

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50908/2014
(22) Anmeldetag: 15.12.2014
(45) Veröffentlicht am: 15.03.2023

(51) Int. Cl.: **G01C 15/02** (2006.01)
G06K 19/06 (2006.01)
G01C 11/00 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
EP 1186860 A1
EP 1065628 A1
WO 9952094 A1
WO 2007030026 A1
WO 2013060556 A1

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

(72) Erfinder:
Priller Peter Dipl.Ing.
8111 Judendorf-Sträßengel (AT)
Pichler Markus Dr.
4532 Kematen an der Krems (AT)
Berger Achim Dipl.Ing.
3340 Waidhofen an der Ybbs (AT)

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

(54) Verfahren und Vorrichtung zur räumlichen Lokalisierung einer Anzahl an Messpunkten

(57) Verfahren und Vorrichtung zur räumlichen Lokalisierung einer Anzahl (g) an Messpunkten, wobei jeder Messpunkt eine individuell ansteuerbare Licht emittierende Einheit (L_h) aufweist. Eine Steuereinheit (9) ist vorgesehen, welche ausgebildet ist, um eine Abfolge an Leuchtmustern (M_n) mit einer ersten Anzahl $a(n)$ an aktivierten Licht emittierenden Einheiten (L_h) und einer zweiten Anzahl $b(n)$ an nicht aktivierten Licht emittierenden Einheiten (L_h) einzustellen. Die Vorrichtung weist zumindest eine Kamera (3,4) zur Aufnahme jedes Leuchtmusters (M_n) aus zumindest zwei unterschiedlichen Kamerapositionen (K_i) und eine Auswerteeinheit (6) auf, die ausgebildet ist, um Bildkoordinaten (u,v) von Licht emittierenden Einheiten (L_h) aus den Aufnahmen für jede Kameraposition (K_i) zu ermitteln und aus den ermittelten Bildkoordinaten Raumkoordinaten (x,y,z) der Licht emittierenden Einheiten (L_h) zu berechnen.

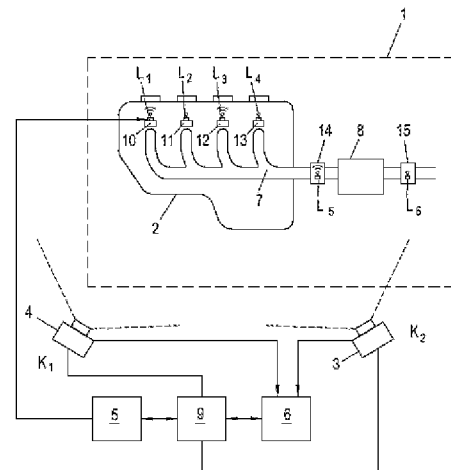


Fig. 3

Beschreibung

VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR RÄUMLICHEN LOKALISIERUNG EINER ANZAHL AN MESSPUNKTEN

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur räumlichen Lokalisierung einer Anzahl an Messpunkten die zumindest teilweise auf Sensoren angeordnet werden.

[0002] Eine exakte räumliche Lokalisierung von Messpunkten ist beispielsweise bei der Parametrisierung von Sensoren erforderlich, die auf einem Prüfling, beispielsweise einem Verbrennungsmotor, Antriebsstrang, Fahrzeug etc., in einem Prüfstand angeordnet sind. In solchen Prüfständen werden in der Regel eine Fülle von Sensoren verbaut, um die für die aktuelle Prüfaufgabe notwendigen Daten erfassen zu können. Die Sensoren werden dazu an bestimmten Stellen des Prüflings angebracht und müssen vor einer Messung parametrisiert werden, um eine korrekte Messung sicherzustellen. Die Parametrisierung umfasst dabei die Zuordnung der Sensorart zum Sensor, also die Zuordnung des Sensors zu dessen gemessenen physikalischen Größe, und die Bestimmung der Position des Sensors am Prüfling, also die Messstelle, z.B. Öldruck Zylinderkopf links, oder Abgastemperatur vor Katalysator. Weiters kann die Parametrisierung auch die Zuordnung des Sensortyps umfassen, z.B. Drucksensor Typ xyz oder Temperatursensor Typ xyz, um es dem Messsystem zu ermöglichen, die entsprechenden Übertragungsfunktion des Sensors anzuwenden und damit aus dem Messwert auf den am Sensor anliegenden physikalischen Wert rückschließen zu können. Ebenso kann die Parametrisierung die Zuordnung der Sensor-Seriennummer oder einer Sensor-Identifikation oder notwendiger Kalibrierdaten umfassen. Diese Daten sind meistens in der Prüfstands Umgebung, z.B. am Prüfstandsrechner oder im Automatisierungssystem, abgelegt. Die Parametrisierung erfolgt dabei manuell, d.h. dass ein Prüfstandsingenieur die Parametrisierung der verschiedenen Sensoren einzeln vornehmen muss, also die erforderliche Information zuordnen muss, was aufgrund der Vielzahl von Sensoren und der Fülle von zuzuordnender Information eine aufwendige und fehleranfällige Aufgabe ist.

[0003] Aus der WO 2013/060556 A1 ist ein Verfahren zum Parametrisieren eines Sensors, der auf einem Prüfling in einem Prüfstand angebracht ist, bekannt, bei dem für die Zwecke der Parametrisierung die Position des Sensors im Raum automatisch ermittelt wird. Für die Positionsermittlung sind in der WO 2013/060556 A1 unter anderem Methoden der digitalen Bilderkennung offenbart, wobei die Sensoren mit geeigneten Bildmarken versehen sind, die über die Bilderkennung ausgewertet werden können.

[0004] EP 1186860 A1 offenbart ein System zur Identifizierung von Messpunkten, die jeweils mit mehreren Leuchtpunkten unterschiedlicher Größe bzw. Intensität versehen sind. Die Leuchtpunkte eines Messpunkts werden immer gemeinsam gemäß dem zugeordneten Muster aktiviert, wodurch mehrere Messpunkte mit jeweils unterschiedlichen Mustern voneinander unterschieden werden können.

[0005] EP 1 065 628 A1 offenbart ein Verfahren zur dreidimensionalen optischen Vermessung von Objektoberflächen, bei dem Muster auf die Objektoberfläche projiziert und die Objektkoordinaten unter Anwendung einer Ähnlichkeitsanalyse der Grauwertverläufe in den von mindestens zwei Matrixkameras aufgenommenen Bildern der Objektoberfläche bestimmt werden.

[0006] WO99/52094 offenbart ein optisches Messinstrument zur Bestimmung der Position eines Objekts im Raum. Dazu werden LEDs als optische Positionsindikatoren auf dem Objekt angeordnet, der Reihe nach aktiviert und von einem Kamerasystem aufgenommen und zur Positionsbestimmung ausgewertet. Die Aktivierung der LEDs erfolgt koordiniert mit der Kameraaufnahmefrequenz, wobei jeweils genau eine LED pro Bildaufnahme der Kamera aktiviert ist.

