

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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
1. Mai 2003 (01.05.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/036320 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: G01S (72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): KOY-OBERTHÜR,
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE02/02678 Reinhard [DE/DE]; Junkerswiese 2a, 65527 Niederseel-
bach (DE). BRENNIS, Lothar [DE/DE]; Wiesenstrasse
(22) Internationales Anmeldedatum: 20. Juli 2002 (20.07.2002) 36, 64331 Weiterstadt (DE). STEIN, Norbert [DE/DE];
Dudenstrasse 43, 65193 Wiesbaden (DE).
- (25) Einreichungssprache: Deutsch (74) Anwälte: WEBER, Dieter usw.; Weber, Seiffert, Lieke,
Postfach 61 45, 65051 Wiesbaden (DE).
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 101 48 289.2 29. September 2001 (29.09.2001) DE (81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,
CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH,
GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC,
LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW,
MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG,
SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): VITRONIC DR.-ING. STEIN BILDVER-
AREITUNGSSYSTEME GMBH [DE/DE]; Hasen-
gartenstrasse 14a, 65189 Wiesbaden (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR MEASURING THE SPEEDS OF MOVING OBJECTS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR MESSUNG DER GESCHWINDIGKEITEN VON SICH BEWEGENDEN OBJEKTEN

(57) Abstract: The invention relates to a method for the recording of moving vehicles, in particular of lorries on motorways, by means of a camera and/or other devices for recording the shape or spatial structure of the vehicle and optionally the speed thereof. The invention further relates to a device for recording moving vehicles, in particular lorries on motorways, by means of a camera to take a video image of the vehicle and with other devices for recording the shape and/or the spatial structure of the vehicle and, optionally, the speed thereof. According to the invention, a method and a device for recording moving vehicles which is able to automatically tell the difference between a vehicle which is subject to a charge and one which is not and thus avoid recording unnecessary amounts of data may be achieved, whereby, before recording the shape and the spatial structure of the vehicle, the vehicle is recorded and tracked by a LIDAR system. From the LIDAR data direction and speed of the vehicle is estimated and then associated with the determined shape and structure data. Said device thus comprises a LIDAR system embodied such as to record a vehicle at a distance from the recording position of the camera and/or other devices and further comprises a calculation unit associated with the LIDAR, which predicts path and speed of the vehicle from the LIDAR data, optionally corrects said data and, on the basis of said data, carries out an assignment of said data to the data of the other device and/or the recorded video image.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erfassen von Fahrzeugen in Bewegung, insbesondere von LKW auf Autobahnen, mit Hilfe mindestens einer Kamera und/oder sonstigen Einrichtungen zur Erfassung der Kontur oder räumlichen Struktur des Fahrzeuges und gegebenenfalls seiner Geschwindigkeit. Des weiteren betrifft die vorliegende Erfindung eine Vorrichtung zum Erfassen von Fahrzeugen in Bewegung, insbesondere von Lkw auf Autobahnen, mit mindestens einer Kamera zur Aufnahme eines Videobildes des Fahrzeuges und mit sonstigen Einrichtungen zur Erfassung der Kontur und/oder räumlichen Struktur des Fahrzeuges und gegebenenfalls seiner Geschwindigkeit. Um ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Erfassen von Fahrzeugen in Bewegung zu schaffen, welche in der Lage sind, eine automatische Unterscheidung zwischen mautpflichtigen und nicht mautpflichtigen Fahrzeugen vorzunehmen, um so die unnötige Erfassung großer Datenmengen zu vermeiden, wird hinsichtlich des Verfahrens vorgeschlagen, daß vor dem Erfassen der Kontur und/oder räumlichen Struktur die Erfassung und Verfolgung des Fahrzeuges eines LIDAR-Systems erfolgt, wobei aus den LIDAR-Daten Weg und Geschwindigkeit des Fahrzeuges abgeschätzt werden und den anschließend ermittelten Kontur- und Strukturdaten zugeordnet werden. Hinsichtlich der Vorrichtung wird vorgeschlagen, daß die Vorrichtung ein LIDAR-System aufweist, welches so ausgerichtet ist, daß es ein Fahrzeug im Abstand vor der Aufnahme- position der Kamera und/oder der sonstigen Einrichtungen erfaßt, und eine Recheneinheit aufweist, welche mit dem LIDAR verbunden ist und aus den LIDAR-Daten Weg und Geschwindigkeit des Fahrzeuges prognostiziert, diese Daten gegebenenfalls korrigiert und auf der Basis dieser Daten eine Zuordnung zu den Daten der sonstigen Einrichtung und/oder dem erfaßten Videobild vornimmt.



