughalter benachrichtigt werden, falls ein Fahrzeug gasförmige oder feste Stoffe in Form von Abgasemissionen außerhalb normengetreuer Richtwerte aufweist.

Patentansprüche

1. Messeinheit an einer ortsfesten Oberfläche zur Messung zumindest eines gasförmigen oder festen Stoffes in zumindest einem Messvolumen (7), wobei in der Messeinheit (1) eine erste Spiegelungseinheit (3) mit einer ersten Spiegelungsebene (3.1) und eine zweite Spiegelungseinheit (5) mit einer zweiten Spiegelungsebene (5.1) vorgesehen sind, wobei die erste Spiegelungseinheit (3) und die zweite Spiegelungseinheit (5) beabstandet voneinander und mit einander zugewandten Spiegelungsebenen (3.1, 5.1) angeordnet sind, und das Messvolumen (7) zwischen der ersten Spiegelungseinheit (3) und der zweiten Spiegelungseinheit (5) ausgebildet ist, wobei in der Messeinheit (1) eine Lichtemittereinheit (2) vorgesehen ist, die zumindest einen Lichtstrahl (4) in Richtung der ersten Spiegelungseinheit (3) und in einem von einer Normalen auf die erste Spiegelungsebene (3.1) und/oder von einer Normalen auf die zweite Spiegelungsebene abweichenden ersten Winkel (α) abstrahlt, wobei die erste Spiegelungsebene (3.1) der ersten Spiegelungseinheit (3) ausgebildet ist, den Lichtstrahl (4) zur zweiten Spiegelungseinheit (5) zu reflektieren und die zweite Spiegelungsebene (5.1) der zweiten Spiegelungseinheit (5) ausgebildet ist, den Lichtstrahl (4) wieder zur ersten Spiegelungseinheit (3) zu reflektieren, sodass der Lichtstrahl (4) in einer Mehrzahl n an Reflexionen zwischen der ersten Spiegelungseinheit (3) und der zweiten Spiegelungseinheit (5) hin- und herläuft, wobei in der Messeinheit (1) zumindest ein Detektor (21) vorgesehen ist, der entweder den zumindest einen Lichtstrahl (4) nach der Mehrzahl n an Reflexionen als zumindest einen Rückstrahl (14) erfasst, oder zumindest eine Umlenkeinheit (11) vorgesehen ist, die den Lichtstrahl (4) nach der Mehrzahl n an Reflexionen in entgegengesetzter Richtung zum Lichtstrahl (4) zu zumindest einem Rückstrahl (14) umlenkt und der zumindest eine Rückstrahl (14) dabei eine Anzahl m an Reflexionen zwischen erster Spiegelungseinheit (3) und zweiter Spiegelungseinheit (5) durchführt und der zumindest eine Detektor (21) den zumindest einen Rückstrahl (14) nach der Anzahl m an Reflexionen erfasst, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Winkel (α) des zumindest einen von der Lichtemittereinheit (2) abgegebenen Lichtstrahls (4) verstellbar ist und damit die Mehrzahl (n) an Reflexionen des zumindest einen Lichtstrahls (4) im Messvolumen (7) zwischen erster Spiegelungseinheit (3) und zweiter Spiegelungseinheit (5) einstellbar ist **und dass** der zumindest eine Detektor (21) vorgesehen ist, eine den zumindest einen gasförmigen oder festen Stoff charakterisierende Lichteigenschaft des zumindest einen Rückstrahls (14) zu messen.
2. Messeinheit nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Messeinheit (1) eine Lichtquelle (22) vorgesehen ist, die einen Hauptprimärstrahl (4.1) erzeugt, aus dem die Lichtemittereinheit (2) den Lichtstrahl (4) erzeugt.
3. Messeinheit nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zumindest eine Detektor (21) an der ersten Spiegelungseinheit (3) oder an der zweiten Spiegelungseinheit (5) oder in der Lichtemittereinheit (2) oder örtlich getrennt von diesen Einheiten angeordnet ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zumindest eine Detektor (21) mit der Lichtquelle (22) in einem Gehäuse verbaut ist.
5. Messeinheit nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Lichtemittereinheit (2) ein Strahlenteiler (9) angeordnet ist, der den Hauptprimärstrahl (4.1) in den zumindest einen Lichtstrahl (4) und zumindest einen Nebenprimärstrahl (12) aufteilt, wobei der zumindest eine Lichtstrahl (4) und der zumindest eine Nebenprimärstrahl (12) in unterschiedliche Richtungen orientiert sind.
6. Messeinheit nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Messeinheit (1) eine zweite Lichtemittereinheit (2') und ein zweites Messvolumen (7') vorgesehen sind, wobei die zweite Lichtemittereinheit (2') den Nebenprimärstrahl (12) erhält und aus dem Nebenprimärstrahl (12) einen zweiten Lichtstrahl (4') erzeugt, der durch das zweite Messvolumen (7') zum Detektor (21) oder zu einem zweiten Detektor (21') gesendet wird.

