

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50530/2021
(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 112748088 A
EP 0985921 A1
CN 208224072 U
US 3743426 A
US 2013181836 A1
WO 2018216122 A1
CN 211235528 U
WO 0198758 A1

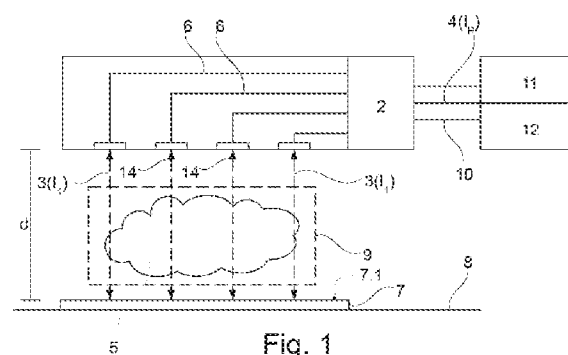
(73) Patentinhaber:
AVL List GmbH
8020 Graz (AT)

(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 und ein Verfahren zur Messung zumindest eines gasförmigen oder festen Stoffes**

(57) Um eine schnelle orts aufgelöste Messung eines gasförmigen oder festen Stoffes in einem Messvolumen (9) ermöglicht ist vorgesehen, dass ein von einer Lichtquelle (12) erzeugter Primärlichtstrahl (4) in einer Multiplexereinheit (2) in eine Mehrzahl an Teilstrahlen (3) aufgeteilt wird, wobei die Teilstrahlen (3) zu unterschiedlichen Stellen einer Spiegelungsebene (7.1) einer Spiegelungseinheit (7) abgestrahlt werden, und die Teilstrahlen (3) dabei das Messvolumen (9) durchdringen, welches zwischen den Auskoppelungseinheiten (21) und der Spiegelungseinheit (7) ausgebildet ist, wobei die Teilstrahlen (3) an der Spiegelungseinheit (7) als Rückstrahlen (14) reflektiert werden und die Rückstrahlen (14) dabei das Messvolumen (9) ein zweites Mal durchdringen und wobei die Rückstrahlen (14) mit zumindest einem Detektor (11) erfasst werden und mit dem zumindest einen Detektor (11) eine den gasförmigen oder festen Stoff charakterisierende Lichteigenschaft zumindest eines erfassten Rückstrahls (14) gemessen wird.



Beschreibung

MESSEINHEIT UND EIN VERFAHREN ZUR MESSUNG ZUMINDEST EINES GASFÖRMIGEN ODER FESTEN STOFFES

[0001] Die gegenständliche Erfindung betrifft eine Messeinheit an einer ortsfesten Oberfläche und ein Verfahren zur Messung zumindest eines gasförmigen oder festen Stoffes in zumindest einem Messvolumen.

[0002] Emissionen von gasförmigen oder festen 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 viel diskutiertes 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.

[0003] 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.

[0004] 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 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.

[0005] 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 eingestrahlt Licht realisiert werden.

[0006] 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.

[0007] Durch die Unterschiede in den gasförmigen oder festen Stoffen und den Ausdehnungen der Abgaswolke ist es schwierig, eine repräsentative und vergleichbare Absorption bzw. Konzentration oder Menge eines gasförmigen oder festen Stoffes in der Abgaswolke zu bestimmen.

[0008] US 6,272,522 B1 offenbart eine orts aufgelöste Konzentrationsmessung in einem Abgas einer Flugzeugturbine mittels einer Mehrzahl an Strahlengängen. Im Messbetrieb (bei laufendem Triebwerk) emittieren die heißen Abgase des Triebwerks Infrarotstrahlung, die von Empfangseinrichtungen erfasst, und über Lichtleitfaserbündel an einen Multiplexer geleitet werden. Jede Empfangseinrichtung erfasst nur Strahlung aus dem ihr zugeordneten Strahlbündel. Der Multiplexer leitet die Strahlung aus allen Faserbündeln sequentiell an ein Spektrometer weiter, wo das zugehörige Spektrum bestimmt wird. Die vom Abgas erzeugten Lichtstrahlen werden somit über eine Multiplexereinheit zusammengeführt und in einem Detektor analysiert. Das ermöglicht eine orts aufgelöste Messung der Konzentration von verschiedenen Stoffen in einer Abgaswolke. Jedoch wird die Messung nacheinander durchgeführt und kann daher zu Ungenauigkeiten in der Analyse einer schnell flüchtigen Abgaswolke führen, wie sie beispielsweise im Straßenverkehr vorkommt.

[0009] CN 112748088 A und CN 211235528 U offenbaren je ein Remote Sensing System, bei welchem eine Mehrzahl an unterschiedlichen Wellenlängen über verschiedenste Laser erzeugt wird und die Strahlen danach an mehreren Stellen über Doppelspiegel und Umlenkspiegel ausgekoppelt werden. Die Aufteilung der Teilstrahlen ist fixiert und kann nachträglich nicht mehr ohne Aufwand und Umbau des Remote Sensing Systems adaptiert werden.

[0010] EP 173 930 A2 offenbart eine Ausführung einer optischen Multiplexereinheit, wobei hier jedoch nach Wellenlänge aufgeteilt wird. Eine Wellenlängenaufteilung ist allerdings unvorteilhaft für die Anwendung im Zuge von Remote Sensing, weil die Absorption eines Stoffes wellenlängenabhängig ist und somit keine orts aufgelöste Messung des gleichen Stoffes möglich ist.

[0011] Die Aufgabe der gegenständlichen Erfindung ist daher, ein Messsystem zur Verfügung zu stellen, welches eine schnelle orts aufgelöste Messung eines gasförmigen oder festen Stoffes in einem Messvolumen ermöglicht.

[0012] Diese Aufgabe wird durch eine eingangs genannte Messeinheit erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass in der Messeinheit eine Multiplexereinheit und eine Lichtquelle vorgesehen sind, wobei die Lichtquelle einen Primärlichtstrahl erzeugt und an die Multiplexereinheit sendet und die Multiplexereinheit ein Gerät in Form einer elektro-optischen Schaltung ist und aus dem Primärlichtstrahl eine Mehrzahl an ausgehenden Teilstrahlen mit Teillichtintensität erzeugt, dass die Multiplexereinheit ausgebildet ist, die Teilstrahlen jeweils über einen optischen Pfad und eine Auskopplungseinheit zu unterschiedlichen Stellen einer Spiegelungsebene zumindest einer Spiegelungseinheit abzustrahlen, wobei die Auskopplungseinheiten beabstandet von der Spiegelungseinheit angeordnet sind und das zumindest eine Messvolumen zwischen den Auskopplungseinheiten und der Spiegelungseinheit angeordnet ist, dass die zumindest eine Spiegelungseinheit vorgesehen ist, die Teilstrahlen nach deren Durchtritt durch das Messvolumen als Rückstrahlen in Richtung des Messvolumens zu reflektieren, dass zumindest ein Detektor vorgesehen ist, der die Rückstrahlen nach deren Durchtritt durch das Messvolumen erfasst und dass der zumindest eine Detektor vorgesehen ist, eine den zumindest einen gasförmigen oder festen Stoff charakterisierende Lichteigenschaft zumindest eines erfassten Rückstrahls zu messen.

[0013] Durch Verwendung einer Multiplexereinheit, z.B. in Form eines optischen Multiplexers, können einfach mehrere Teilstrahlen erzeugt werden, die an unterschiedlichen Stellen durch das Messvolumen gesendet und von einer Spiegelungseinheit reflektiert und nach erneutem Durchtritt durch das Messvolumen als Rückstrahlen von einem Detektor erfasst werden können,

wodurch eine einfache orts aufgelöste Messung im Messvolumen ermöglicht wird. Durch den zweimaligen Durchtritt durch das Messvolumen kann zusätzlich die Sensitivität der Messung erhöht werden, weil jeder Lichtstrahl mehrmals von den gasförmigen oder festen Stoffen im Messvolumen beeinflusst wird. Aufgrund dieser integralen Messung kann eine genauere Messung eines gasförmigen oder festen Stoffes im Messvolumen ermöglicht werden und es können Stoffe in geringerer Konzentration im Messvolumen gemessen werden. Zusätzlich kann die Messeinheit sehr flexibel eingesetzt werden, weil die Positionen und die Richtungen der Teilstrahlen flexibel gewählt werden können. Das ermöglicht durch entsprechende Anordnung auch eine zweidimensionale oder dreidimensionale Messung im Messvolumen.

[0014] Vorteilhafterweise ist eine Teillichtintensität jedes Teilstrahls gleich einer Primärlichtintensität des Primärlichtstrahls oder eine Summe der Teillichtintensitäten jedes Teilstrahls ist gleich einer Primärlichtintensität des Primärlichtstrahls. Das vereinfacht die Ausführung der Multiplexereinheit. In einer Variante weisen die Teilstrahlen zumindest teilweise oder vollständig unterschiedliche Teillichtintensitäten auf, wobei Gruppen von Teilstrahlen eine identische Teillichtintensität aufweisen können.

[0015] Die Anordnung und die Anzahl der Detektoren in der Messeinheit kann ebenso flexibel gewählt werden. Beispielsweise reflektiert die zumindest eine Spiegelungseinheit zumindest zwei Teilstrahlen der Mehrzahl an Teilstrahlen als zumindest zwei Rückstrahlen zu je einem Detektor oder jeder Teilstrahl wird von der zumindest einen Spiegelungseinheit als Rückstrahl zu je einem Detektor reflektiert.