[0007] In der Praxis verläuft eine solche Bilderkennung jedoch nicht immer fehlerfrei. Insbesondere in Prüfstands Umgebungen kann die enge räumliche Anordnung der Messpunkte und die teilweise stark reflektierenden Oberflächen (z.B. eines Motors am Prüfstand) zu Fehlmessungen führen.

[0008] Die WO 2005/055438 A2 offenbart ein System zur Verfolgung von Anlagegegenständen, die mit optische Lichtsignale aussendenden Markierungen versehen sind. Die von einer Überwachungskamera aufgenommenen Bilder werden ausgewertet, und es wird die Position eines Anlagegegenstandes anhand des codierten Lichtsignals, das von der Markierung ausgesendet wird, ermittelt. Dabei wird das Vorhandensein eines bestimmten Anlagegegenstandes im Kamerabereich ermittelt und der Gegenstand identifiziert. Für eine genaue Bestimmung der exakten räumlichen Position oder der räumlichen Ausrichtung dieses Anlagegegenstandes ist dieses System jedoch nicht geeignet. Auch für eine gleichzeitige Auswertung zahlreicher parallel ausgesandter Lichtsignale erscheint dieses System nicht gut geeignet zu sein, insbesondere wenn Störquellen, wie etwa reflektierende Oberflächen berücksichtigt werden müssen.

[0009] Die WO 2007/030026 A1 identifiziert die Position eines Handgeräts im Raum, wobei im Raum angeordnete Lichtquellen von einer am Handgerät angebrachten Kamera erfasst werden.

[0010] Es ist ein Ziel der gegenständlichen Erfindung, die Lokalisierung einer Vielzahl von Messpunkten auch in einer engen Umgebung mit stark reflektierenden Objekten mittels einer Auswertung der von einer oder mehreren Kameras aufgenommenen Bilder zu verbessern.

[0011] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch ein Verfahren der eingangs genannten Art gelöst, welches die folgenden Schritte aufweist: Anordnen zumindest einer individuell ansteuerbaren lichtemittierenden Einheit an jedem Messpunkt; Ausführen einer Abfolge von Teilmessungen, jeweils umfassend: Einstellen eines Leuchtmusters mit einer Anzahl an mehreren aktivierten lichtemittierenden Einheiten und einer Anzahl an mehreren nicht aktivierten lichtemittierenden Einheiten, und Erstellen von Aufnahmen mit zumindest einer Kamera aus zumindest zwei unterschiedlichen Kamerapositionen für jedes Leuchtmuster, wobei jede lichtemittierende Einheit in der Abfolge der Teilmessungen mehr als ein Mal aktiviert wird und wobei sich für jede lichtemittierende Einheit eine Signalabfolge aktivierter und deaktivierter Zustände ergibt, die jede lichtemittierende Einheit eindeutig identifiziert; Ermitteln der Bildkoordinaten lichtemittierender Einheiten aus den Aufnahmen für jede Kameraposition; und Berechnen von Raumkoordinaten von lichtemittierenden Einheiten aus den ermittelten Bildkoordinaten.

[0012] Dank der Erfindung ist es möglich, die Anzahl der aufzunehmenden und zu verarbeitenden Bilder zu minimieren und es ist gleichzeitig sichergestellt, dass jeder Messpunkt auf mehreren Bildern aufscheinen kann, wodurch Bildfehler (z.B. Reflektionen) eliminiert werden können. Die lichtemittierenden Einheiten können dabei im sichtbaren oder im unsichtbaren (z.B. infraroten) Lichtspektrum emittieren.

[0013] In vorteilhafter Weise kann jede lichtemittierende Einheit in der Abfolge der m Teilmessungen mehr als ein Mal, vorzugsweise $m/2$ Mal, aktiviert werden. Dies erhöht die Erkennungsgenauigkeit.

[0014] In einer vorteilhaften Ausführungsform ist die Anzahl an aktivierten lichtemittierenden Einheiten bei jedem Leuchtmuster konstant, wobei vorzugsweise bei jedem Leuchtmuster die Anzahl an aktivierten lichtemittierenden Einheiten der Hälfte der Anzahl an lichtemittierenden Einheiten entspricht. Dies erlaubt die Anwendung von Fehlererkennungsalgorithmen und erhöht dadurch die Genauigkeit der Positionsbestimmung.

[0015] Ein Teil der lichtemittierenden Einheiten kann in einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform als Referenzeinheiten mit bekannten Raumkoordinaten vorgesehen werden, wobei Kamerapositionen aus den Bildkoordinaten der Referenzeinheiten berechnet werden. Es ist daher nicht erforderlich, die Kamera an einer vorgegebenen Position exakt zu positionieren. Da die Kameraposition und deren Ausrichtung bei jeder Aufnahme ermittelt werden können, ist es auch nicht erforderlich, dass die Kamerapositionen bei den unterschiedlichen Teilmessungen übereinstimmen müssen. Daher sind geringe Anforderungen an die Positionierungsgenauigkeit der verwendeten Kameras gestellt. Es kann auch eine einfache Handkamera verwendet werden, die von einem Benutzer während der Messung von Hand geführt werden kann.

[0016] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform kann aus einer Bildkoordinate einer lichtemittierenden Einheit für eine Kameraposition ein Sichtstrahl im Koordinatensystem der Kame-

raposition ermittelt werden. Durch Schneiden von Sichtstrahlen für eine lichtemittierende Einheit von zumindest zwei Kamerapositionen aus, können die Raumkoordinaten der lichtemittierenden Einheit einfach errechnet werden. Weiters erlaubt der Sichtstrahl das Erkennen von Fehlmessungen.

[0017] Um auch eine exakte Berechnung von lichtemittierenden Einheiten zu ermöglichen, die im Randbereich von Kameraaufnahmen liegen, kann in einer vorteilhaften Ausführungsform eine optische Bildverzerrung der Kameras ausgeglichen werden.

[0018] Indem in vorteilhafter Weise eine farbliche Kodierung von lichtemittierenden Einheiten ausgewertet wird, kann die Unterscheidbarkeit der lichtemittierenden Einheiten verbessert und dadurch die Anzahl an detektierbaren Leuchtpunkten erhöht werden. Farbliche Kodierung bedeutet hier entweder, dass eine lichtemittierende Einheit in verschiedenen Farben leuchten kann oder in verschiedenen Farben leuchtende lichtemittierende Einheiten zum Einsatz kommen.

[0019] In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung befinden sich die Messpunkte zumindest teilweise auf Sensoren, wobei vorzugsweise die Messpunkte den Positionen der Sensoren im Raum entsprechen. In einer Variante der Erfindung sind die Sensoren zumindest teilweise auf einem Prüfling in einem Prüfstand angeordnet. Dabei kann es sich um einen beliebigen Prüfstand der eingangs beschriebenen Art handeln. Dies erleichtert die Sensorparametrisierung vor Prüfläufen und ermöglicht eine Automatisierung der Parametrisierung.