7. Messeinheit nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Messeinheit (1) eine dritte Spiegelungseinheit (3) mit einer dritten Spiegelungsebene (3.1') vorgesehen ist, und die dritte Spiegelungsebene (3.1') den zweiten Lichtstrahl (4') der zweiten Lichtemittereinheit (2') als zweiten Rückstrahl (14') reflektiert und den zweiten Rückstrahl (14') zum Detektor (21) oder zum zweiten Detektor (21') sendet.
8. Messeinheit nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Messeinheit (1) eine dritte Spiegelungseinheit (3') mit einer dritten Spiegelungsebene (3.1') und eine vierte Spiegelungseinheit (5') mit einer vierten Spiegelungsebene (5.1') vorgesehen sind, wobei die dritte Spiegelungseinheit (3) und die vierte Spiegelungseinheit (5') beabstandet voneinander und mit einander zugewandten Spiegelungsebenen (3.1', 5.1') angeordnet sind, und das zweite Messvolumen (7') zwischen der dritte Spiegelungseinheit (3') und der zweiten Spiegelungseinheit (5') ausgebildet ist, wobei die zweite Lichtemittereinheit (2') den zweiten Lichtstrahl (4) in Richtung der dritten Spiegelungseinheit (3') und in einem von einer Normale auf die dritte Spiegelungsebene (3.1') abweichenden zweiten Winkel (α') abstrahlt, wobei die dritte Spiegelungsebene (3.1') der dritten Spiegelungseinheit (3') ausgebildet ist, den zweiten Lichtstrahl (4') zur vierten Spiegelungseinheit (5') zu reflektieren und die vierte Spiegelungsebene (5.1') der vierten Spiegelungseinheit (5) ausgebildet ist, den zweiten Lichtstrahl (4') wieder zur dritten Spiegelungseinheit (3) zu reflektieren, sodass der zweite Lichtstrahl (4') in einer Mehrzahl n an Reflexionen zwischen der dritten Spiegelungseinheit (3') und der vierten Spiegelungseinheit (5') hin und her läuft, **und dass** der Detektor (21) oder der zweite Detektor (21') vorgesehen ist, den zweiten Lichtstrahl (4) nach der Mehrzahl n an Reflexionen als zweiten Rückstrahl (14') zu erfassen, oder eine zweite Umlenkeinheit (11') vorgesehen ist, die den zweiten Lichtstrahl (4') nach der Mehrzahl n an Reflexionen in entgegengesetzter Richtung zum Lichtstrahl (4') zu einem zweiten Rückstrahl (14') umlenkt und der zweite Rückstrahl (14') dabei eine Anzahl m an Reflexionen zwischen dritter Spiegelungseinheit (3') und vierter Spiegelungseinheit (5') durchführt und der Detektor (21) oder der zweite Detektor (21') den zumindest einen Rückstrahl (14') nach der Anzahl m an Reflexionen erfasst.
9. Messeinheit nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zweite Winkel (α') des zweiten Lichtstrahls (4) verstellbar ist.
10. Messeinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Messeinheit (1) zumindest eine Modulationseinheit (16) vorgesehen ist, um den zumindest einen Lichtstrahl (4) und/oder den zweiten Lichtstrahl (4') und/oder den zumindest einen Rückstrahl (14) und/oder den Hauptprimärstrahl (4.1) und/oder einen Nebenprimärstrahl (12) in einzelne Lichtpakete (17) aufzuteilen.
11. Messeinheit nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest zwei Lichtpakete (17) zeitlich versetzt sind.
12. Messeinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Messeinheit (1) zumindest eine Bildeinheit (29) vorgesehen ist, um bei Vorhandensein einer Abgaswolke (31, 31') im Messvolumen (7, 7') zumindest einen Teil der Abgaswolke (31, 31') aus unterschiedlichen Richtungen aufzunehmen, wobei eine Auswerteeinheit (13) vorhanden ist, um die mit der Bildeinheit (29) aufgenommenen Abbildungen zu einem Abbild des zumindest einen Teils der Abgaswolke (31, 31') zu rekonstruieren und aus dem Abbild des zumindest einen Teils der Abgaswolke (31, 31') eine Gesamtdurchtrittsstrecke (x) des zumindest einen Lichtstrahls (4), des zweiten Lichtstrahls (4') und/oder des Rückstrahls (1', 14') durch die Abgaswolke (31, 31') im Messvolumen (7, 7') zu bestimmen, wobei der zumindest eine Detektor (21), der den Rückstrahl (14, 14') erfasst, eine Intensitätsabnahme des Rückstrahls (14, 14') aufgrund des zumindest einen gasförmigen oder festen Stoffes erfasst und die Auswerteeinheit (13) vorgesehen ist, aus der Intensitätsabnahme und der ermittelten Gesamtdurchtrittsstrecke (x) eine Konzentration (c) des zumindest einen gasförmigen oder festen Stoffes im Messvolumen (7, 7') zu ermitteln.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Schutzfolie (25) austauschbar über einer Spiegelungsebene (3.1, 3.1') einer Spiegelungseinheit (3, 3') angeordnet ist.
14. Verfahren zur Messung zumindest eines gasförmigen oder festen Stoffes in zumindest einem Messvolumen (7) mittels einer Messeinheit an einer ortsfesten Oberfläche, wobei ein Lichtstrahl (4) durch eine Lichtemittereinheit (2) in Richtung einer ersten Spiegelungsebene (3.1) einer ersten Spiegelungseinheit (3) und in einem von einer Normalen auf die erste Spiegelungsebene abweichenden ersten Winkel (α) abgestrahlt wird, wobei der Lichtstrahl (4) von der ersten Spiegelungseinheit (3) zu einer beabstandeten zweiten Spiegelungseinheit (5) mit einer zweiten Spiegelungsebene (5.1) reflektiert wird und danach der Lichtstrahl (4) von der zweiten Spiegelungseinheit (5) wieder zur ersten Spiegelungseinheit (3) reflektiert wird, und der Lichtstrahl (4) eine Mehrzahl n an Reflexionen zwischen erster Spiegelungseinheit (3) und zweiter Spiegelungseinheit (5) durchführt und dabei das Messvolumen (7) zwischen der ersten Spiegelungseinheit (3) und der zweiten Spiegelungseinheit (5) mehrfach durchdringt, wobei der Lichtstrahl (4) nach der Mehrzahl n an Reflexionen von zumindest einem Detektor (21) als Rückstrahl (14) erfasst wird oder der Lichtstrahl (4) an einem Umlenkspiegel (11) zu einem Rückstrahl (14) reflektiert wird und der Rückstrahl (14) eine Anzahl m an Reflexionen zwischen erster Spiegelungseinheit (3) und zweiter Spiegelungseinheit (5) durchführt und dabei das Messvolumen (7) mehrfach durchdringt und der Rückstrahl (14) nach der Anzahl m an Reflexionen von dem zumindest einen Detektor (21) erfasst wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mehrzahl n an Reflexionen des Lichtstrahls (4) durch Variieren des ersten Winkels (α) verstellt wird, um die Mehrzahl n an Reflexionen im Messvolumen (7) zwischen erster Spiegelungseinheit (3) und zweiter Spiegelungseinheit (5) einzustellen **und dass** mit dem zumindest einen Detektor (21) eine den zumindest einen gasförmigen oder festen Stoff charakterisierende Lichteigenschaft des Rückstrahls (14) gemessen wird.