[0016] Um das Messvolumen aus unterschiedlichen Richtungen zu vermessen ist in einer weiteren Variante der Erfindung vorgesehen, dass zumindest zwei Teilstrahlen der Mehrzahl an Teilstrahlen unterschiedliche Richtungen aufweisen und die zumindest zwei Teilstrahlen unterschiedlicher Richtung zu jeweils einer Spiegelungseinheit mit einer Spiegelungsebene gerichtet sind, und die jeweilige Spiegelungseinheit den jeweils einfallenden Teilstrahl als Rückstrahl zu dem zumindest einen Detektor reflektiert. Mit anderen Worten sind in dieser Variante zumindest zwei Teilstrahlen der Mehrzahl in Teilstrahlen in voneinander unterschiedliche Richtungen orientiert. Das bedeutet, dass z.B. ein Teilstrahl in eine erste Richtung orientiert sein kann und alle anderen Teilstrahlen in eine zweite Richtung orientiert sind, genau so können aber auch ein Teilstrahl in eine erste Richtung, ein weiterer Teilstrahl in eine zweite Richtung und die übrigen Teilstrahlen in eine dritte oder mehrere andere Richtungen orientiert sein. In einer solchen Anordnung können beispielsweise zwei Gruppen von Teilstrahlen ausgesendet werden, wobei die Teilstrahlen der Gruppen unterschiedliche Richtungen aufweisen (z.B. normal aufeinander sind) und das Messvolumen in unterschiedlichen Richtungen durchdringen. Mit anderen Worten sind in einer solchen Variante zwei Gruppen von Teilstrahlen vorgesehen und die Teilstrahlen einer ersten Gruppe durchdringen das Messvolumen in einer unterschiedlichen Richtung als die Teilstrahlen einer zweiten Gruppe. Die Rückstrahlen der jeweiligen Gruppe können von einem Detektor oder von verschiedenen Detektoren erfasst werden. Damit kann eine zweidimensionale Vermessung eines Messvolumens erzielt werden.

[0017] Die Erfassung mehrerer Rückstrahlen mit einem Detektor kann vereinfacht werden, wenn zumindest zwei optische Pfade unterschiedliche optische Weglängen aufweisen und die über diese zumindest zwei optischen Pfade laufenden Teilstrahlen der Mehrzahl an Teilstrahlen aufgrund der unterschiedlichen optischen Weglängen nach dem Durchtritt durch das Messvolumen, der Reflexion an der zumindest einen Spiegelungseinheit und dem Durchtritt durch das Messvolumen als Rückstrahlen zeitlich versetzt an dem zumindest einen Detektor ankommen. Das erlaubt eine zeitlich klar separierte Erfassung solcher Rückstrahls.

[0018] In einer Variante weisen alle optischen Pfade unterschiedliche optische Weglängen auf. Mit anderen Worten weist jeder optische Pfad eine optische Weglänge auf, die sich von den optischen Weglängen aller anderen optischen Pfade unterscheidet.

[0019] Wenn die Messeinheit ausgestaltet ist, zumindest einen Teilstrahl in einem von einer Normalen auf die Spiegelungsebene der zumindest einen Spiegelungseinheit abweichenden Winkel abzustrahlen, kann das auf vielfältigste Weise genutzt werden. Zum einen kann damit gezielt ein

bestimmt angeordneter Detektor mit dem Rückstrahl anvisiert werden, was die Erfassung des Rückstrahls erleichtern kann. Zum anderen kann damit auch ein vielfacher Durchtritt des Teilstrahls, und gegebenenfalls auch des Rückstrahls, durch das Messvolumen realisiert werden. Dazu kann der Teilstrahl mehrfach zwischen zwei beabstandet voneinander und einander zugewandt angeordneten Spiegelungseinheiten hin- und herreflektiert werden und so der Teilstrahl das Messvolumen mehrfach durchdringen. Mit einer solchen Anordnung kann die Sensitivität der Messung noch weiter erhöht werden.

[0020] Mehrere, voneinander unterschiedliche bzw. beabstandete Messvolumina können gemessen werden, wenn die Multiplexereinheit ausgebildet ist, eine Anzahl an Teilstrahlen zu zumindest einer Umlenkeinheit zu lenken, wobei die zumindest eine Umlenkeinheit vorgesehen ist, die Anzahl an Teilstrahlen in Richtung der zumindest einen Spiegelungseinheit zu lenken und die Spiegelungseinheit die Teilstrahlen als Rückstrahlen reflektiert. Mit anderen Worten ist die zumindest eine Umlenkeinheit dazu ausgebildet, die Richtung eines aus ihr austretenden Teilstrahls gegenüber dessen Eintrittsrichtung zu ändern. Die Rückstrahlen können dabei auch über die Multiplexereinheit zum zumindest einen Detektor geführt werden. An jeder Umlenkeinheit kann ein eigenes Messvolumen ausgebildet werden.

[0021] In einer weiteren Variante der Erfindung ist die Multiplexereinheit um eine Achse schwenkbar ausgeführt, wobei die Achse normal auf die Spiegelungsebene der zumindest einen Spiegelungseinheit oder normal auf eine Oberfläche, an der die Messeinheit angeordnet ist, verlaufend angeordnet ist.

[0022] Die Erfassung mehrerer Rückstrahlen in einem Detektor kann auch dann vereinfacht werden, wenn in der Messeinheit eine Modulationseinheit vorgesehen ist, um den Primärstrahl und/oder zumindest zwei Teilstrahlen und/oder zumindest zwei Rückstrahl 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. Am Detektor, der die Rückstrahlen erfasst, kommen dann einzelne Lichtpakete an. Wenn diese Lichtpakete zusätzlich zeitlich separiert voneinander sind, kann die Erfassung der Rückstrahl am Detektor noch weiter vereinfacht werden.

[0023] 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 mehreren Abbildungen aus unterschiedlichen Richtungen zu einem Abbild des zumindest einen Teils der Abgaswolke zu rekonstruieren und aus dem Abbild des zumindest einen Teils der Abgaswolke eine Durchtrittsstrecke zumindest eines Teilstrahls der Mehrzahl an Teilstrahlen 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 Durchtrittsstrecke 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 mehrere 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.

[0024] Um empfindliche Spiegelungsbereiche vor Verschmutzung oder Beschädigung zu schützen ist vorteilhafterweise eine Schutzfolie austauschbar über einer Spiegelungseinheit angeordnet. Damit können notwendige Wartungsintervalle reduziert werden.

[0025] Die oben geschilderte Aufgabe wird außerdem durch ein eingangs genanntes Verfahren erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass ein von einer Lichtquelle erzeugter Primärlichtstrahl in

einer Multiplexereinheit in eine Mehrzahl an Teilstrahlen aufgeteilt wird, wobei die Teilstrahlen über jeweils einen optischen Pfad und eine Auskopplungseinheit zu unterschiedlichen Stellen einer Spiegelungsebene einer Spiegelungseinheit gelenkt werden, und die Teilstrahlen dabei das Messvolumen durchdringen, welches zwischen den Auskopplungseinheiten und der Spiegelungseinheit ausgebildet ist, wobei die Teilstrahlen an der Spiegelungseinheit als Rückstrahlen reflektiert werden und die Rückstrahlen dabei das Messvolumen ein zweites Mal durchdringen und wobei die Rückstrahlen mit zumindest einem Detektor erfasst werden und mit dem zumindest einen Detektor eine den gasförmigen oder festen Stoff charakterisierende Lichteigenschaft zumindest eines erfassten Rückstrahls gemessen wird.

[0026] Die gegenständliche Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figuren 1 bis 6 näher erläutert, die beispielhaft, schematisch und nicht einschränkend vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung zeigen. Dabei zeigt

- [0027]** Fig.1 eine Messeinheit mit Multiplexereinheit,
- [0028]** Fig.2 und 3 jeweils eine mögliche Ausführungsform der Messeinheit mit Multiplexereinheit,
- [0029]** Fig.4 eine Mehrfachmessung mit mehreren Messvolumina,
- [0030]** Fig.5 eine Konzentrationsmessung eines Stoffes in einer erfindungsgemäßen Messeinheit, und
- [0031]** Fig.6 eine Schutzfolieneinheit für erfindungsgemäße Messeinheit.

[0032] Fig. 1 zeigt eine Messeinheit 1 zur Messung eines gasförmigen oder festen Stoffes in einem Messvolumen 9, welche von einer Emissionsquelle, wie beispielsweise einem Fahrzeug, ausgestoßen wird. Im Messvolumen 9 kann sich beispielsweise eine Abgaswolke 5 befinden, welche von der Emissionsquelle ausgestoßen wird. Im Messvolumen 9 können verschiedenste gasförmige und feste (z.B. Partikel) Stoffe vorkommen. Beispielsweise kann in dem Messvolumen 9 eine Abgaswolke 5 eines Autos vorhanden sein. Die Stoffe im Messvolumen 9 können aber von jeder Art von Emissionsquelle, beispielsweise auf einer Oberfläche 8, stammen. Beispielsweise ist die Emissionsquelle ein Fahrzeug wie ein Personenkraftwagen (PKWs), Lastkraftwagen (LKWs), aber auch ein einspuriges Fahrzeug wie ein Motorrad, Motorfahrrad und ähnliches, welche einen Verbrennungsmotor aufweisen. Emissionen anderer Emissionsquellen, wie einer Brennstoffzelle, welche im Regelfall nur Wasserdampf und keine Schadstoffe emittieren, können ebenfalls über eine solche Messeinheit 1 gemessen werden. Die Erfassung von gasförmigen oder festen Stoffen in einem Messvolumen 9 kann hilfreich sein, um beispielsweise den Anteil an Fahrzeugen mit niedrigen oder hohen Emissionswerten im Straßenverkehr zu ermitteln.

[0033] Die Messung kann 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 9 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.

[0034] Die Messeinheit 1 kann ein Messvolumen 9 beispielsweise auch an anderen Orten abseits einer Oberfläche 8 messen. Es ist vorstellbar, dass eine Messeinheit 1 im Messvolumen 9 eine Abgaswolke eines Flugzeugs bei Start oder Landung auf einer Landepiste auf einem Flughafen misst. Auch ist es denkbar, dass eine Abgaswolke 5 von einem Schiff, beispielsweise in einem Hafenbecken oder in einer Schleuse gemessen wird.

[0035] Die Erfindung ist nicht auf oben genannte Anwendungen limitiert, sondern alle Einsatzmöglichkeiten der Messeinheit 1, die sich dem Fachmann erschließen, sind vorstellbar.