[0020] In vorteilhafter Weise wird neben der Position auch die räumliche Ausrichtung der Sensoren berechnet. Zu diesem Zweck können beispielsweise mehrere lichtemittierende Einheiten, gegebenenfalls farblich kodiert, einem einzigen Sensor zugeordnet sein. Durch die Auswertung der relativen und absoluten Positionen dieser lichtemittierenden Einheiten kann die räumliche Ausrichtung errechnet werden.

[0021] Die erfindungsgemäßen Ziele werden weiters durch ein eingangs genannte erfindungsgemäße Vorrichtung erreicht, bei der jeder Messpunkt eine individuell ansteuerbare lichtemittierende Einheit aufweist, wobei eine Steuereinheit vorgesehen ist, welche ausgebildet ist, um eine Abfolge an Leuchtmustern mit einer ersten Anzahl an mehreren aktivierten lichtemittierenden Einheiten und einer zweiten Anzahl an mehreren nicht aktivierten lichtemittierenden Einheiten einzustellen, wobei jede lichtemittierende Einheit in der Abfolge der m Teilmessungen mehr als ein Mal aktiviert wird, wobei sich für jede lichtemittierende Einheit eine Signalabfolge aktivierter und deaktivierter Zustände ergibt, die jede lichtemittierende Einheit eindeutig identifiziert, wobei die Vorrichtung zumindest eine Kamera zur Aufnahme jedes Leuchtmusters aus zumindest zwei unterschiedlichen Kamerapositionen aufweist, und wobei die Vorrichtung weiters eine Auswerteeinheit aufweist, die ausgebildet ist, um Bildkoordinaten von lichtemittierenden Einheiten aus den Aufnahmen für jede Kameraposition zu ermitteln und aus den ermittelten Bildkoordinaten Raumkoordinaten der lichtemittierenden Einheiten zu berechnen.

[0022] In vorteilhafter Weise können die lichtemittierenden Einheiten zumindest teilweise LEDs aufweisen. Diese weisen ein definiertes, gut auswertbares und wählbares Farbspektrum auf und erleichtern dadurch die Erkennung.

[0023] In vorteilhafter Weise kann die Vorrichtung einen optischen und/oder elektronischen Lichtfilter für die Aufnahmen aufweisen, wodurch Störlichteinflüsse verringert werden.

[0024] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform können lichtemittierende Einheiten zumindest teilweise an einem Sensor auf einem Prüfling in einem Prüfstand angeordnet sein, wobei die Messpunkte den Positionen der Sensoren im Raum entsprechen. Dadurch kann die Vorrichtung bei der Parametrisierung von Prüfständen eingesetzt werden.

[0025] Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung können an einem Sensor mehrere lichtemittierende Einheiten angeordnet sein. Einerseits kann dadurch der Sensor aus mehreren unterschiedlichen Richtungen erkannt werden, andererseits kann durch Auswertung der mehreren lichtemittierenden Einheiten die räumliche Ausrichtung des Sensors ermittelt werden.

[0026] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform kann zumindest eine Kamera eine von

Hand geführte Kamera sein. Die Verwendung der Vorrichtung lässt sich dadurch für den Benutzer besonders einfach gestalten, beispielsweise kann der Benutzer den Prüfstand zur Parametrisierung einfach von mehreren Seiten aus aufnehmen (etwa indem er mit der Handkamera um den Prüfstand herum geht und diesen aufnimmt), während die Steuereinheit die Leuchtmuster ablaufen lässt. Die Auswerteeinheit ermittelt dann für die Aufnahmen die jeweils zugeordnete Kameraposition (zum Beispiel unter Verwendung von Referenzeinheiten) und weist die Steuereinheit an, falls weitere Messungen erforderlich sind. Gegebenenfalls können auch Steueranweisungen und/oder Warnungen an den Benutzer ausgegeben werden. Zum Beispiel könnten dem Benutzer an einem Display der Kamera Steuersymbole, z.B. Richtungspfeile, angezeigt werden, in die er die Kamera bewegen, drehen und/oder schwenken soll. Die Steuereinheit kann dabei die Abfolge an Leuchtmustern so lange wiederholen, bis der Auswerteeinheit genügend Aufnahmen zur Verfügung stehen, um alle Positionen exakt zu ermitteln.

[0027] Die gegenständliche Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figuren 1 bis 3 näher erläutert, die beispielhaft, schematisch und nicht einschränkend vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung zeigen. Dabei zeigt

[0028] Fig. 1 eine schematische Darstellung mehrerer im Raum angeordneter lichtemittierender Einheiten, die von zwei Kamerapositionen erfasst werden,

[0029] Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Aufnahme von der ersten Kameraposition K_1 aus, und

[0030] Fig. 3 eine schematische Darstellung einer Prüfstandsordnung, deren Sensoren mithilfe der erfindungsgemäßen Vorrichtung für die Parametrisierung räumlich erfasst werden.

[0031] Fig. 1 zeigt eine Konfiguration, bei der eine Anzahl $g=6$ von lichtemittierenden Einheiten L_h ($h=1, \dots, g$) an Messpunkten im Raum verteilt angeordnet sind, wobei deren Position mithilfe von zwei Kameras 3, 4 ermittelt wird. Die lichtemittierenden Einheiten L_h emittieren dabei entweder im sichtbaren oder im unsichtbaren Lichtspektrum. Auch Kombinationen, also Einheiten mit jeweils unterschiedlichem Spektrum, sind möglich. Die erste Kamera 3 ist an einer ersten Kameraposition K_1 angeordnet und die zweite Kamera 4 ist an einer zweiten Kameraposition K_2 angeordnet. Jedem Punkt im Raum sind Raumkoordinaten x, y, z eines raumfesten Koordinatensystems zugeordnet. Der Übersichtlichkeit halber sind in Fig. 1 nur die Raumkoordinaten x_{K1}, y_{K1}, z_{K1} der ersten Kameraposition K_1 , die Raumkoordinaten x_{L1}, y_{L1}, z_{L1} der ersten lichtemittierenden Einheit L_1 und die Raumkoordinaten x_{L5}, y_{L5}, z_{L5} der fünften lichtemittierenden Einheit L_5 beispielhaft dargestellt. Auch die Ausrichtung der Kameras 3, 4 und der lichtemittierenden Einheiten L_h können im gleichen Koordinatensystem eindeutig definiert werden. Ausrichtung der Kameras 3, 4 bedeutet hierbei im Wesentlichen die Aufnahmerichtung bzw. das erfasste Blickfeld der Kameras 3, 4.