Hierzu 4 Blatt Zeichnungen

1/4

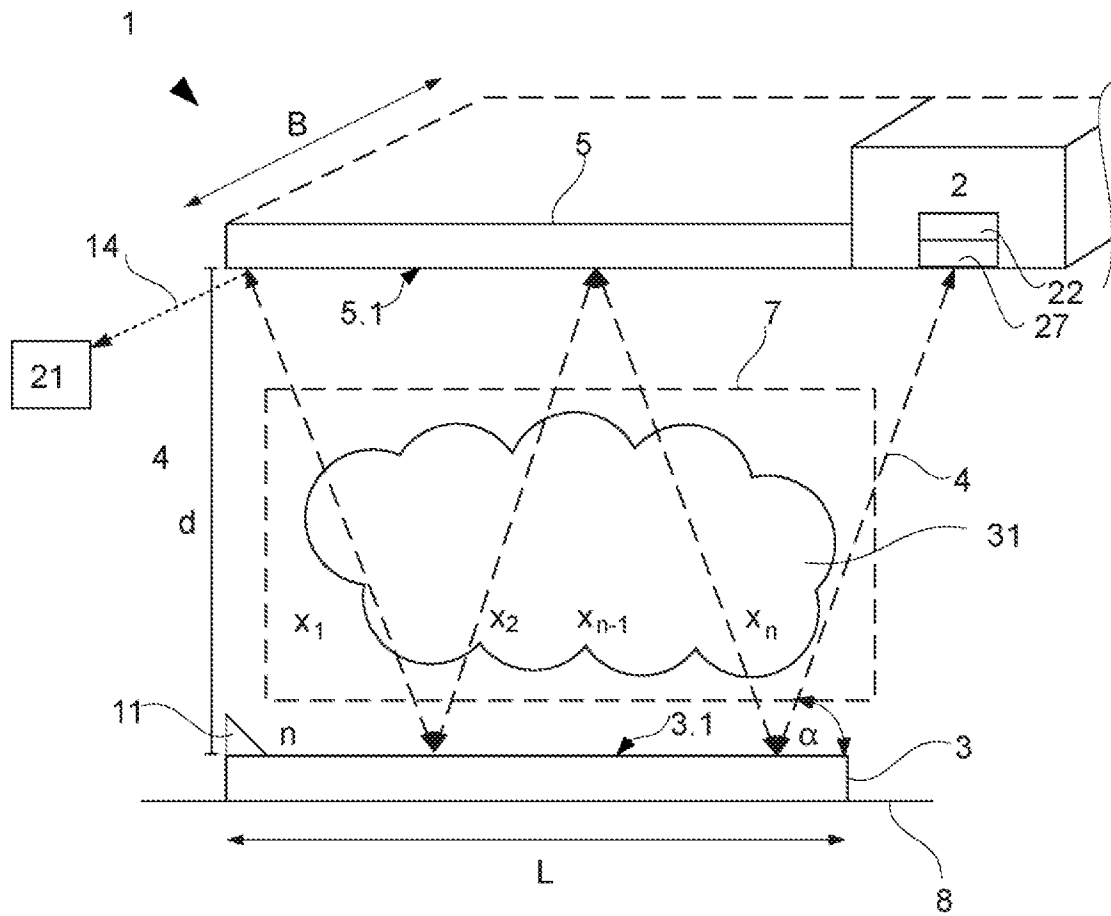


Fig. 1

2/4

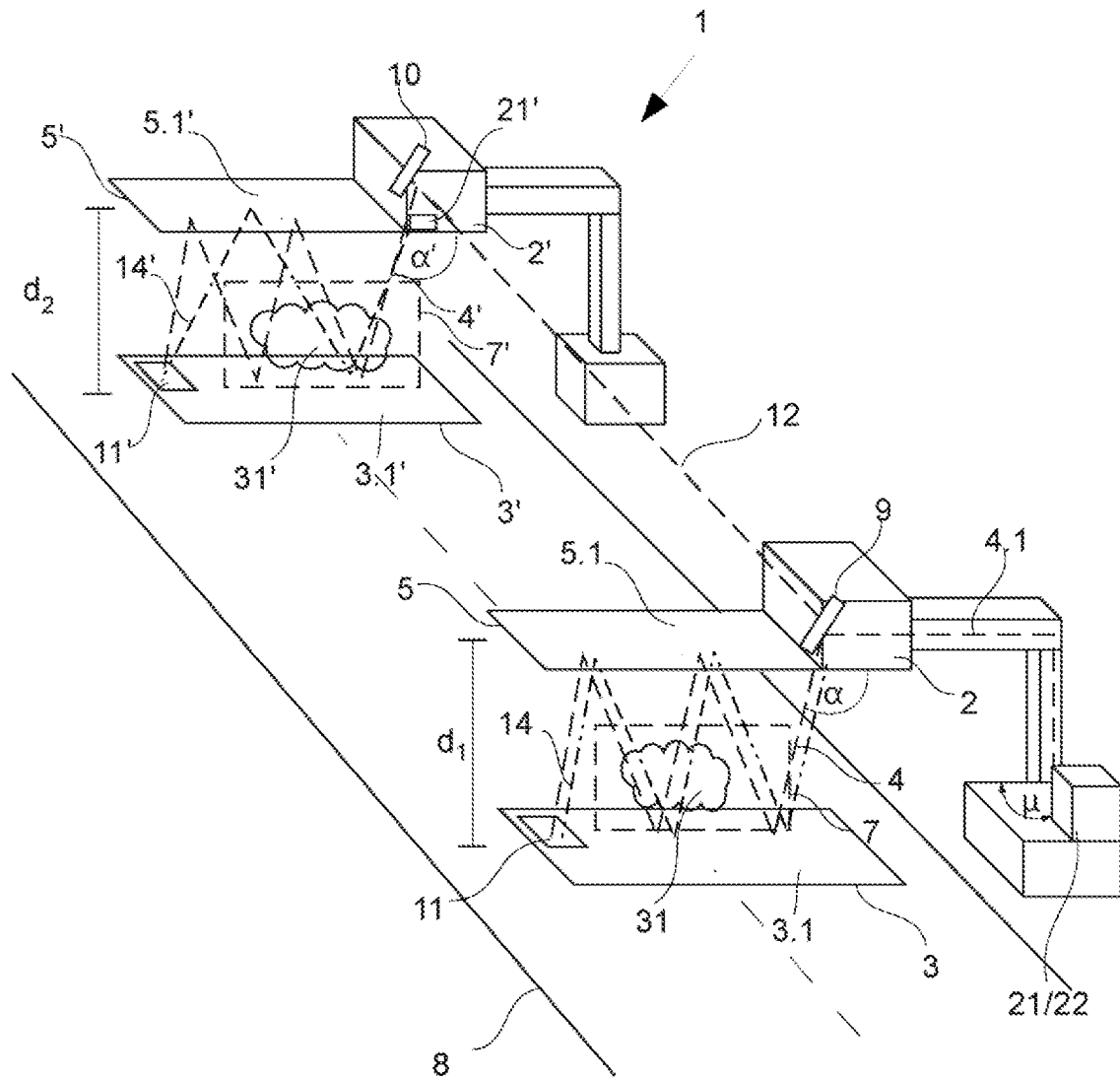