[0036] Die Abgaswolke 5 muss auch nicht zwingend von einem Fahrzeug stammen, sondern kann prinzipiell von jeglicher Emissionsquelle herrühren. Ein Beispiel ist eine Abgaswolke 5 aus einem Industrieprozess, die beispielsweise an einem Schornstein abgegeben wird.

[0037] Die zu messenden Stoffe im Messvolumen 9 können gasförmige Stoffe, wie Kohlendioxid

(CO₂), Kohlenmonoxid (CO), Stickoxide (NO_x), Schwefeldioxid (SO₂), gasförmige polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und ähnliches sein. Es ist aber auch denkbar feste Stoffe, wie Feststoffpartikel, wie z.B. Rußpartikel, im Messvolumen 9 zu messen. Die Stoffe und deren Mengen und/oder Konzentrationen im Messvolumen 9 sind üblicherweise abhängig von der Emissionsquelle, beispielsweise 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 9 sollen erfindungsgemäß gemessen werden. „Messen eines Stoffes“ kann dabei das Erkennen des Vorhandenseins des Stoffes im Messvolumen 9 bedeuten, aber auch das Messen einer Menge oder Konzentration des gasförmigen oder festen Stoffes im Messvolumen 9.

[0039] In der Messeinheit 1 ist eine Lichtquelle 12 vorgesehen, welche im dargestellten Ausführungsbeispiel in örtlicher Nähe zu einem Detektor 11 angeordnet ist. Vorzugsweise sind die Lichtquelle 12 und der Detektor 11 in einem gemeinsamen Gehäuse angeordnet. Die Lichtquelle 12 kann beispielsweise monochromatisches Licht abgeben, beispielsweise als Laserlicht, welches eine definierte Wellenlänge mit vorgegebener Lichtintensität abgibt. Insbesondere 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 Lichtquelle 12 eine polychromatisch emittierende Lampe aufweist, wie eine Lampe im Ultraviolett- (UV) oder auch im Infrarotbereich (IR). Ebenfalls ist ein Monochromator in der Lichtquelle 12 oder an anderer geeigneter Stelle der Messeinheit 1 denkbar, um gezielt Wellenlängen zu selektieren. Ein Monochromator kann beispielsweise ein Bragg-Gitter, ein Prisma, ein beweglicher Spiegel oder ein optischer Filter sein.

[0040] Die Lichtquelle 12 erzeugt einen Primärlichtstrahl 4 mit vorgegebener Primärlichtintensität I_p . Der Primärlichtstrahl 4 hat zumindest eine vorgegebene Wellenlänge. Der Primärlichtstrahl 4 kann über einen optischen Primärpfad 10 zu zumindest einer Multiplexereinheit 2 geleitet werden. Die Multiplexereinheit 2 und die Lichtquelle 12 können auch als eine Einheit ausgeführt sein, wobei in diesem Fall der optische Primärpfad 10 in dieser gemeinsamen Einheit implementiert wäre. Die Lichtquelle 12 kann aber auch örtlich getrennt von der Multiplexereinheit 2 angeordnet sein (wie in Fig.1). Der optische Primärpfad 10 kann beispielsweise ein Lichtleiter, wie ein Glasfaserkabel, ein Spiegelsystem oder ein anderes geeignetes optisches System sein, das den Primärlichtstrahl 4 von der Lichtquelle 12 zur Multiplexereinheit 2 leitet.

[0041] Der Primärlichtstrahl 4 wird in der Multiplexereinheit 2 in eine Mehrzahl n an Teilstrahlen 3 mit vorgegebener Teillichtintensität I_1 aufgeteilt (in Fig.1 sind nur einige davon mit Bezugszeichen versehen). In einer Variante weisen zumindest zwei der Mehrzahl n an Teilstrahlen 3 unterschiedliche Teillichtintensitäten auf.

[0042] Eine Multiplexereinheit 2 ist ein optisches System oder Gerät in Form einer elektrischen oder optischen oder elektro-optischen Schaltung oder Anordnung, welche einen eingehenden Primärlichtstrahl 4 in eine Mehrzahl n an ausgehenden Teilstrahlen 3 mit Teillichtintensitäten aufteilt, wobei die Wellenlänge der Teilstrahlen 3 vorzugsweise gleich zum Primärlichtstrahl 4 bleibt. Die Wellenlänge der Teilstrahlen 3 kann aber auch unterschiedlich zur Wellenlänge des Primärlichtstrahls 4 sein. Je nach Anwendung kann die Teillichtintensität I_1 gleich der Primärlichtintensität I_p sein, kann aber auch unterschiedlich sein. Grundsätzlich ist es auch denkbar, dass gewisse Teilstrahlen 3 die gleiche Wellenlänge wie die Wellenlänge des Primärlichtstrahls 4 und/oder die Primärlichtintensität I_p haben und andere nicht. Es ist aber auch vorstellbar, dass die Summe der Teilintensitäten I_1 der Teilstrahlen der Primärlichtintensität I_p entspricht, und damit eine gleichzeitige Strahlenteilung in der Multiplexereinheit 2 erfolgen kann. Die Teillichtintensitäten I_1 der Teilstrahlen 3 sind vorzugsweise gleich.

[0043] Eine Multiplexereinheit 2 kann beispielsweise durch einen „optical fiber multiplexer“ oder auch „optical coupler“ oder „optical splitter“ realisiert werden. Auch eine Realisierung der Multiplexereinheit 2 als „Fiber Optic Switching Network“ ist denkbar. Dabei wird der Primärlichtstrahl 4 mittels elektronischer Schaltung nacheinander auf eine Mehrzahl n an Teilstrahlen 3 aufgeteilt. Verschiedene Ausführungen einer Multiplexereinheit 2 sind hinreichend bekannt und der Fachmann kann eine für die jeweilige Anwendung geeignete wählen.

[0044] In einer Variante ist die Multiplexereinheit 2 so ausgeführt, dass damit gleichzeitig auch ein optischer Demultiplexer realisiert wird. Ein optischer Demultiplexer ist praktisch die Umkehrung eines optischen Multiplexers und verbindet mehrere Eingänge mit einem Ausgang. Damit können mehrere Eingangsstrahlen in einem Demultiplexer auf einen Ausgang des Demultiplexer geschaltet werden. Alternativ und bedarfsweise können eine Multiplexereinheit 2 und eine Demultiplexereinheit getrennt voneinander realisiert sein.

[0045] Die von der Multiplexereinheit 2 erzeugten Teilstrahlen 3 werden jeweils über einen eigenen optischen Pfad 6 geleitet, wobei vorzugsweise jedem Teilstrahl 3 genau ein optischer Pfad 6 zugeordnet ist und die optischen Pfade 6 der einzelnen Teilstrahlen 3 voneinander getrennt verlaufen. Ein optischer Pfad 6 ist beispielsweise als Lichtwellenleiter oder optische Faser bestimmter Länge ausgeführt. Ein optischer Pfad 6 kann aber auch als anderes geeignetes optisches System, wie eine Spiegelanordnung, ausgeführt sein. Je nach Messaufgabe oder Anwendung oder Anforderung kann eine unterschiedliche Anzahl an Teilstrahlen 3 in der erfindungsgemäßen Messeinheit 1 vorgesehen sein.

[0046] Die Teilstrahlen 3 werden an den von der Multiplexereinheit 2 abgewandten Enden der optischen Pfade 6 an Auskoppelungseinheiten 21 an verschiedenen Stellen ausgekoppelt und in Richtung einer Spiegelungseinheit 7 mit einer Spiegelungsebene 7.1 ausgestrahlt. Die abgestrahlten Teilstrahlen 3 sind damit räumlich getrennt voneinander, wobei sich die Strahlengänge der Teilstrahlen 3 zwischen Auskoppelungseinheit 21 und Spiegelungseinheit 7 aber auch kreuzen können. Eine Auskoppelungseinheit 21 dient im Wesentlichen dazu, die in den optischen Pfaden 6 geführten Teilstrahlen 3 in den Bereich zwischen Auskoppelungseinheiten 21 und Spiegelungseinheit 7, insbesondere das Messvolumen 9, in der gewünschten Richtung abzustrahlen. Hierbei spielt die Orientierung der Teilstrahlen 3 keine Rolle. Die Teilstrahlen 3 könnten daher beispielsweise normal auf eine Oberfläche 8 oder auch parallel dazu oder auch in einem beliebigen Winkel zur Oberfläche 8 abgestrahlt werden. Die jeweilige Spiegelungseinheit 7 ist entsprechend anzuordnen, damit ein Teilstrahl daran reflektiert wird.

[0047] Die Auskoppelungseinheiten 21 sind in einem ersten Abstand d beabstandet von der Spiegelungseinheit 7 mit der Spiegelungsebene 7.1 angeordnet.

[0048] Die Spiegelungseinheit 7 kann aus mehreren einzelnen Spiegeln oder mehreren getrennten Spiegelungsebenen 7.1 bestehen. Auch mehrere Spiegelungseinheiten 7 sind grundsätzlich möglich.

[0049] Der Abstand d kann anwendungsbezogen passend gewählt werden. Beispielsweise kann der Abstand d abhängig von den durchfahrenden Fahrzeugen, aber auch von der Richtung der Messung sein. Der Abstand d 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. Der Abstand d zur Spiegelungsebene 7.1 der Spiegelungseinheit 7 muss auch nicht für jede Auskoppelungseinheit 21 gleich sein.

[0050] Zwischen den Auskoppelungseinheiten 21 und der Spiegelungseinheit 7 ist das Messvolumen 9 ausgebildet.

[0051] In Fig.1 sind die Auskoppelungseinheiten 21 nebeneinander in einer Linie angeordnet, sodass die einzelnen Teilstrahlen 3 einen Lichtvorhang bestimmter Breite im Messvolumen 9 erzeugen. Damit können insbesondere Abgaswolken 5 verschiedenere Größen im Messvolumen 9 sicher erfasst werden. Durch eine entsprechende Anordnung der Auskoppelungseinheiten 21 kann aber auch eine flächige oder sogar räumliche Verteilung der Teilstrahlen 3 realisiert werden.