WO 03/036320 A2



(84) **Bestimmungsstaaten** (*regional*): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Verfahren und Vorrichtung zur Messung der Geschwindigkeiten von sich bewegenden Objekten

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Erfassen der Geschwindigkeit von sich bewegenden Objekten mit mindestens einem Laser, der mehrere Laserimpulse kurzer Zeitdauer in Richtung des sich bewegenden Objektes abstrahlt und mit Hilfe einer entsprechenden Detektoreinrichtung die reflektierten Impulse erfaßt, wobei die Laufzeitunterschiede für zeitlich nacheinander abgestrahlte und in Reflexion empfangene Laserimpulse für die Ermittlung der Geschwindigkeit des Objektes verwendet werden.

Entsprechende Verfahren und Vorrichtungen sind beispielsweise als sogenannte „Laserpistolen“ für die Geschwindigkeitsmessung von Kraftfahrzeugen bekannt. Solche Systeme werden zum Beispiel von Polizei und/oder Ordnungsbehörden verwendet, um die Geschwindigkeit von Fahrzeugen im Straßenverkehr zu messen und die Einhaltung von Geschwindigkeitsbegrenzungen zu überprüfen.

Diese herkömmlichen Lasermeßgeräte sind allerdings nur bedingt zuverlässig. Zum einen hängt die Genauigkeit der Geschwindigkeitsermittlung stark von der Bedienung und Justierung des betreffenden Lasermeßgerätes ab. Wird das Gerät zum Beispiel von Hand gehalten, um damit über eine entsprechende Suchoptik ein Fahrzeug anzupeilen, so sind gewisse Bewegungen des Gerätes während einer Messung unvermeidlich. Dies bedeutet, daß zum Beispiel ein erster Laserimpuls an einer ersten Stelle eines Fahrzeuges reflektiert wird und aus der Laufzeit der Abstand des Fahrzeuges zum Gerät bestimmt wird, und daß der nächstfolgende, zur Messung verwendete Laserimpuls an einer anderen Stelle des Fahrzeuges reflektiert wird, so daß die Laufzeit des zweiten Laserimpulses nicht nur aufgrund des inzwischen von dem Fahrzeug zurückgelegten Weges gegenüber der ersten Laufzeit unterschiedlich ist, sondern auch aufgrund des Abstandes zwischen den beiden verschiedenen Reflexionspunkten am Fahrzeug. Je nachdem, welcher der Reflexionspunkte näher zu dem Meßgerät liegt, kann aufgrund dieses Effektes entweder eine zu hohe oder eine zu niedrige Geschwindigkeit des Fahrzeuges ermittelt werden. Zwar können entsprechende Fehlmessungen durch Mehrfachmessung und durch Vergleich der mehrfachen Messungen in vielen Fällen ausgesondert werden, es ist jedoch nicht auszuschließen, daß sich ein und der gleiche Fehler bei den mehrfachen Messungen auch mehrfach wiederholt, beispielsweise wenn während der gesamten Meßzeit eine relativ kontinuierliche Hinwegführung des Laserstrahls über eine zur Sichtlinie des Betrachters geneigte Fahrzeugfläche erfolgt.

Die herkömmlichen Geschwindigkeitsmeßsysteme, welche mit Lasern arbeiten, können außerdem nicht oder nur schlecht verschiedene Objekte bzw. verschiedene Fahrzeuge unterscheiden. Zwar kann man mehrere getrennte Laser auf verschiedene Fahrspuren ausrichten, jedoch werden Fahr-

zeuge, die im Lasererfassungsbereich einen Spurwechsel durchführen, dabei womöglich doppelt oder gar nicht erfaßt. Weiterhin kann es vorkommen, daß Laserstrahlen von einem Fahrzeug zum anderen und von dort zur Kamera zurück reflektiert werden, was ebenfalls zu Fehlmessungen führt, so daß viele Messungen als unbrauchbar aussortiert werden müssen.