[0032] Die lichtemittierenden Einheiten L_h können herkömmliche LEDs sein, die über eine gemeinsame Steuereinheit 5 (siehe Fig. 3) individuell ansteuerbar sind, so dass sie selektiv aktiviert und deaktiviert werden können, wodurch sich jeweils ein Leuchtmuster M_n ergibt. Jede einzelne lichtemittierende Einheit L_h kann also für sich genommen unabhängig von den anderen Einheiten aktiviert und deaktiviert werden. Aktivieren bedeutet hier, dass die lichtemittierende Einheit ein Lichtsignal aussendet, wohingegen Deaktivieren bedeutet, dass die lichtemittierende Einheit kein Lichtsignal aussendet. In Fig. 1 sind die lichtemittierende Einheiten L_1, L_4 und L_5 gerade aktiviert, und die lichtemittierende Einheiten L_2, L_3 und L_6 sind deaktiviert.

[0033] In Fig. 2 ist eine Aufnahme der in Fig. 1 dargestellten Konfiguration aus der Sicht der an der Kameraposition K_1 angeordneten Kamera 3 dargestellt. Jeder lichtemittierenden Einheit L_h kann in der Aufnahme eine Bildkoordinate u, v in der zweidimensionalen Bildebene der Kamera 3 zugeordnet werden, wobei in Fig. 2 aus Gründen der Übersichtlichkeit nur die Bildkoordinaten u_{L1}, v_{L1} der ersten lichtemittierenden Einheit L_1 dargestellt ist. Aufgrund bekannter Eigenschaften der Kamera 3, 4 ist die Position deren zweidimensionalen Bildebene im Raum bekannt. Gegebenenfalls können optische Bildverzerrungen, die von der Linsenoptik der Kamera hervorgerufen werden, korrigiert werden, um insbesondere im Randbereich der Aufnahme fehlerhafte Messer-

gebnisse zu vermeiden. Entsprechende Korrekturfunktionen sind im Fachbereich bekannt.

[0034] Durch Auswertung der Aufnahme kann bei bekannter Kameraposition K_1 für jede aktivierte lichtemittierende Einheit L_1, L_4, L_5 ein in Raumkoordinaten definierter Sichtstrahl errechnet werden, der ausgehend von der Kameraposition (bzw. der Position des Abbilds der lichtemittierenden Einheit auf der Bildebene der Kamera) durch die jeweilige lichtemittierende Einheit L_1, L_4, L_5 verläuft. Da die Auswertung auf Basis des von den lichtemittierenden Einheiten L_h abgegebenen Lichtsignals erfolgt, werden die nicht aktivierten lichtemittierenden Einheiten L_2, L_3, L_6 nicht berücksichtigt. In Fig. 1 sind die zwei Sichtstrahlen, die von den beiden Kamerapositionen K_1 und K_2 durch die lichtemittierende Einheit L_1 verlaufen, als Strich-Punkt-Linien dargestellt. Zur Ermittlung der exakten Position der lichtemittierenden Einheiten L_h werden für jedes Leuchtmuster die jeweiligen Schnittpunkte der Sichtstrahlen beispielsweise unter Verwendung von Triangulationsverfahren berechnet, wie dies weiter unten detaillierter beschrieben wird.

[0035] Zur Bestimmung der Position aller lichtemittierenden Einheiten L_h wird nun eine Abfolge an m unterschiedlichen Leuchtmustern M_n eingestellt, wobei jedes der m Leuchtmuster M_n von beiden Kamerapositionen K_1, K_2 aus aufgenommen wird. Es ist bevorzugt, dass die Anzahl $a(n)$ an aktivierten lichtemittierenden Einheiten und die Anzahl $b(n)$ an nicht aktivierten lichtemittierenden Einheiten für jede Teilmessung n konstant sind, sodass bei jeder Teilmessung immer die gleiche Anzahl an lichtemittierenden Einheiten aktiviert ist. Bei einer geraden Anzahl an lichtemittierenden Einheiten kann vorzugsweise jeweils genau die Hälfte der lichtemittierenden Einheiten aktiviert und die andere Hälfte deaktiviert sein, sodass gilt $a(n)=b(n)=g/2$ für alle n .

[0036] Für jede lichtemittierende Einheit L_h ergibt sich für die Abfolge der m Teilmessungen eine Signalabfolge A_c aktivierter und deaktivierter Zustände. Die Anzahl an möglichen Signalabfolgen A_c für die lichtemittierenden Einheiten L_h (d.h. der Coderaum C) errechnet sich aus der Anzahl m der Teilmessungen und der (konstanten) Anzahl a der bei jeder Teilmessung aktivierten lichtemittierenden Einheiten gemäß der Formel für den Binomialkoeffizient:

$$C = (m!) / (a! * (m-a)!).$$

[0037] Spezifischer ergibt sich bei m Messungen, bei denen jeweils genau die Hälfte (also $g/2$) der lichtemittierenden Einheiten eingeschaltet sind (unter der Annahme, dass m eine gerade Zahl ist), der Coderaum C gemäß der Formel:

$$C = (m!) / (((g/2)!)^2).$$

[0038] Für die dargestellte beispielhaften Konfiguration, bei der die Anzahl an Teilmessungen $m=6$ ist, ergibt sich mit $a=g/2=3$ ein Coderaum C von 20 möglichen Signalabfolgen A_c . Auf die gleiche Weise ergibt sich für 16 Teilmessungen ein Coderaum C von 12870 möglichen Signalabfolgen A_c . Die Auswahl der Signalabfolgen, die für jede lichtemittierende Einheit L_h gewählt wird, kann jedoch nicht beliebig erfolgen, sondern es muss jede der lichtemittierenden Einheiten L_h im Zuge der m Teilmessungen mindestens ein Mal aktiviert werden, und vorzugsweise wird jede lichtemittierende Einheit mehr als ein Mal aktiviert. Bei einer geraden Anzahl g an lichtemittierenden Einheiten ist es bevorzugt, dass jede lichtemittierende Einheit genau bei der Hälfte der Teilmessungen bzw. der Leuchtmuster M_n aktiviert ist.

[0039] In Tabelle 1 sind die möglichen Signalabfolgen A_c für $m=6$ Teilmessungen und eine beispielhafte Auswahl von Signalabfolgen für sechs lichtemittierende Einheiten L_h dargestellt. Der Coderaum C für eine Signalabfolge A_c von sechs Teilmessungen umfasst 20 unterschiedliche Signalabfolgen A_c . Jeder lichtemittierenden Einheit ist eine bestimmte Signalabfolge zugeordnet, wobei die Auswahl so erfolgt, dass bei jeder Teilmessung die Hälfte der lichtemittierenden Einheiten L_h aktiviert, und die andere Hälfte der lichtemittierenden Einheiten L_h deaktiviert sind.