[0052] Für eine flächige Verteilung könnten beispielsweise zwei Gruppen von Teilstrahlen 3 mit unterschiedlichen Orientierungen, vorzugsweise normal aufeinander, erzeugt werden, wobei alle Teilstrahlen 3 in einer gemeinsamen Strahlenebene angeordnet sind. Damit sind zwei Anordnungen von Auskoppelungseinheiten 21 mit unterschiedlichen Orientierungen vorhanden, wobei gegenüber jeder der Anordnungen eine Spiegelungseinheit 7, 7' mit einer Spiegelungsebene 7.1, 7.1' vorgesehen ist. Das ist beispielsweise in Fig.2 dargestellt. Mit einer solchen Anordnung kann die zweidimensionale Verteilung eines gasförmigen oder festen Stoffes im Messvolumen ermittelt werden. Wenn sich eine Abgaswolke 5 im Messvolumen 9 bewegt (beispielsweise in einer Richtung normal auf die Zeichnungsebene in Fig.2), dann könnte durch zeitlich aufeinanderfolgende Messung sogar eine dreidimensionale Verteilung eines gasförmigen oder festen Stoffes im Messvolumen 9 rekonstruiert werden.

[0053] Es ist aber auch möglich, eine räumliche Verteilung der Teilstrahlen 3 zu realisieren. Dazu könnten die Auskoppelungseinheiten 21 beispielsweise zusätzlich auch in einer dritten Dimension (in Fig.1 beispielsweise in einer Richtung normal auf die Zeichnungsebene versetzt zueinander) angeordnet sein. In einer solchen Anordnung könnten beispielsweise mehrere Anordnungsebenen wie in Fig.2 dargestellt hintereinander vorgesehen sein.

[0054] Die einzelnen Teilstrahlen 3 werden zu einer Spiegelungsebene 7.1 zumindest einer zugeordneten Spiegelungseinheit 7 gelenkt. Dabei durchdringen die Teilstrahlen 3 das zumindest eine Messvolumen 9. Die Anordnung der Spiegelungseinheit 7 ist abhängig von der Orientierung der Teilstrahlen 3, welche aus der Multiplexereinheit 2 ausgekoppelt werden. Die Spiegelungseinheit 7 kann beispielsweise parallel zur Ebene der Oberfläche 8, normal zur Ebene der Oberfläche 8, oder auch in einem Winkel zur Ebene der Oberfläche 8 angeordnet sein. In einer möglichen Ausführung kann die Spiegelungseinheit 7 auch in bzw. als Teil einer Oberfläche 8 angeordnet sein.

[0055] Die Teilstrahlen 3 werden an der Spiegelungsebene 7.1 der zumindest einen Spiegelungseinheit 7 als Rückstrahlen 14 (in Fig.1 und 2 sind aus Gründen der Übersichtlichkeit nur einige Rückstrahlen mit einem Bezugszeichen versehen) in Richtung des Messvolumens 9 reflektiert und durchdringen das Messvolumen 9 dabei ein zweites Mal. Die Rückstrahlen 14 werden danach von zumindest einem Detektor 11 erfasst.

[0056] Der zumindest eine Detektor 11 misst zumindest eine Lichteigenschaft eines damit erfassten Rückstrahls 14, 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.

[0057] Bei der erfindungsgemäßen Messeinheit 1 durchdringt ein Teilstrahl 3 aufgrund der Reflexion über die Spiegelungseinheit 7 das zumindest eine Messvolumen 9 zweimal, nämlich als Teilstrahl 3 und nach der Reflexion als Rückstrahl 13, wobei der Lichtstrahl zweimal vom gasförmigen und/oder festen Stoff im Messvolumen 9 beeinflusst wird, was zu einer integralen Messung führt. Das kann sich bei der Messung in einer erhöhten Sensitivität und einer Verbesserung des Signal-Rausch-Verhältnisses niederschlagen, weil größere Messsignale möglich sind. Damit kann eine höhere Messqualität erreicht werden.

[0058] In einer möglichen Ausgestaltung misst der Detektor 11 die aufgrund des zumindest einen gasförmigen oder festen Stoffes reduzierte Lichtintensität des erfassten Rückstrahls 14. Die gemessene Lichtintensität kann in eine Absorption eines gasförmigen Stoffes umgerechnet werden, beispielsweise mittels einer vorher durchgeführten Referenzmesseinheit im Detektor 11, welche in Abwesenheit eines Stoffes in Messvolumen 9 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 zum jeweiligen Rückstrahl 14 gehörenden Teilstrahls 3 oder auch bezogen auf den Primärstrahl 4 ermittelt werden.

[0059] Der Detektor 11 kann in der Messeinheit 1 an einer geeigneten Stelle angeordnet sein und es kann eine verschiedene Anzahl von Detektoren 11 vorgesehen sein.

[0060] Beispielsweise ist für jeden Rückstrahl 14 ein eigener Detektor 11 vorgesehen. Eine solche Ausführung ist in Fig.3 dargestellt. In dieser Ausgestaltung wird ein Primärlichtstrahl 4 in die Multiplexereinheit 2 eingebracht, und die Multiplexereinheit 2 teilt den Primärlichtstrahl 4 in eine Mehrzahl n an Teilstrahlen 3 auf. Die Teilstrahlen 3 werden in Richtung der Spiegelungseinheit 7 abgestrahlt, durchdringen das Messvolumen 9, werden an der Spiegelungseinheit 7 reflektiert, durchdringen das Messvolumen 9 ein zweites Mal und laufen als Rückstrahlen 14 zurück zur Multiplexereinheit 2. In der Multiplexereinheit 2 sind Detektoren 11 für jeden der Rückstrahlen 14 vorgesehen. Das ermöglicht eine sehr genaue, örtlich getrennte Messung der gasförmigen oder festen Stoffe im Messvolumen 9 und benötigt nur eine Lichtquelle 12, welche einen Primärlichtstrahl 4 zur Verfügung stellt.

[0061] Alternativ könnte auch ein Detektor 11 für mehrere oder sogar für alle Rückstrahlen 14 vorgesehen sein. Eine solche Ausführung ist in Fig.1 angedeutet. Das kann beispielsweise durch eine Ausführung der Multiplexereinheit 2 als Multiplexer und Demultiplexer realisiert werden. Die Rückstrahlen 14 werden hierbei über den optischen Primärpfad 10 zum Detektor 11 geleitet und darin erfasst. Die Rückstrahlen 14 können aber auch über eine separate Demultiplexereinheit zum Detektor 11 geführt werden.

[0062] Es ist aber auch denkbar, dass die Teilstrahlen 3 nicht normal auf die Spiegelungsebene 7.1 abgestrahlt werden, sondern in einem bestimmten Winkel darauf, sodass die reflektierten Rückstrahlen 14 danach, vorzugsweise nach dem nochmaligen Durchtritt durch das Messvolumen 9, an einen geeignet angeordneten Detektor 11 geleitet werden. Auf diese Weise lassen sich auch mehrere Rückstrahlen 14 mit einem Detektor 11 erfassen oder auch jeder Rückstrahl 14 einzelnen mit einem eigenen Detektor 11.

[0063] In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung haben zumindest zwei optische Pfade 6 unterschiedliche optische Weglängen. Die darüber laufenden Teilstrahlen 3 werden damit aufgrund der unterschiedlichen optischen Laufzeiten zeitlich versetzt in Richtung der Spiegelungseinheit 7 abgestrahlt. Wenn die dabei erzeugten Rückstrahlen 14 vom selben Detektor 11 erfasst werden, dann kommen die Rückstrahlen 14 aufgrund der unterschiedlichen optischen Laufzeiten auch zeitlich versetzt am Detektor 11 an, was eine einfache örtlich aufgelöste Messung mit einem gemeinsamen Detektor 11 ermöglicht. In einer möglichen Ausführungsform weisen alle optischen Pfade 6 der Teilstrahlen 3 unterschiedliche optische Weglängen auf, was eine Erfassung aller Rückstrahlen 14 mit einem einzigen Detektor 11 erleichtert.

[0064] Wenn die Multiplexereinheit 2 als „Fiber Optic Switching Network“ ausgeführt ist und der Primärstrahl 4 nacheinander auf zumindest zwei Teilstrahlen 3 aufgeteilt wird, ermöglicht auch das auf einfache Weise einen Detektor 11 für die zumindest zwei Teilstrahlen 3 zu verwenden, weil auch dann immer nur ein Rückstrahl 14 am Detektor 11 ankommt.

[0065] Fig.4 zeigt eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Messeinheit 1. Die Multiplexereinheit 2 erhält erfindungsgemäß einen Primärlichtstrahl 4 und teilt diesen in eine Mehrzahl an Teilstrahlen 3 auf. Zumindest ein Teilstrahl 3 der Mehrzahl an Teilstrahlen 3 wird zu zumindest einer Umlenkeinheit 13 gelenkt, die in diesem Fall die Auskoppelungseinheit 21 darstellt. In einer möglichen Ausführungsform können mehrere Teilstrahlen 3 zu einer Umlenkeinheit 13 gelenkt werden, es kann aber auch eine Mehrzahl an Umlenkeinheiten 13, beispielsweise eine Umlenkeinheit 13 pro Teilstrahl 3, vorhanden sein. Die Umlenkeinheit 13 enthält dazu beispielsweise einen Spiegel, oder ein anderes geeignetes optisches System oder Gerät, welches den Teilstrahl 3 umlenkt und in Richtung einer zugeordneten Spiegelungseinheit 7 mit Spiegelungsebene 7.1 lenkt. In dieser Ausführung ist vorzugsweise für jeden in einer Umlenkeinheit 13 umgelenkten Teilstrahl 3 eine eigene Spiegelungseinheit 7 vorgesehen. Die umgelenkten Teilstrahlen 3 werden dann an der jeweiligen zugeordneten Spiegelungseinheit 7 reflektiert, und werden dann (wie oben beschrieben) als Rückstrahlen 14 (in Fig.4 ist nur einer davon bezeichnet) zum zumindest einen Detektor 11 (in Fig.4 nicht dargestellt) gesendet.