5

Die herkömmlichen Lasermeßsysteme sind daher nur schlecht für eine automatische Erfassung von Fahrzeugen und deren Geschwindigkeit geeignet.

10

Außerdem werden diese Lasermeßsysteme herkömmlich fast nur dafür eingesetzt, Geschwindigkeitsübertretungen von Fahrzeugen festzustellen, wie bereits erwähnt, jedoch nur mit einem relativ geringen Grad an Zuverlässigkeit. Das heißt, daß aufgrund von Störungen und Fehlmessungen relativ viele Geschwindigkeitsübertretungen ungeahndet bleiben müssen. Darüber hinaus ist die Erfassung der Geschwindigkeit von Kraftfahrzeugen aber nicht nur sinnvoll, um Geschwindigkeitsübertretungen festzustellen, sondern auch um intelligente Verkehrsleitsysteme zu unterstützen. Für ein intelligentes Verkehrsleitsystem und dessen Funktionsfähigkeit ist es unerlässlich, an vorgegebenen Meßstellen die tatsächliche Verkehrsdichte und die Geschwindigkeit jedes einzelnen Fahrzeuges zuverlässig zu bestimmen, was herkömmlich nur mit sehr aufwendigen Methoden möglich ist. Herkömmliche Laser und Radar-Systeme erlauben zudem nur eine Momentaufnahme der Geschwindigkeit.

20

Gegenüber diesem Stand der Technik liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Messung der Geschwindigkeit von sich bewegenden Objekten zu schaffen, welche sehr zuverlässig arbeiten und gegebenenfalls in der Lage sind, eine Mehrzahl von sich mit unterschiedlichen und variablen Geschwindigkeiten bewegenden Objekten zu erfassen, die sich im wesentlichen parallel, jedoch teilweise auch mit leicht unterschiedlichen Geschwindigkeitsrichtungen bewegen. Eine solche Situation ist typisch für Kraftfahrzeuge auf mehrspurigen Fahrbahnen. Dabei sollen insbesondere auch Fahrzeuge sehr unterschiedlicher Größe, das heißt vom Motorrad oder Kleinwagen bis hin zum LKW, zuverlässig voneinander unterschieden und in ihrer jeweiligen Geschwindigkeit erfaßt werden.

30

Diese Aufgabe wird hinsichtlich des Verfahrens dadurch gelöst, daß als Lasermeßsystem ein LIDAR-System verwendet wird, welches mehrere fächerartig angeordnete Laser aufweist, die zeitlich nacheinander kurze Laserimpulse abgeben, wobei die reflektierten Laserimpulse erfaßt und gegeneinander abgeglichen werden, um aus den miteinander abgeglichenen Daten den Ort und die Geschwindigkeit des sich bewegenden Objektes zu ermitteln, und zwar vorzugsweise in vektorieller Form, das heißt nicht nur dem Betrag nach, sondern auch nach Richtungskomponenten aufgelöst.

35

Vorzugsweise werden die Meßdaten der einzelnen Laserkanäle in der Weise miteinander abgeglichen, daß sie mit Modelldaten verglichen oder zur Unterstützung eines Modells verwendet werden. Dies bedeutet, daß man für das sich bewegende Objekt einen gewissen Bewegungsablauf innerhalb vorgegebener Parametergrenzen zuläßt und auf dieser Basis die Modellparameter so aktualisiert, daß sie mit dem tatsächlichen Bewegungsablauf des beobachteten Fahrzeuges im statistischen Sinn optimal übereinstimmen. Dabei liefern erste, unsichere Meßdaten bereits Anhaltspunkte über die Kenngrößen eines sich bewegenden Objektes, so daß dadurch ein Teil der benötigten Modellparameter abgeschätzt und für die nachfolgenden Messungen verwendet und verfeinert werden kann. Aus den Modellparametern ergeben sich dann dessen aktualisierte Position und Größe sowie konkrete Werte für Geschwindigkeit und Bewegungsrichtung des Objektes.