[0040] Tabelle 1

		L ₁			L ₂			L ₃			L ₄			L ₅			L ₆			
n \ c	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	A ₈	A ₉	A ₁₀	A ₁₁	A ₁₂	A ₁₃	A ₁₄	A ₁₅	A ₁₆	A ₁₇	A ₁₈	A ₁₉	A ₂₀
M ₁	x	x	x	x	x	X	x	x	X	x										
M ₂	x	x	x	x							x	x	x	x	x	x				
M ₃	x				x	X	x				x	x	x				x	x	x	
M ₄		x			x			x	X		x			x	x		x	x		x
M ₅			x			X		x		x		x		x		x	x		x	x
M ₆				x			x		X	x			x		x	x		x	x	x

[0041] Für die einzelnen Leuchtmuster M_n ergibt sich gemäß der in Tabelle 1 getroffenen Auswahl die folgende Abfolge in binärer Darstellung:

M₁= 111000
 M₂= 100110
 M₃= 010101
 M₄= 001110
 M₅= 110001
 M₆= 001011

[0042] Das Leuchtmuster M₂ entspricht dabei beispielsweise der in Fig. 1 und 2 dargestellten Situation und ist in Tabelle 1 hervorgehoben dargestellt.

[0043] Dementsprechend lassen sich die Signalabfolgen A_c für die lichtemittierenden Einheiten L₁ bis L₆ wie folgt darstellen:

Signalabfolge von L₁ = A₃ = 110010
 Signalabfolge von L₂ = A₆ = 101010
 Signalabfolge von L₃ = A₉ = 100101
 Signalabfolge von L₄ = A₁₁ = 011100
 Signalabfolge von L₅ = A₁₅ = 010101
 Signalabfolge von L₆ = A₁₉ = 001011

[0044] Der Coderaum C bestimmt die maximale Anzahl an lichtemittierenden Einheiten, die mit einer bestimmten Anzahl m an Leuchtmustern M_n unterschieden werden können.

[0045] Auch wenn in dem obigen Beispiel sechs lichtemittierenden Einheiten L₁ bis L₆ sechs unterschiedliche Leuchtmuster M₁ bis M₆ gegenübergestellt sind, ist es nicht erforderlich, dass die Anzahl der lichtemittierenden Einheiten mit der Anzahl der Leuchtmuster übereinstimmt. Es ist lediglich Voraussetzung, dass die Anzahl der lichtemittierenden Einheiten nicht größer ist als die Anzahl der möglichen Signalabfolgen. In dem obigen Beispiel können also maximal 20 unterschiedliche Messpunkte mit lichtemittierenden Einheiten (bzw. Sensoren oder Elemente, die mit diesen lichtemittierenden Einheiten gekennzeichnet sind) eindeutig voneinander unterschieden werden.

[0046] Zur Positionsbestimmung werden die lichtemittierenden Einheiten L_n nacheinander auf jedes Leuchtmuster M_n (mit n=1 bis m) eingestellt und für jedes Leuchtmuster wird aus mehreren Kamerapositionen K_t (mit t=1 bis s und s>1) zumindest eine Aufnahme erstellt. Dazu können entweder mehrere Kameras mit jeweils bekannten Raumkoordinaten fix installiert sein, es ist jedoch auch möglich, mit einer einzigen Kamera mehrere Aufnahmen aus unterschiedlichen Positionen K_t zu machen. Dabei ist es nicht zwingend erforderlich, dass die Kamerapositionen K_t bei allen Teilmessungen identisch sein müssen, solange die Raumkoordinaten jeder Kameraposition K_t für jede Aufnahme bekannt sind. Zu diesem Zweck können bestimmte lichtemittierende Einheiten L_n mit bekannten Raumkoordinaten vorgesehen sein, die als Referenzeinheiten dienen. Diese Referenzeinheiten können beispielsweise das Raumkoordinatensystem definieren, wobei

im Prinzip 6 lichtemittierende Einheiten L_n , die beispielsweise auf den Seitenflächen eines Würfels angeordnet sein können, als Referenzeinheiten ausreichen, um die Raumkoordinaten der Kamera in jeder Kameraposition K_i aus der jeweiligen Aufnahme exakt zu ermitteln.

[0047] Es können auch mehr als 6 Referenzeinheiten vorgesehen sein, um sicherzustellen, dass eine Bestimmung der jeweiligen Kameraposition K_i von allen Lagen aus möglich ist. Durch eine passende Anordnung von Referenzeinheiten kann beispielsweise eine Handkamera für die Positionsbestimmung verwendet werden, wobei ein Benutzer die Anordnung mit der Handkamera mit verändernder Position filmt, während die Leuchtmuster M_n nacheinander eingestellt werden. Sollten nach Durchlauf aller Leuchtmuster M_n die Aufnahmen der Kamera nicht ausreichen, um die Positionen aller lichtemittierender Einheiten genau zu bestimmen, kann dies vom System erkannt, und die Sequenz der Leuchtmuster wiederholt werden. Das System kann den Benutzer automatisch informieren, sobald die Messung abgeschlossen ist. Gegebenenfalls können dem Benutzer auch Anweisungen zur gezielten Veränderung der Kameraposition gegeben werden, um die Positionsermittlung abschließen zu können.

[0048] Die im obigen Beispiel dargelegte Anzahl an Leuchtmustern, lichtemittierenden Einheiten, Kameras und Kamerapositionen dient lediglich der Erläuterung und es wurden aus Gründen der Übersichtlichkeit in dem Beispiel eher kleine Werte gewählt. Es liegt im Können eines Durchschnittsfachmanns, die Lehren der gegenständlichen Beschreibung auf zahlreiche andere Ausführungsformen umzulegen.

[0049] In einem praxisnäheren Beispiel könnten zum Beispiel mehrere rund um einen Prüfstand an unterschiedlichen Kamerapositionen fix angeordnete Kameras für die Messung verwendet werden (die Auswahl der Anzahl an Kameras und der Positionen erfolgt gemäß den räumlichen Begebenheiten). Wenn von jeder Kamera 16 Bilder zur Auswertung aufgenommen werden, während 16 Leuchtmuster nacheinander eingestellt werden, ist dadurch jedem Sensor eine individuelle, dem jeweiligen Leuchtmuster entsprechende Codesequenz mit 16 bit zugeordnet, über die jeder Sensor eindeutig identifiziert werden kann. Wenn bei jedem Leuchtmuster die Hälfte der LEDs der lichtemittierenden Einheiten ein- und die andere Hälfte der LEDs ausgeschaltet ist, beträgt der gesamte Coderaum 12.870 unterschiedliche Codesequenzen bzw. Leuchtmuster, es ist also theoretisch möglich, mit diesem beispielhaften System 12.870 individuelle Sensoren eindeutig voneinander zu unterscheiden.