Fig. 2

3/4

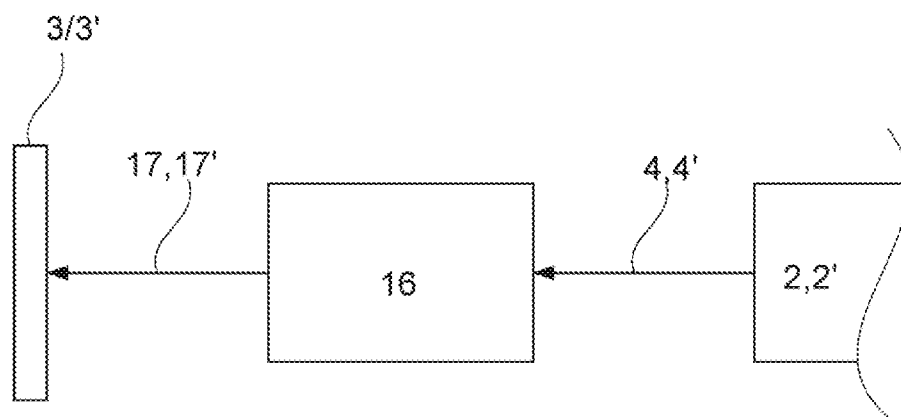


Fig. 3a

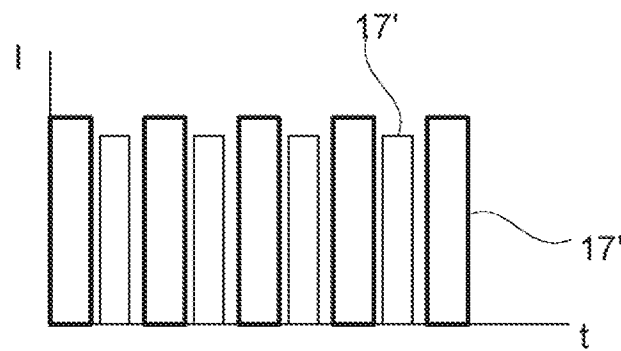