Zweckmäßigerweise werden vor dieser Anpassung und Datenverarbeitung die Signale digitalisiert, das heißt es wird ein reflektierter Laserimpuls von einem geeigneten Detektor erfaßt und das Detektorsignal wird digitalisiert und so verarbeitet, daß dem reflektierten Impuls eine genaue Eintreffzeit zugeordnet werden kann, so daß sich aus der Abstrahlzeit des Impulses und aus dem Eintreffen des reflektierten Impulses eine Laufzeit eines Laserstrahles ergibt. Aus dieser Laufzeit kann die Entfernung berechnet werden.

Die eindeutige Zuordnung der reflektierten Impulse zu den abgestrahlten Impulsen, die im folgenden auch als "Laserkanäle" bezeichnet werden, ergibt sich einfach aus dem Zeitablauf und geeignet gewählten Zeitfenstern für das Abstrahlen und Erfassen von Impulsen. Typische Laserimpulse haben eine Zeitdauer deutlich unter einer Mikrosekunde. Bei der Messung von Objekten, die sich in einem Abstand von 10 bis 50 m von dem LIDAR-System befinden, beträgt die Laufzeit eines abgestrahlten, reflektierten und als Reflex wiederempfangenen Laserimpulses zwischen 70 und 350 Nanosekunden. Aufeinanderfolgende Kanäle des LIDAR könnten beispielsweise in solchen Zeitabständen einen entsprechenden Impuls abstrahlen, daß nach einem abgestrahlten Laserimpuls eines Kanals der Detektor in einem Zeitfenster das Meß- und Auswertesystem eine in dem Zeitfenster empfangene Reflexion dem betreffenden Kanal eindeutig zuordnen kann. Reflexe aus einem vorhergehenden Kanal, sind während dieses Zeitfensters nicht mehr zu erwarten, da ihre Laufzeit einem entsprechend größeren Objektabstand entspricht, der außerhalb des Erfassungsbereiches liegt, wobei über entsprechend große Entfernung zurückgestrahlte Impulse zum einen eine deutlich verringerte Intensität aufweisen, zum anderen aber der LIDAR auch so ausgerichtet werden kann, daß der gesamte Hintergrund in seinem Erfassungsbereich einen maximalen Abstand von z. B. weniger als 100 m hat, so daß die den Hintergrund verdeckenden, sich bewegenden Objekte notwendigerweise einen kleineren Abstand zu dem LIDAR haben müssen und damit alle reflektierten Impulse eindeutig einem bestimmten Laserkanal zugeordnet werden können.

Bei einem LIDAR, der beispielsweise mit 16 Laserkanälen arbeitet, erfordern zwei „Schüsse“ eines jeden Laserkanals, d. h. zwei vollständige Durchläufe aller Kanäle einschließlich der kompletten Signalverarbeitung, weniger als 30 ms (Millisekunden),

- 5 Eine vollständige Objekterfassung kann also jeweils etwa alle 30 Millisekunden erfolgen. Wenn es sich bei den sich bewegenden Objekten um Kraftfahrzeuge handelt, so liegt deren zu messende Geschwindigkeit typischerweise in einem Bereich von 5 bis 50 m/s. Ein Objekt, welches sich beispielsweise mit einer Geschwindigkeit von 30 m/s bewegt, legt während eines kompletten (zweifachen) LIDAR-Meßdurchlaufs von 30 Millisekunden eine Strecke S von 0,9 m zurück. Dies bedeutet, daß ein Fahrzeug, welches mit einer Geschwindigkeit von 100 km/h (etwa 28 m/s) fährt, ca. 90-mal von einem LIDAR vollständig erfaßt wird, bevor es eine Fahrstrecke von 40 m zurückgelegt hat.

- Für die Bestimmung des Ortes (und der aus aufeinanderfolgenden Ortsmessungen und deren Zeitdifferenzen abgeleiteten) Geschwindigkeit werden aber nicht die Laufzeitunterschiede einzelner Kanäle verwendet, sondern es werden vielmehr alle Kanäle, die in irgendeiner Weise das Objekt erfaßt haben, das heißt deren Reflexe von dem sich bewegenden Objekt herrühren, miteinander abgeglichen und an das Modell eines sich bewegenden Objektes angepaßt. Ein solches Modell kann implizit berücksichtigen, daß während der Fahrzeugbewegung der Reflexionspunkt eines gegebenen Kanals sich auf der Objektoberfläche verschiebt, insbesondere wenn Reflexionen von Objektoberflächen stammen, die einen sehr kleinen Winkel mit dem betreffenden Laserstrahl einschließen. Das bevorzugte mathematische Verfahren, welches für eine entsprechende Datenverarbeitung und -anpassung verwendet wird, wird als "Kalman-Filterung" bezeichnet.