[0050] In Fig. 3 ist ein praktisches Anwendungsbeispiel für die erfindungsgemäße Vorrichtung zur räumlichen Lokalisierung von Messpunkten dargestellt. Fig. 3 zeigt schematisch einen Prüfstand 1 mit einem Prüfling 2, wobei der Prüfling ein Verbrennungsmotor ist, dessen Abgas in einem Abgasstrang 7 mündet, der zu einem Katalysator 8 führt. Solche Prüfstandsarrangements sind hinlänglich bekannt, weshalb hier nicht auf die näheren Details dazu eingegangen wird. Neben einem Verbrennungsmotor kommen natürlich auch noch andere Prüflinge 2, wie z.B. ein Antriebsstrang, ein Getriebe, ein Fahrzeug, etc., in Frage. Am Prüfling 2 sind, wie in einem Prüfstand 1 üblich, eine Reihe von Sensoren 10,11,12,13,14,15 verbaut. Die Sensoren 10,11,12,13,14,15 liefern ihre Messwerte, über ein Kabel oder kabellos, an ein Automatisierungssystem 5, das den Prüfstand 1, den Prüfling 2 und den Prüflauf überwacht und steuert, sowie das Prüflaufergebnis auswertet. Für den Einsatz der Sensoren 10,11,12,13,14,15 müssen diese vorab parametrisiert werden, damit die Messwerte der Sensoren 10,11,12,13,14,15 in korrekte physikalische Größen umgesetzt werden können. Dem Automatisierungssystem 5 muss somit zumindest bekannt sein, von wo am Prüfling ein Messwert herrührt und was der dort befindliche Sensor 10,11,12,13,14,15 misst. Das muss dem Automatisierungssystem 5 vor dem Start des Prüflaufes bekannt gegeben werden.

[0051] Zu diesem Zweck ist jeder Sensor 10,11,12,13,14,15 mit einem Messpunkt und einer zugeordneten lichtemittierenden Einheit L_n versehen, wobei jede lichtemittierende Einheit L_n im Wesentlichen aus einer Schalteinheit mit einer darauf angeordneten LED besteht, die von der Schalteinheit aktiviert und deaktiviert wird. Die LEDs können auf dem Gehäuse, in dem sich die Schalteinheit der lichtemittierenden Einheit befindet, erhoben angeordnet sein, damit sie von einem möglichst großen Bereich rund um den Prüfstand aus eingesehen werden können. Die Schalt-

einheiten erhalten entweder kabelgebunden oder kabellos Schaltanweisungen von einer Steuereinheit 9, die mit dem Automatisierungssystem 5 und einer Auswerteeinheit 6 in Verbindung steht. Zwei Kameras 3, 4 sind an bestimmten Kamerapositionen K_1 , K_2 so angeordnet, dass sie den gesamten Bereich des Prüfstands 1, in dem sich Sensoren 10,11,12,13,14,15 befinden, mit ihrem jeweiligen Bildbereich abdecken. Sollte dies nicht möglich sein, können entweder zusätzliche Kameras an weiteren Kamerapositionen K_t installiert werden. Andererseits können auch mobile Kameras verwendet werden, wie dies oben beschrieben ist.

[0052] Die Steuereinheit 9 steuert die Leuchtmuster M_n bzw. die jeweiligen Signalabfolgen A_c der einzelnen lichtemittierenden Einheiten L_n , und koordiniert die Leuchtmuster mit den Aufnahmen, die von den Kameras 3,4 aufgezeichnet werden. Die von den Kameras 3,4 aufgezeichneten Aufnahmen werden in der Auswerteeinheit 6 (die gegebenenfalls in die Steuereinheit integriert sein kann) ausgewertet, wobei jedem Messpunkt von der Auswerteeinheit 6 eine entsprechende Raumkoordinate zugeordnet wird.

[0053] Die Kameras 3, 4 können mit einem für die Lichtfrequenz der lichtemittierenden Einheiten L_n spezifischen Filter versehen sein, um Störlicht herauszufiltern. Sollten dennoch Fehlmessungen auftreten, zum Beispiel aufgrund von Spiegelungen an Oberflächen aus Metall, Glas oder Keramik, können diese von der Auswerteeinheit 6 erkannt und korrigiert bzw. verworfen werden. Dabei erkennt die Auswerteeinheit 6, wenn die Anzahl der ermittelten aktivierten lichtemittierenden Einheiten nicht mit dem jeweiligen Leuchtmuster M_n übereinstimmt, oder wenn ein für eine lichtemittierende Einheit für eine erste Kameraposition K_1 ermittelter Sichtstrahl sich nicht mit den Sichtstrahlen schneiden, die für dieselbe lichtemittierende Einheit von einer anderen Kameraposition aus ermittelt wird. Sollte bei der Positionsbestimmung kein eindeutiges Ergebnis ermittelt werden können, kann die Steuereinheit 9 die Messesequenz wiederholen und/oder eine Fehlermeldung ausgeben und/oder vom Benutzer weitere Kamerapositionen fordern, bzw. eine Kameraposition selbstständig verändern, sofern Mittel dazu vorgesehen sind.

[0054] Es ist vorteilhaft, wenn sich der Bildhintergrund während einer Messesequenz möglichst nicht ändert, weshalb es auch von Vorteil ist, wenn die Messesequenz möglichst schnell abgearbeitet wird, sodass sich nur geringe Änderungen, z.B. aufgrund einer sich während der Zeit ändernde Lichtsituation, ergeben.

[0055] In der in Fig. 3 dargestellten Ausführungsform ist jeder Sensor 10,11,12,13,14,15 mit genau einer lichtemittierenden Einheit L_n versehen, wobei die LED der lichtemittierenden Einheit den jeweiligen Messpunkt definiert. In alternativen Ausführungsformen kann es gewünscht sein, auch die räumliche Ausrichtung des Sensors messen zu können. Dazu könnten Sensoren, bei denen das erforderlich ist, mit mehreren lichtemittierenden Einheiten L_n versehen werden, aus deren Positionsverhältnis zueinander die räumliche Ausrichtung des Sensors ermittelt werden kann. So könnte beispielsweise ein einziges Bauelement mit mehreren LEDs versehen sein, die jeweils eine lichtemittierende Einheit darstellen, und die gegebenenfalls von einer gemeinsamen Schalteinheit betätigt werden. Das Bauelement könnte beispielsweise ein Würfel, Quader, Tetraeder oder eine andere definierte dreidimensionale Form sein, auf deren Seitenflächen die LEDs angeordnet sind. Eine Seitenfläche könnte frei bleiben, um an dem entsprechenden Sensorgehäuse angebracht zu werden. Solche Bauelemente könnten auch für die weiter oben beschriebene Ermittlung der Kamerapositionen verwendet werden.

[0056] In einer weiteren alternativen Ausführungsform könnten auch LEDs mit unterschiedlicher Lichtfarbe als lichtemittierende Einheiten verwendet werden. Dies erlaubt es, mehrere unterschiedliche Gruppen an lichtemittierenden Einheiten anhand ihrer Lichtfarbe mithilfe von Kamerafiltern oder Softfiltern unabhängig von den Gruppen mit einer anderen Farbe auszuwerten. Diese Ausführungsform könnte beispielsweise auch verwendet werden, um bestimmten definierten Seitenflächen eines Bauelements zur leichteren Auswertung der räumlichen Ausrichtung der Sensoren jeweils einer bestimmten Farbe zuzuordnen.