[0066] Es ist auch vorstellbar, dass zumindest ein Detektor 11 an einer Umlenkeinheit 13 angeordnet ist. Diese Ausführungsform ist vorteilhaft, um eine hohe Anzahl an parallelen Messungen zu ermöglichen. Die Umlenkeinheiten 13 können, wie in Fig.4 dargestellt, nebeneinander auf bzw. in einem gewissen Abstand über einer Oberfläche 8, hier einer mehrspurigen Straße, angeordnet sein. Die Umlenkeinheiten 13 können aber auch hintereinander auf bzw. in einem gewissen Abstand über einer Oberfläche 8 angeordnet sein. Hintereinander bedeutet hier versetzt entlang einer Fahrtrichtung, wenn es sich bei der Oberfläche 8 um eine Straße handelt.

[0067] In einer möglichen Ausführung nach Fig.4 werden zumindest zwei Teilstrahlen 3 wie in Fig.1, 2 oder 3 beschrieben abgestrahlt und verwendet. Für diese Teilstrahlen 3 wäre dann keine Umlenkeinheit 13 vorhanden.

[0068] Damit ist es dem Fachmann möglich auf einfache Weise mehrere, getrennt ausgebildete Messvolumina 9 zu realisieren. Damit kann eine Messarchitektur realisiert werden, die für eine bestimmte Messaufgabe und Messanforderung nötig ist.

[0069] Eine Umlenkeinheit 13 kann in einer nicht dargestellten Variante auch verwendet werden, um einen mehrfachen Durchtritt durch das Messvolumen 9 zu realisieren. In dieser Ausführung ist gegenüber der und beabstandet zur Spiegelungsebene 7.1 der der Umlenkeinheit 13 zugeordneten Spiegelungseinheit 7 eine weitere Spiegelungseinheit mit einer Spiegelungsebene angeordnet sein. Der Teilstrahl 3 wird von der Umlenkeinheit 13 in einem von der Normalen auf die Spiegelungsebene 7.1 abweichenden Winkel auf die Spiegelungsebene 7.1 abgestrahlt. Der Teilstrahl 3 wird an der Spiegelungsebene 7.1 in Richtung der weiteren Spiegelungsebene reflektiert und an dieser wieder in Richtung der Spiegelungsebene 7.1 zurückreflektiert. Damit läuft der Teilstrahl in einer Mehrzahl von Reflexionen zwischen den Spiegelungsebenen hin- und her, was die Anzahl der Durchtritt durch das Messvolumen 9 erhöht. Auch der Rückstrahl 14 kann in einer Anzahl von Reflexionen zwischen den Spiegelungsebenen zurück zu dem zugeordneten Detektor 11 gesendet werden. Damit wird aufgrund der vielfachen Durchtritte des Lichts durch das Messvolumen 9 eine höhere Sensitivität der Messung erzielt. In einer solchen Ausführung kann der Winkel des Teilstrahl auch verstellbar sein, beispielsweise mit einer geeigneten Positioneroptik, um die Anzahl der Durchtritte durch das Messvolumen 9 vorzugeben.

[0070] In einer weiteren vorteilhaften, ebenfalls in den Figuren nicht dargestellten Ausführungsform der Erfindung ist die Multiplexereinheit 2 schwenkbar ausgebildet. Das kann beispielsweise über eine drehbare Achse erfolgen, die die Multiplexereinheit 2 drehbar macht. Die Multiplexereinheit 2 kann dabei vorzugsweise um eine Achse verschwenkt werden, die normal auf die Spiegelungsebene 7.1 und/oder normal auf eine Oberfläche 8 steht. Damit können in einer Ausführung nach Fig.4 die Teilstrahlen 3 beispielsweise zu verschiedenen Umlenkeinheiten 13 gelenkt werden, um an verschiedenen Stellen messen zu können.

[0071] Es kann auch vorgesehen sein, die gesamte Messeinheit 1 schwenkbar zu gestalten. Dabei sind beispielsweise die Multiplexereinheit 2 und die Mehrzahl an Umlenkeinheiten 13 an der Messeinheit 1 fixiert und die gesamte Messeinheit 1 kann um eine oben erwähnte Achse verschwenkt werden. Dann kann die Messeinheit 1 beispielsweise zwischen verschiedenen Fahrspuren einer Straße wechseln, oder es kann von verschiedenen Fahrspuren auf mehrere hintereinanderliegende Messungen an einer Fahrspur gewechselt werden.

[0072] In einer weiteren Ausführungsform ist in der Messeinheit auch eine Mehrzahl an Multiplexereinheiten 2 vorgesehen. Beispielsweise kann eine Strahlenteilereinheit vorgesehen sein, um einen Primärlichtstrahl 4 in mehrere Lichtstrahlen aufzuteilen und diese zu einer Mehrzahl an Multiplexereinheiten 2 zu leiten, welche dann erfindungsgemäß wie oben beschrieben ausgeführt sein können, um einen gasförmigen oder festen Stoff in verschiedenen Messvolumina 9 zu erfassen. Damit kann es möglich sein, eine mehrfache orts aufgelöste Messung von verschiedenen Messvolumina 9 durchzuführen.

[0073] In einer weiteren Ausgestaltung ist in einer erfindungsgemäßen Messeinheit 1 zumindest eine Modulationseinheit 27 vorgesehen (angedeutet in Fig.3), um den Primärlichtstrahl 4 und/oder zumindest einen Teilstrahl 3 (wie in Fig.3) und/oder zumindest einen Rückstrahl 14 in einzelne

Lichtpakete aufzuteilen. Durch die Aufteilung in einzelne Lichtpakete wird bewirkt, dass auch die von einem Detektor 11 erfassten Rückstrahlen 14 in Lichtpakete aufgeteilt sind. Die Lichtpakete haben eine vorgegebene zeitliche Länge und sind zeitlich separiert. In einer einfachsten Ausführungsform kann eine solche Modulationseinheit 27 ein Lichtchopper sein, der definierte Lichtpakete erzeugt. Solche Lichtchopper können beispielsweise rotierende Scheiben, Spiegel, Winkelspiegel oder Prismen sein. Auch elektrooptische Modulatoren als Modulationseinheit, wie Mach-Zehnder-Interferometer, sind denkbar.

[0074] Die Aufteilung in Lichtpakete kann vorteilhaft sein, um die Erfassung mehrerer Rückstrahlen 14 mit einem Detektor 11 zu vereinfachen oder zu erleichtern, insbesondere wenn dafür gesorgt wird, dass die Lichtpakete zeitlich versetzt am Detektor 11 ankommen.

[0075] Das kann auch vorteilhaft sein, um Lichtpakete verschiedener Wellenlängen an eine Multiplexereinheit 2 zu senden, und somit eine spektroskopische Messung zu ermöglichen. In diesem Fall würde der Primärlichtstrahl 4 in Lichtpakete aufgeteilt werden. Das kann beispielweise nacheinander in verschiedenen Lichtpaketen erfolgen, und somit wird eine spektroskopische orts aufgelöste Messung verschiedener gasförmiger oder fester Stoffe in der Messeinheit 1 ermöglicht.

[0076] Fig. 5 zeigt eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung zur genauen Konzentrationsmessung eines gasförmigen oder festen Stoffes in einem Messvolumen 9 mit einer erfindungsgemäßer Messeinheit 1. Um eine Konzentration c eines Stoffes genauer zu bestimmen, ist Kenntnis über die tatsächliche Durchtrittsstrecke x des Lichts durch das den gasförmigen oder festen Stoff beinhaltenden Volumen (z.B. eine Abgaswolke 5) im Messvolumen 9 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, oder zumindest in der Nähe des Absorptionsmaximum stattfinden, um ein verlässliches Ergebnis zu erhalten. Beispielsweise hat CO_2 charakteristische Vibrationsschwingungen bei einer Wellenzahl (Kehrwert der Wellenlänge) von 1388 cm^{-1} (asymmetrische Streckschwingung) und bei 667 cm^{-1} (Biegeschwingung). Laut Lambert-Beer'schen Gesetz ist die Absorption A abhängig von der Durchtrittsstrecke x , der Konzentration c und einem Absorptionskoeffizienten k (als bekannter Stoffparameter) über die Formel

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

[0077] Eine Absorption A kann über einen Detektor 11 ermittelt werden. Die Durchtrittsstrecke x ist aber abhängig von der Ausdehnung der Abgaswolke 5 im Messvolumen 9 und ist üblicherweise nicht bekannt.

[0078] Zum Erfassen der Durchtrittsstrecke x ist in dieser Ausführung in der Messeinheit 1 eine Bildeinheit 29 vorgesehen, um zumindest einen Teil des Messvolumens 9 aus unterschiedlichen Richtungen (z.B. Winkeln ω , β) aufzunehmen. Die Bildeinheit 29 erzeugt Abbildungen des Messvolumens 9 aus unterschiedlichen Richtungen, die in einer Auswertereinheit 15 verarbeitet werden. Die Auswertereinheit 15 kann nun aus den erhaltenen Abbildungen aus verschiedenen Richtungen, einen Teil eines Abbilds einer Abgaswolke 5 im Messvolumen 9 rekonstruieren. Aus dem Abbild des Teils der Abgaswolke 5 kann die Durchtrittsstrecke x , als Summe aller Durchtritte eines Teilstrahls 3 und des zugehörigen reflektierten Rückstrahls 14, durch die Abgaswolke 5 ermittelt werden. Beispielsweise kann anhand der bekannten Abmessungen des Messvolumens 9 auf die Abmessungen des zumindest einen Teils der Abgaswolke 5 im Messvolumen 9 und damit auf die Durchtrittsstrecke x eines bestimmten Teilstrahls 3 und/oder Rückstrahls 14 rückgerechnet werden.