Fig. 3b

4/4

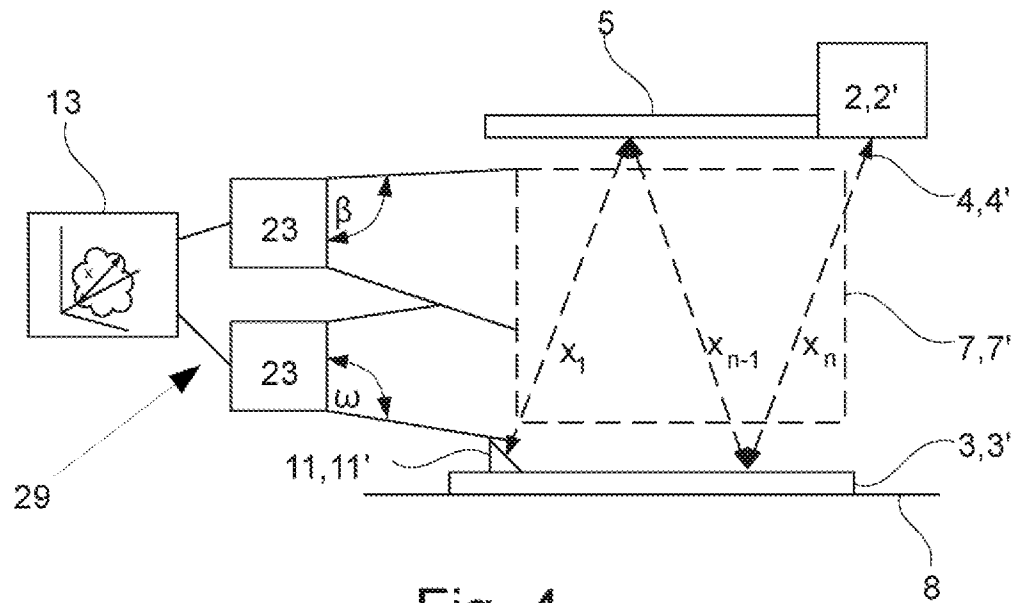


Fig. 4

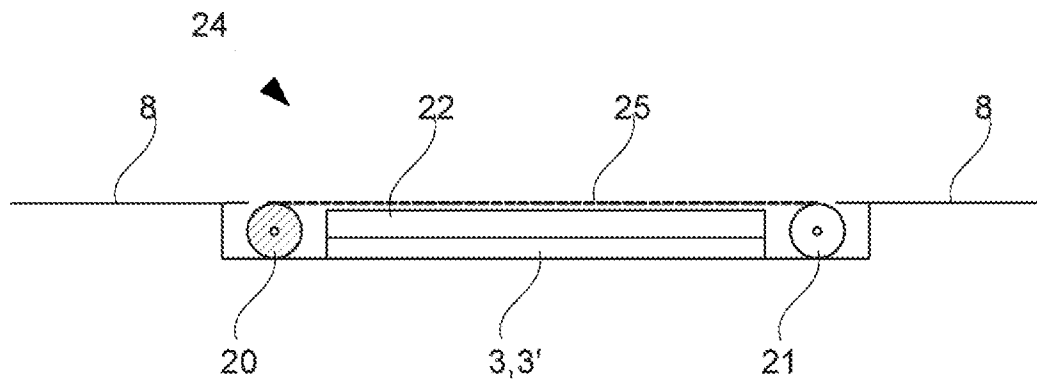


Fig. 5