LISTE DER BEZUGSZEICHEN UND VARIABLEN:

Prüfstand (1)
Prüfling (2)
Kamera (3, 4)
Automatisierungssystem (5)
Auswerteeinheit (6)
Abgasstrang 7
Katalysator 8
Steuereinheit 9
Sensor (10,11,12,13, 14,15)
Licht emittierende Einheit (L_n)
Kamerapositionen (K_t)
Leuchtmusters (M_n)
Raumkoordinaten (x,y,z)
Bildkoordinaten (u,v)
Signalabfolge A_c
n Ordinalzahl der Teilmessung
m Anzahl der Teilmessungen
h Ordinalzahl des Messpunkts/der Licht emittierenden Einheit
g Anzahl an Messpunkten/Licht emittierenden Einheiten
a(n) Anzahl an aktivierten Licht emittierenden Einheiten
b(n) Anzahl an nicht aktivierten Licht emittierenden Einheiten
t Ordinalzahl der Kameraposition
s Anzahl an Kamerapositionen
c Ordinalzahl der Signalabfolge
C Coderaum

Patentansprüche

1. Verfahren zur räumlichen Lokalisierung einer Anzahl (g) an Messpunkten, die zumindest teilweise auf Sensoren (10, 11, 12, 13, 14, 15) angeordnet werden, wobei vorzugsweise die Messpunkte den Positionen der Sensoren im Raum entsprechen, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:
 - Anordnen zumindest einer individuell ansteuerbaren lichtemittierenden Einheit (L_h) an jedem Messpunkt;
 - Ausführen einer Abfolge von $n = 1$ bis m Teilmessungen, jeweils umfassend:
 - o Einstellen eines Leuchtmusters (M_n) mit einer Anzahl $a(n)$ an mehreren aktivierten lichtemittierenden Einheiten (L_h) und einer Anzahl $b(n)$ an mehreren nicht aktivierten lichtemittierenden Einheiten (L_h), und
 - o Erstellen von Aufnahmen mit zumindest einer Kamera (3, 4) aus zumindest zwei unterschiedlichen Kamerapositionen (K_t) für jedes Leuchtmuster (M_n), wobei jede lichtemittierende Einheit (L_h) in der Abfolge der m Teilmessungen mehr als ein Mal aktiviert wird und wobei sich für jede lichtemittierende Einheit (L_h) eine Signalabfolge (A_c) aktivierter und deaktivierter Zustände ergibt, die jede lichtemittierende Einheit eindeutig identifiziert;
 - Ermitteln der Bildkoordinaten (u, v) lichtemittierender Einheiten (L_h) aus den Aufnahmen für jede Kameraposition (K_t); und
 - Berechnen von Raumkoordinaten (x, y, z) von lichtemittierenden Einheiten (L_h) aus den ermittelten Bildkoordinaten (u, v).
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass jede lichtemittierende Einheit (L_h) in der Abfolge der m Teilmessungen $m/2$ Mal aktiviert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anzahl $a(n)$ an aktivierten lichtemittierenden Einheiten (L_h) bei jedem Leuchtmuster (M_n) konstant ist, wobei vorzugsweise bei jedem Leuchtmuster (M_n) die Anzahl $a(n)$ an aktivierten lichtemittierenden Einheiten (L_h) der Hälfte der Anzahl g an lichtemittierenden Einheiten (L_h) entspricht.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Teil der lichtemittierenden Einheiten (L_h) als Referenzeinheiten mit bekannten Raumkoordinaten vorgesehen werden, und dass Kamerapositionen (K_t) aus den Bildkoordinaten der Referenzeinheiten berechnet werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass aus einer Bildkoordinate einer lichtemittierenden Einheit (L_h) für eine Kameraposition (K_t) ein Sichtstrahl im Koordinatensystem der Kameraposition ermittelt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine optische Bildverzerrung der Kameras (3, 4) ausgeglichen wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine farbliche Kodierung von lichtemittierenden Einheiten (L_h) ausgewertet wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Sensoren (10, 11, 12, 13, 14, 15) zumindest teilweise auf einem Prüfling (2) in einem Prüfstand (1) angeordnet werden.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Position und die räumliche Ausrichtung der Sensoren (10, 11, 12, 13, 14, 15) berechnet werden.
10. Vorrichtung zur räumlichen Lokalisierung einer Anzahl (g) an Messpunkten, **dadurch gekennzeichnet**, dass jeder Messpunkt eine individuell ansteuerbare lichtemittierende Einheit (L_h) aufweist, wobei die lichtemittierenden Einheiten (L_h) zumindest teilweise an einem Sensor (10, 11, 12, 13, 14, 15) angeordnet sind, wobei eine Steuereinheit (9) vorgesehen ist, welche ausgebildet ist, um eine Abfolge an Leuchtmustern (M_n) mit einer ersten Anzahl $a(n)$ an mehreren aktivierten lichtemittierenden Einheiten (L_h) und einer zweiten Anzahl $b(n)$ an mehreren nicht aktivierten lichtemittierenden Einheiten (L_h) einzustellen, wobei jede lichtemittierende

Einheit (L_h) in der Abfolge der m Teilmessungen mehr als ein Mal aktiviert wird, wobei sich für jede lichtemittierende Einheit (L_h) eine Signalabfolge (A_c) aktivierter und deaktivierter Zustände ergibt, die jede lichtemittierende Einheit eindeutig identifiziert, wobei die Vorrichtung zumindest eine Kamera (3,4) zur Aufnahme jedes Leuchtmusters (M_n) aus zumindest zwei unterschiedlichen Kamerapositionen (K_t) aufweist, und wobei die Vorrichtung weiters eine Auswerteeinheit (6) aufweist, die ausgebildet ist, um Bildkoordinaten (u,v) von lichtemittierenden Einheiten (L_h) aus den Aufnahmen für jede Kameraposition (K_t) zu ermitteln und aus den ermittelten Bildkoordinaten Raumkoordinaten (x,y,z) der lichtemittierenden Einheiten (L_h) zu berechnen.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die lichtemittierenden Einheiten (L_h) zumindest teilweise LEDs aufweisen.
12. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung einen optischen und/oder elektronischen Lichtfilter für die Aufnahmen aufweist.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zumindest teilweise an einem Sensor (10,11,12,13,14,15) angeordneten lichtemittierenden Einheiten (L_h) auf einem Prüfling (2) in einem Prüfstand (1) angeordnet sind, wobei die Messpunkte den Positionen der Sensoren (10,11,12,13,14,15) im Raum entsprechen.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass an einem Sensor (10,11,12,13,14,15) mehrere lichtemittierende Einheiten (L_h) angeordnet sind.
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest eine Kamera (3,4) eine von Hand geführte Kamera ist.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