[0079] Zu diesen Zweck kann aus den Abbildungen eine 2D Projektion der Abgaswolke 5 in Ebene des Teilstrahls 3 und/oder des Rückstrahls 14 erzeugt werden und so die Durchtrittsstrecke x des Teilstrahls 3 und/oder des Rückstrahls 14 direkt ermittelt werden. In einer möglichen Ausführungsform erstellt die Auswertereinheit 15 eine räumliche Rekonstruktion der Abgaswolke 5. Diese Rekonstruktion kann beispielsweise auch abhängig von einer Laufvariable, wie der Zeit, sein. So kann beispielsweise eine zeitabhängige Ausdehnung einer Abgaswolke 5 ermittelt wer-

den.

[0080] In einer möglichen Ausführungsform erhält die Auswertereinheit 15 Daten über Außentemperatur und Luftfeuchte. Je nach Außentemperatur und Luftfeuchte kann es zu Unterschieden in der Auswertung und Rekonstruktion einer Abgaswolke 5 kommen. Beispielsweise sind Temperaturunterschiede im Sommer zwischen Umgebung und Abgaswolke weniger stark ausgeprägt als im Winter. Das kann dazu führen, dass die Durchtrittsstrecke 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 Auswertereinheit 15 eine verlässliche Berechnung unabhängig von den Bedingungen der Durchtrittsstrecke x durchführen.

[0081] Die Auswertereinheit 15, üblicherweise ein Computer mit entsprechender Auswertesoftware, kann ebenfalls Daten zur Absorption A von zumindest einem Detektor 11 empfangen, und die Durchtrittsstrecke x , welche aus dem Teil eines Abbilds der Abgaswolke 5 rekonstruiert wurde, nutzen um die Konzentration c eines gasförmigen oder festen Stoffes laut Lambert-Beer'schen Gesetz zu errechnen. In einer möglichen Ausführungsform werden auch mehrere Daten zur Absorption A genutzt, um eine räumliche Verteilung der Konzentration c im Messvolumen 9 zu errechnen.

[0082] Die Bildeinheit 29 kann in Form von mehreren Kameras 16 (wie in Fig.5 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 ist denkbar. Daneben kann es weitere Ausführungen einer Bildeinheit 29 geben.

[0083] In einer Ausführung mit Kameras 16 sind diese an verschiedenen Orten installiert, um ein Messvolumen 9 aus verschiedenen Richtungen ω , β aufzunehmen. Die Kameras 16 können beispielsweise an einer Multiplexereinheit 2 und/oder einer Umlenkeinheit 13 angeordnet sein. Auch können die Kameras 16 auf einer separaten Vorrichtung installiert sein, oder bestehende Infrastruktur im Bereich der Messeinheit 1 wie Brücken, Häuser, Straßenlaternen oder ähnliches nutzen. Die Kameras 16 können bedarfsweise auch so angeordnet sein, dass sie beispielsweise mehrere Messvolumina 9 gleichzeitig erfassen können. So kann die Anzahl an Kameras 16 geringgehalten werden.

[0084] Die Kameras 16 können Abbildungen des Messvolumens 9 aufnehmen und damit auch eine im Messvolumen 9 vorhandene Abgaswolke 5 aufnehmen. Es ist aber auch möglich, dass die Kameras 16 zusätzlich Metadaten eines Fahrzeugs aufzeichnen, wie Größe, Typ oder auch das Kennzeichen. Bei Verwendung von Kameras 16 als Bildeinheit 29 kann beispielsweise Bildbearbeitungssoftware verwendet werden, um die Abgaswolke 5 oder einen Teil davon zu rekonstruieren.

[0085] Die Kameras 16 können beispielsweise Infrarotkameras sein, welche Wärmebilder der vorhandenen Abgaswolke im Messvolumen 9 aufnehmen. So kann auch die Wärmeverteilung in der Abgaswolke 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 vorkommen, dass sich verschiedene Abgaswolken 5 aus hintereinander oder nebeneinander befindlichen Emissionsquellen, wie Fahrzeugen, vermengen. Dann kann die Messung dementsprechend angepasst werden, beispielsweise durch eine Positionierung oder Ausrichtung einer Kamera 16.

[0086] Die Kameras 16 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.

[0087] In einer möglichen Ausführungsform sind die Kameras 16 teilweise oder vollständig als multi- und hyperspektrale Kameras ausgeführt. 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 16 kann beispielsweise mit der Snapshot-Mosaiktechnik funktionieren.

[0088] 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.

[0089] Die zumindest eine Lidareinheit kann sich in zumindest einer Achse bewegen und Abbildungen der Umgebung und der vorhandenen Abgaswolken 5 aufzeichnen. Die zumindest eine Lidareinheit kann benutzt werden, um verschiedene Abgaswolken 5 in einem Messvolumen 9 abzubilden oder auch verschiedene Abgaswolken 5 in verschiedenen Messvolumen 9. Dazu scannt die Lidareinheit die Umgebung und abhängig von der Reflexionszeit des ausgesendeten Laserimpulses können Abbildungen der Umgebung erzeugt werden.

[0090] Es ist als Bildeinheit 29 auch eine Kombination aus Lidareinheiten und Kameras 16 denkbar. Damit können beispielsweise gasförmige Stoffe über eine Lidareinheit gemessen werden, während feste Stoffe in der Abgaswolke 5 über die erfindungsgemäße Messeinheit 1 erfasst werden. So kann eine repräsentative Konzentrationsmessung von mehreren kritischen Stoffen der Abgaswolke 5 erfolgen.

[0091] Eine weitere Ausführungsform für einen Schutz einer Spiegelungseinheit 7 umfasst eine Schutzfolieneinheit 24, die in Fig. 6 dargestellt ist. Diese dient dazu, eine Schutzfolie 23 über einer Spiegelungseinheit 7 anzuordnen, um diese vor Verschmutzung oder Beschädigung (z.B. durch Kratzer) zu schützen. Die Schutzfolie 23 ist dabei natürlich hinreichend transparent ausgeführt. Eine verschmutzte Schutzfolie 23 kann bedarfsweise durch eine saubere Schutzfolie 23 ersetzt werden. Eine mögliche Ausführungsform einer Schutzfolieneinheit 24 gemäß Fig. 6 besteht in der gezeigten Ausgestaltung aus einer ersten Rolle 20, auf der saubere Schutzfolie 23 aufgewickelt ist. Von dieser ersten Rolle 20 kann saubere Schutzfolie 23 abgewickelt werden und über einer Spiegelungseinheit 7 angeordnet werden. Es kann eine zweite Rolle 21 vorgesehen sein, auf der die verschmutzte Schutzfolie 23 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 7 ist in dieser Ausführungsform unterhalb der Oberfläche 8 angeordnet. Die abgewickelte Schutzfolie 23 ist dabei über der Spiegelungseinheit 7 angeordnet, um die Spiegelungseinheit 7 vor Verschmutzung oder Beschädigung zu schützen. Aus Stabilitätsgründen kann zwischen der Spiegelungseinheit 7 und der Schutzfolie 23 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 23 über der Spiegelungseinheit 7 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 11 erfassten Rückstrahls 14. Dann kann die Automatisierungseinheit die angetriebene Rolle 20, 21 automatisiert ansteuern, um die Schutzfolie 23 weiterzubewegen. Damit kann die verschmutzte Schutzfolie 23 oberhalb der Spiegelungseinheit 7 einfach und bedarfsweise durch eine unverschmutzte ausgetauscht werden. Das kann vorteilhaft sein, wenn die Spiegelungseinheit 7 generell hoher Verschmutzung ausgesetzt ist.