- Das erfindungsgemäße System ist auch ohne weiteres in der Lage, mehrere sich unabhängig bewegende Objekte gleichzeitig zu erfassen, wenn diese Objekte sich gleichzeitig innerhalb des LIDAR-Fächers befinden. Die Möglichkeit mehrerer Objekte innerhalb des LIDAR-Bereiches kann ohne weiteres durch ein entsprechendes mathematisches Modell berücksichtigt werden, welches die Daten in entsprechender Weise miteinander abgleicht und anpaßt.

- 30 Das Meßsystem muß nicht ständig in Betrieb sein, sondern es reicht beispielsweise aus, alle 50 oder 100 Millisekunden eine Probemessung durchzuführen, um festzustellen, ob sich überhaupt irgendein interessierendes, sich bewegendes Objekt innerhalb des LIDAR-Erfassungsbereiches befindet. Dabei kann z.B. eine Messung mit einer schnelleren Abfolge von Meßserien dadurch ausgelöst werden, daß in mindestens drei benachbarten LIDAR-Kanälen eine deutliche Abweichung der Meßdaten von den Hintergrunddaten vorliegt und/oder daß mindestens ein Kanal und vorzugsweise mindestens drei Kanäle des LIDAR einen Abstand eines Objektes unterhalb eines für jeden Kanal individuell vorgebbaren oder auch einheitlichen Mindestabstandes zeigt. Auch kleinere Objekte, wie z.B. Motorradfahrer oder Radfahrer, können wegen des kleinen Winkelabstandes benachbarter La-

serstrahlen mit dem System ohne weiteres erfaßt und von anderen Objekten unterschieden werden. Zweckmäßigerweise weist das System Einrichtungen auf, welche eine genaue Justierung des LIDAR-Systems bzw. der LIDAR-Ebene, die von den einzelnen Laserstrahlen aufgespannt wird, ermöglichen. Die genaue Ausrichtung des LIDAR relativ zu einem ortsfesten Koordinatensystem, beispielsweise der Längsrichtung und der Ebene einer Straße, sollte im allgemeinen bekannt sein, um eine Voreinstellung von Modellparametern zu ermöglichen.

Das erfindungsgemäße Verfahren arbeitet insbesondere so, daß es aus einer oder mehreren Meßserien zunächst die Größe (gegebenenfalls auch die grobe Form), die Position, die Geschwindigkeit und die Bewegungsrichtung eines sich bewegenden Objektes abschätzt und daraus auch die Bahn des sich bewegenden Objektes vorhersagt, wobei nachfolgende Messungen mit der Vorhersage verglichen werden und zu einer weiteren Verfeinerung und Anpassung der Modellparameter führen, so daß schließlich eine weitgehende Übereinstimmung zwischen den Daten bzw. Parametern des Modells und den tatsächlich gemessenen Daten erzielt wird, so daß man schließlich davon ausgehen kann, daß die durch Anpassung der Modellparameter ermittelte Geschwindigkeit des Modells im statistischen Sinn optimal auch der tatsächlichen Geschwindigkeit des Objektes entspricht.

Das erfindungsgemäße Verfahren läuft in mehreren Stufen ab.

Die Meßdaten dienen dem Aufbau und der zyklischen Fortschreibung eines zeitveränderlichen Szenemodells, in dem die Straßen- und Spurgeometrie genauso enthalten ist wie die lokale Trajektorie eines jeden erkannten und spurübergreifend verfolgten Fahrzeugs. Dementsprechend gliedert sich die Verarbeitung der zu einem bestimmten Zeitpunkt vorliegenden Meßdaten in die folgenden Schritte:

25

- Vorverarbeitung
- Fahrzeugverfolgung
 - Fahrzeugspezifische Vorselektion
 - Optimalschätzung von Fahrzeugposition, Geschwindigkeit und Beschleunigung
- Modellgestützte Vorhersage des Fahrzeugzustandes
- Nachverarbeitung
- Fahrzeugerkennung
- Fahrzeuglöschung

35

Die Sensorrohdaten werden zur Übertragung auf einem Datenbus skaliert und partitioniert. Zur Fortschreibung eines "Tracks" werden die Daten in Fahrbahnkoordinaten benötigt. Dazu werden die Daten zunächst einer geometrischen Transformation unterzogen. Schließlich separiert - falls erforderlich - eine weitere Stufe relevante Information vom Hintergrund (z.B. Leitplanke, Straßenbelag).