1/2

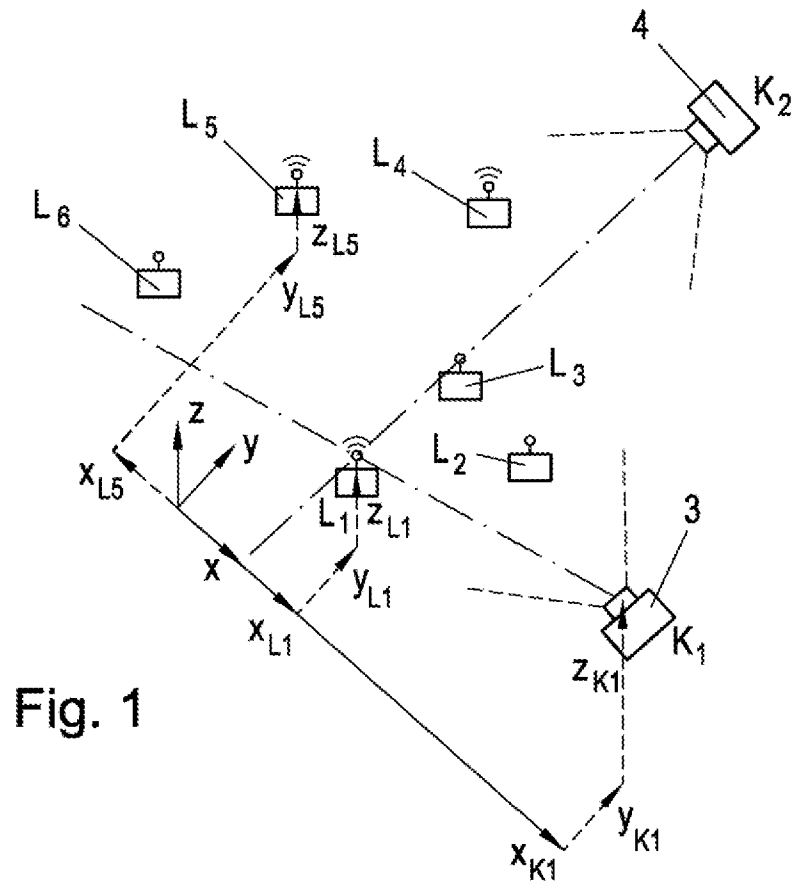


Fig. 1

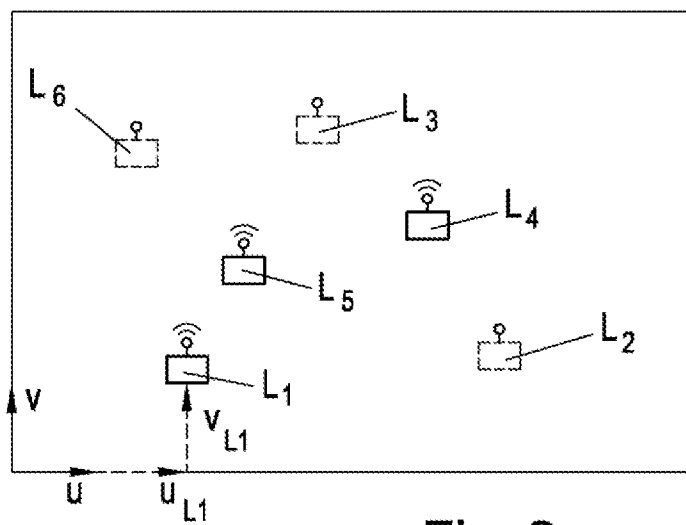


Fig. 2

2/2

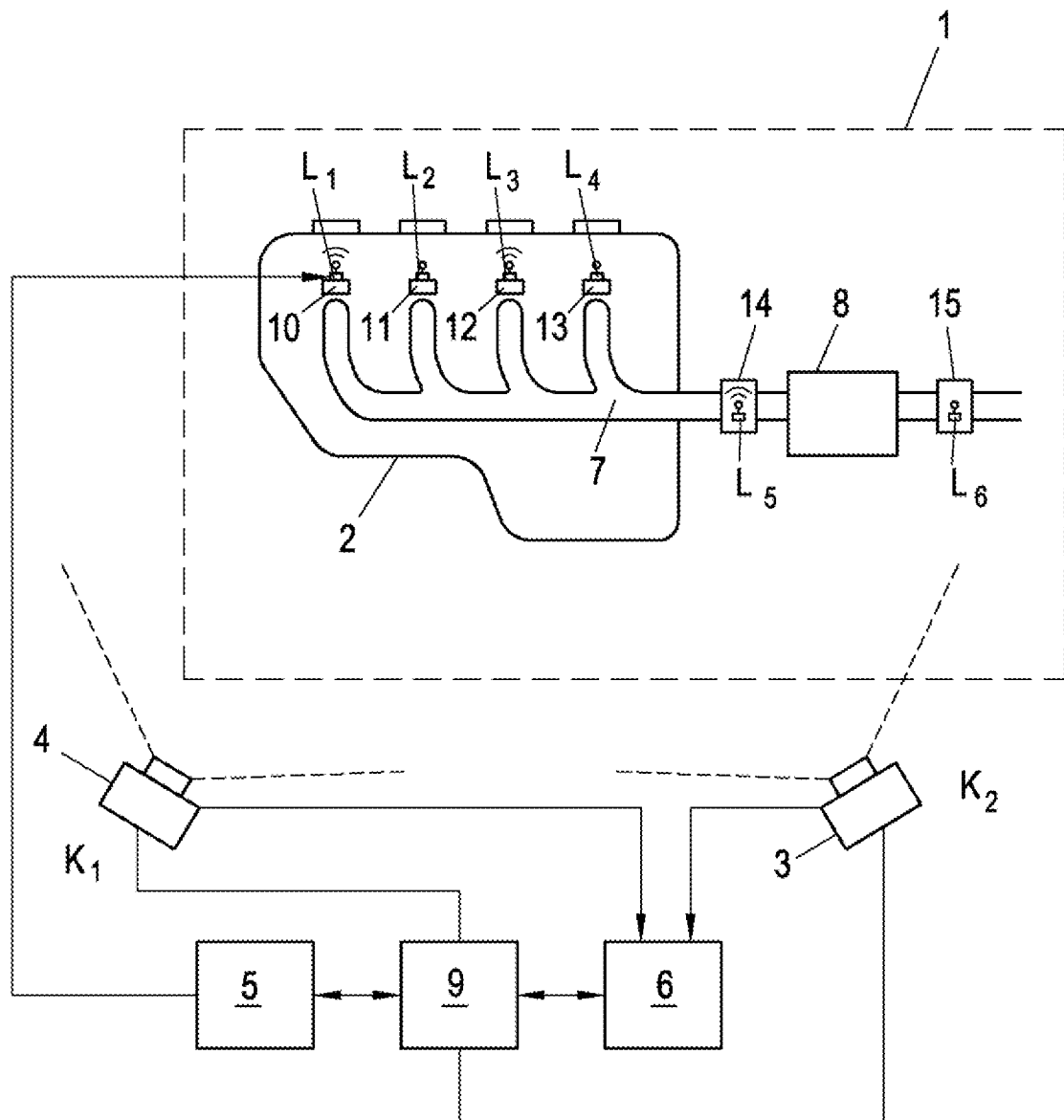


Fig. 3