Patentansprüche

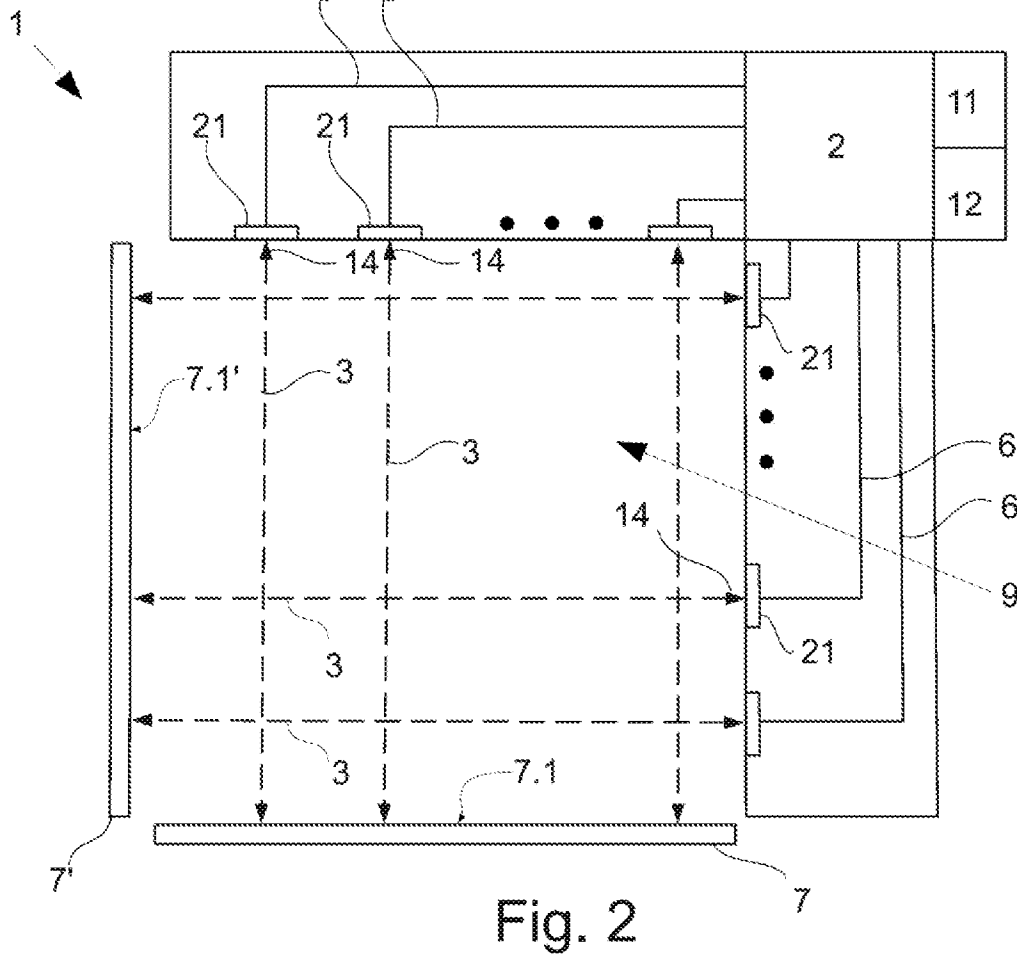
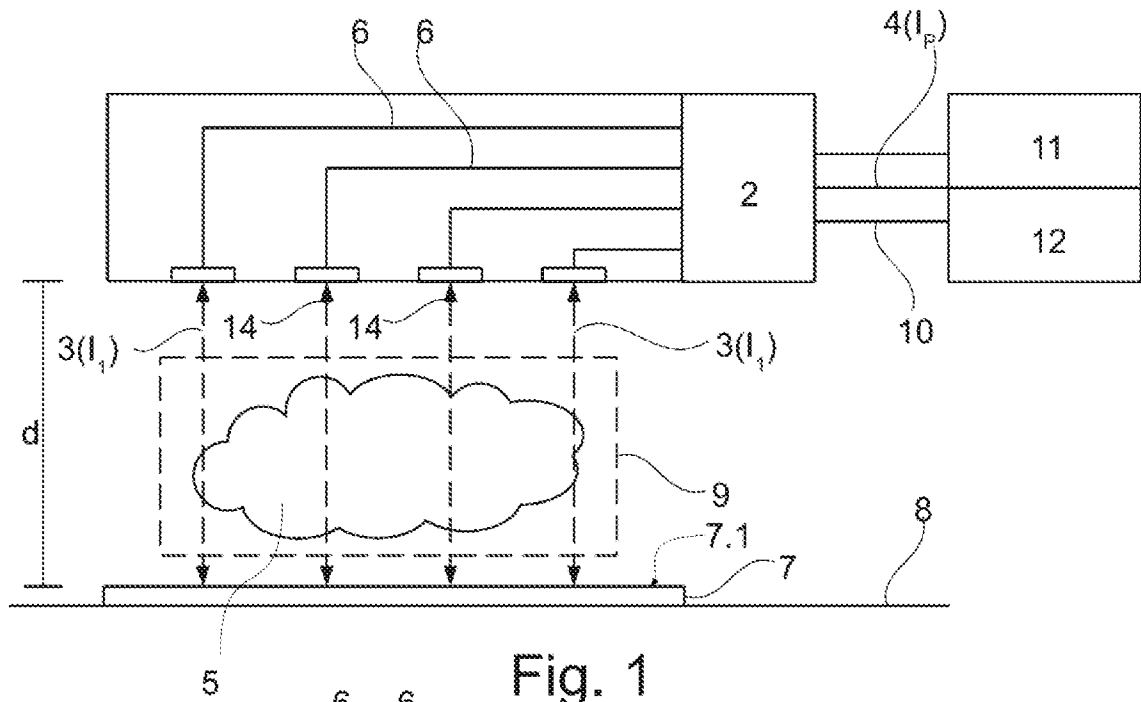
1. Messeinheit (1) an einer ortsfesten Oberfläche zur Messung zumindest eines gasförmigen oder festen Stoffes in zumindest einem Messvolumen (9), **dadurch gekennzeichnet**, dass in der Messeinheit (1) eine Multiplexereinheit (2) und eine Lichtquelle (12) vorgesehen sind, wobei die Lichtquelle (12) einen Primärlichtstrahl (4) erzeugt und an die Multiplexereinheit (2) sendet und die Multiplexereinheit (2) ein Gerät in Form einer elektro-optischen Schaltung ist und aus dem Primärlichtstrahl (4) eine Mehrzahl an ausgehenden Teilstrahlen (3) mit Teillichtintensität (I_1) erzeugt, dass die Multiplexereinheit (2) ausgebildet ist, die Teilstrahlen (3) jeweils über einen optischen Pfad (6) und eine Auskopplungseinheit (21) zu unterschiedlichen Stellen einer Spiegelungsebene (7.1) zumindest einer Spiegelungseinheit (7) abzustrahlen, wobei die Auskopplungseinheiten (21) beabstandet von der Spiegelungseinheit (7) angeordnet sind und das zumindest eine Messvolumen (9) zwischen den Auskopplungseinheiten (21) und der Spiegelungseinheit (7) angeordnet ist, dass die zumindest eine Spiegelungseinheit (7) vorgesehen ist, die Teilstrahlen (3) nach deren Durchtritt durch das Messvolumen (9) als Rückstrahlen (14) in Richtung des Messvolumens (9) zu reflektieren, dass zumindest ein Detektor (11) vorgesehen ist, der die Rückstrahlen (14) nach deren Durchtritt durch das Messvolumen (9) erfasst und dass der zumindest eine Detektor (11) vorgesehen ist, eine den zumindest einen gasförmigen oder festen Stoff charakterisierende Lichteigenschaft zumindest eines erfassten Rückstrahls (14) zu messen.
2. Messeinheit nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Teillichtintensität (I_1) jedes Teilstrahls (3) gleich einer Primärlichtintensität (I_p) des Primärlichtstrahls (4) ist oder eine Summe der Teillichtintensitäten (I_1) jedes Teilstrahls (3) gleich einer Primärlichtintensität (I_p) des Primärlichtstrahls (4) ist.
3. Messeinheit nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zumindest eine Spiegelungseinheit (7) zumindest zwei Teilstrahlen (3) der Mehrzahl an Teilstrahlen (3) als zumindest zwei Rückstrahlen (14) zu je einem Detektor (11) reflektiert.
4. Messeinheit nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zumindest eine Spiegelungseinheit (7) jeden Teilstrahl (3) als Rückstrahl (14) zu je einem Detektor (11) reflektiert.
5. Messeinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest zwei abgestrahlte Teilstrahlen (3) der Mehrzahl an Teilstrahlen (3) unterschiedliche Richtungen aufweisen und die zumindest zwei Teilstrahlen (3) unterschiedlicher Richtung zu jeweils einer Spiegelungseinheit (7, 7') mit einer Spiegelungsebene (7.1, 7.1') gerichtet sind, und die jeweilige Spiegelungseinheit (7, 7') den jeweils einfallenden Teilstrahl (3) als Rückstrahl (14) zu dem zumindest eine Detektor (11) reflektiert.
6. Messeinheit nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwei Gruppen von Teilstrahlen (3) vorgesehen sind und die Teilstrahlen (3) einer ersten Gruppe das Messvolumen (9) in einer unterschiedlichen Richtung durchdringen als die Teilstrahlen (3) einer zweiten Gruppe.
7. Messeinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest zwei optische Pfade (6) unterschiedliche optische Weglängen aufweisen und die über diese zumindest zwei optischen Pfade (6) laufenden Teilstrahlen (3) der Mehrzahl an Teilstrahlen (3) aufgrund der unterschiedlichen optischen Weglängen nach dem Durchtritt durch das Messvolumen (9), der Reflexion an der zumindest einen Spiegelungseinheit (7) und dem Durchtritt durch das Messvolumen (9) als Rückstrahlen (14) zeitlich versetzt (14) an dem zumindest einen Detektor (11) ankommen.
8. Messeinheit nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass alle optischen Pfade (6) unterschiedliche optischen Weglängen aufweisen.
9. Messeinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Messeinheit (1) ausgestaltet ist, zumindest einen Teilstrahl (3) in einem von einer Normalen auf

die Spiegelungsebene der zumindest einen Spiegelungseinheit (7) abweichenden Winkel abzustrahlen.