Die modellbasierte Fahrzeugverfolgung verwendet zur Unterscheidung zwischen Signal und Störung ein kinematisches Modell von der Fahrzeugbewegung in der Ebene, das es erlaubt, eine Erwartung über die Position und die Geschwindigkeit des Fahrzeuges zum nächsten Zeitpunkt zu formulieren.

5 Damit steht auch ein Kriterium bereit, das es ermöglicht, den Meßraum auf eine kleine Umgebung der Erwartung einzuschränken (Vorselektion).

Der Unterschied zwischen Messung und Erwartung wird unmittelbar im Rahmen eines linearen Optimalfilters (Kalman) gewichtet auf den erwarteten Fahrzeugzustand aufgeschlagen. Die Messung
10 korrigiert in dieser Weise nur noch die modellbasierte Erwartung oder eine zu Beginn formulierte Hypothese über den initialen Fahrzeugzustand, dessen Anfangsschätzwert, der vom Erkennungsmodul ermittelt wird.

Das heißt, daß zu keiner Zeit die Geschwindigkeit eines Tracks aus der Differenz von verrauschten
15 aufeinanderfolgenden Meßwerten berechnet wird, die sich zudem nur geringfügig unterscheiden.

Meßwerte, die nicht in das Tracking investiert wurden, aber in den Längenbereich eines im Szenenmodell etablierten Fahrzeugs fallen, dienen dem Update der jeweiligen Fahrzeuglänge. Solche
20 Meßwerte resultieren stets aus dem Schnitt der Laserebene mit einer Fahrzeuglängs- oder Dachseite.

Meßwerte, die weder in das Tracking noch in den Update des Längendatums investiert wurden, stammen mit hoher Wahrscheinlichkeit von neuen in den Meßbereich der Sensorik eingefahrenen und deshalb bisher unerkannten Fahrzeugen. Diese etablieren neue Fahrzeughypothesen im Szenenmodell, die sich durch ihre Verfolgbarkeit über der Zeit bestätigen müssen.
25

Das Szenenmodell wird zyklisch auf seine Konsistenz hin geprüft. Dazu gehört die wissensbasierte Auflösung von Widersprüchen und Mehrdeutigkeiten ebenso wie die Bereinigung der Fahrzeuglisten. Das heißt die Löschung von Fahrzeughypothesen, die aus dem Meßbereich des Sensors und dem modellgestützten Extrapolationsbereich der Verfolgung hinausgefahren sind.
30

Die Geschwindigkeitsmessung mit optisch aktiver Sensorik und nachgeschalteter intelligenter High Level Datenverarbeitung bietet die Vorteile:

35 - Hohe spurbezogene Selektivität; keine Verwechslung benachbart und auf gleicher Höhe fahrende Fahrzeuge (im Gegensatz zur verfügbaren Radar- oder Laserlaufzeit-Meßtechnik);

hohe Erkennungs- und damit Meßrate auch bei kleiner und/oder schwach reflektierender Fahrzeugapertur;

- hohe Meßgenauigkeit durch Integration von gemessener und modellierter Information;

5

- Messung über einen Streckenabschnitt, nicht punktuell (im Gegensatz zur verfügbaren Radar- oder Laserlaufzeit-Meßtechnik); also auch mit Komponenten in Querrichtung, so daß Spurwechsel erfaßt werden.

10

- Möglichkeit der Erstellung eines Geschwindigkeitsprofils über einen Streckenabschnitt (im Gegensatz zur verfügbaren Radar- oder Laserlaufzeit-Meßtechnik).

Weitere Vorteile, Merkmale und Anwendungsmöglichkeiten der vorliegenden Erfindung werden deutlich anhand der folgenden Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform und der dazugehörigen Figur.

15

Die einzige Figur zeigt schematisch ein LIDAR-Verkehrsmeßsystem mit einem neben einer Fahrbahn positionierten LIDAR.