10. Messeinheit nach den Ansprüchen 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Multiplexereinheit (2) ausgebildet ist, eine Anzahl an Teilstrahlen (3) zu zumindest einer Umlenkeinheit (13) zu lenken, wobei die zumindest eine Umlenkeinheit (13) vorgesehen ist, die Anzahl an Teilstrahlen (3) in Richtung der zumindest einen Spiegelungseinheit (7) zu lenken und die Spiegelungseinheit (7) die Teilstrahlen (3) als Rückstrahlen (14) reflektiert.
11. Messeinheit nach den Ansprüchen 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Multiplexereinheit (2) um eine Achse schwenkbar ausgeführt ist, wobei die Achse normal auf die Spiegelungsebene (7.1) der zumindest einen Spiegelungseinheit (7) oder normal auf eine Oberfläche (8), an der die Messeinheit (1) angeordnet ist, verlaufend angeordnet ist.
12. Messeinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass in der Messeinheit (1) eine Modulationseinheit (27) vorgesehen ist, um den Primärstrahl (4) und/oder zumindest zwei Teilstrahlen (3) und/oder zumindest zwei Rückstrahlen (14) in einzelne Lichtpakete aufzuteilen.
13. Messeinheit nach den Ansprüchen 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass in der Messeinheit (1) zumindest eine Bildeinheit (29) vorgesehen ist, um bei Vorhandensein einer Abgaswolke (5) im Messvolumen (9) zumindest einen Teil der Abgaswolke (5) aus unterschiedlichen Richtungen aufzunehmen, wobei eine Auswerteeinheit (15) vorhanden ist, um die mit der Bildeinheit (29) aufgenommenen mehreren Abbildungen aus unterschiedlichen Richtungen zu einem Abbild des zumindest einen Teils der Abgaswolke (5) zu rekonstruieren und aus dem Abbild des zumindest einen Teils der Abgaswolke (5) eine Durchtrittsstrecke (x) zumindest eines Teilstrahls (3) der Mehrzahl an Teilstrahlen (3) und/oder des Rückstrahls (14) durch die Abgaswolke (5) im Messvolumen (9) zu bestimmen, wobei der zumindest eine Detektor (11), der den Rückstrahl (14) erfasst, eine Intensitätsabnahme des Rückstrahls (14) aufgrund des zumindest einen gasförmigen oder festen Stoffes erfasst und die Auswerteeinheit (15) vorgesehen ist, aus der Intensitätsabnahme und der ermittelten Durchtrittsstrecke (x) eine Konzentration (c) des zumindest einen gasförmigen oder festen Stoffes im Messvolumen (9) zu ermitteln.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Schutzfolie (23) austauschbar über der Spiegelungseinheit (7) angeordnet ist.
15. Verfahren zur Messung zumindest eines gasförmigen oder festen Stoffes mittels einer Messeinheit (1) an einer ortsfesten Oberfläche in zumindest einem Messvolumen (9), wobei ein von einer Lichtquelle (12) erzeugter Primärlichtstrahl (4) in einer Multiplexereinheit (2), welche ein Gerät in Form einer elektro-optischen Schaltung ist, in eine Mehrzahl an ausgehenden Teilstrahlen (3) mit Teillichtintensität (I_1) aufgeteilt wird, wobei die Teilstrahlen (3) über jeweils einen optischen Pfad (6) und eine Auskopplungseinheit (21) zu unterschiedlichen Stellen einer Spiegelungsebene (7.1) einer Spiegelungseinheit (7) abgestrahlt werden, und die Teilstrahlen (3) dabei das Messvolumen (9) durchdringen, welches zwischen den Auskopplungseinheiten (21) und der Spiegelungseinheit (7) ausgebildet ist, wobei die Teilstrahlen (3) an der Spiegelungseinheit (7) als Rückstrahlen (14) reflektiert werden und die Rückstrahlen (14) dabei das Messvolumen (9) ein zweites Mal durchdringen und wobei die Rückstrahlen (14) mit zumindest einem Detektor (11) erfasst werden und mit dem zumindest einen Detektor (11) eine den gasförmigen oder festen Stoff charakterisierende Lichteigenschaft zumindest eines erfassten Rückstrahls (14) gemessen wird.

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen

1/3



2/3

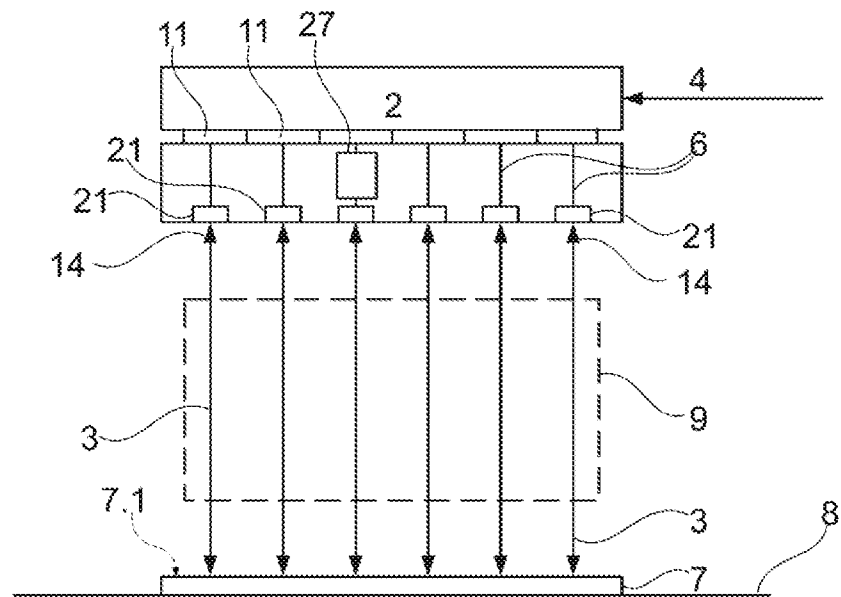


Fig. 3

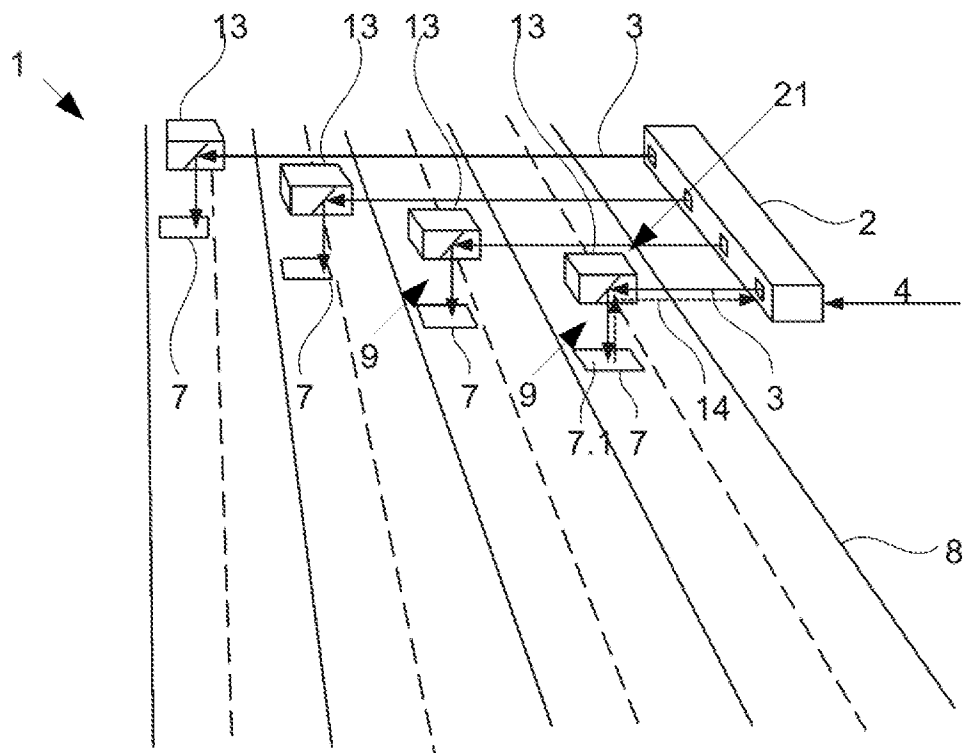


Fig. 4

3/3

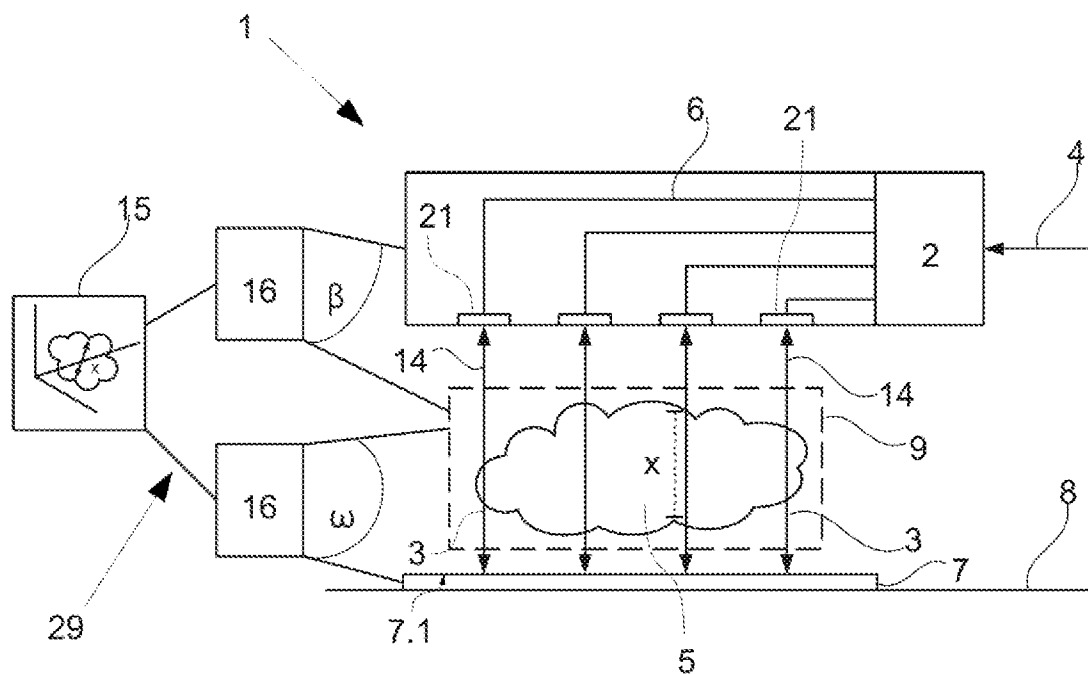


Fig. 5

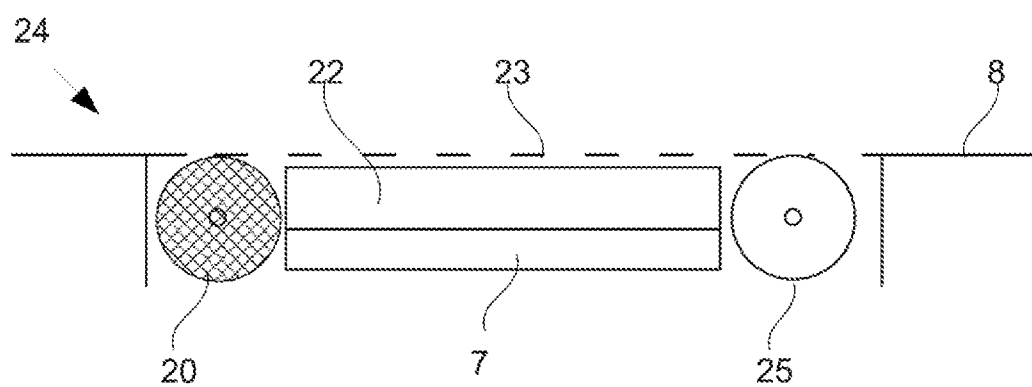


Fig. 6