20

Man erkennt in der beigefügten Figur die Draufsicht auf eine aus drei Fahrspuren und einer Standspur bestehenden Fahrbahn, wie man sie beispielsweise von Autobahnen kennt. Die Fahrspuren sind von rechts nach links mit den Ziffern 1 bis 3 gekennzeichnet, die Standspur ist mit 4 gekennzeichnet.

25

Zwei LIDAR-Geräte 5, 6 sind auf einer Brücke 7 montiert, welche die gesamte Fahrbahn in einer Höhe von z.B. 5 m überspannt. Die LIDAR-Kameras 5, 6 erzeugen fächerartig angeordnete Laserstrahlen, die zwei Ebenen L aufspannen, die relativ zur Ebene der Fahrbahn bzw. der Fahr- und Standspuren 1 bis 4 so geneigt sind, daß sie entlang einer Schnittlinie S, die in etwa im Bereich der Grenze zwischen der Fahrspur 1 und der Fahrspur 2 liegt, treffen, so daß die beiden LIDAR-Ebenen L sich auch gegenseitig entlang der Linie S durchschneiden. Wie man erkennt, endet der in den Ebenen L aufgespannte LIDAR-Fächer bei einem Abstand von etwa 40 m von der Brücke 7. Mit K ist ein Bereich bezeichnet, der von Kennzeichenkameras erfaßt wird, die ebenfalls auf der Brücke 7 montiert sein können, die aber hier nicht näher beschrieben werden. Zwei weitere, kreuzschraffierte Bereiche, die mit DSRC bezeichnet sind, definieren einen Kommunikationsbereich für ein möglicherweise zusätzlich vorgesehenes Telekommunikationssystem, das für die vorliegende Anmeldung ebenfalls keine Rolle spielt, das aber in der prioritätsbegründenden Anmeldung näher erläutert wird.

30

35

Beispielhaft dargestellt ist auf der Fahrspur 1 ein LKW. Beim Befahren der Fahrspur 1 durchquert dieser LKW den von der Kamera 6 in einer der Ebenen L aufgespannten LIDAR-Fächer. In der dargestellten Position könnte der LKW beispielsweise von acht bis zehn der den gesamten LIDAR-Fächer aufspannenden Laserstrahlen getroffen werden, wobei ein Teil dieser Laserstrahlen vom Frontbereich des LKW und ein Teil von den Seitenflächen reflektiert wird. Der LIDAR erfaßt den Abstand jedes einzelnen dieser Reflexionspunkte von der Kamera 6, wobei gleichzeitig auch die Richtung der Reflexion festgelegt ist, weil die einzelnen Laserstrahlen in feste Richtungen abgestrahlt werden. Aus dem Muster der bei einem LIDAR-Durchlauf erzeugten Entfernungswerte und der fest vorgegebenen Richtung der einzelnen LIDAR-Kanäle (bzw. -Strahlen) ergibt sich relativ eindeutig, welche der Reflexe von der Frontseite und welche von den Seitenpartien des LKW oder eines sonstigen Fahrzeugs stammen. Das erfindungsgemäße System verwendet ein entsprechendes Modell eines sich bewegenden Objektes, dessen Bewegungsparameter, das heißt konkret Betrag und Richtung der Geschwindigkeit, an das erfaßte Muster von Abstandswerten und an die zeitliche Abfolge entsprechender Muster von Abstandswerten bei aufeinanderfolgenden Messungen in statistisch optimierter Weise angepaßt werden. Auf diese Weise erhält man jeweils durch eine Vielzahl von Meßpunkten eine abgesicherte, statistische Analyse des Bewegungszustandes, so daß mit einer gegenüber herkömmlichen Systemen deutlich verbesserten Genauigkeit Aussagen über Betrag und Richtung der Geschwindigkeit des Fahrzeuges getroffen werden können. Bei Bedarf kann zusätzlich auch das Kennzeichen des Fahrzeuges durch zusätzliche Kameras in dem Bereich K erfaßt werden, wobei wegen der präzisen LIDAR-Messungen Geschwindigkeit und Kennzeichen des entsprechenden Fahrzeuges eindeutig einander zugeordnet werden können, weil die LIDAR-Messungen jederzeit einen genauen Ort des gesamten Meßobjektes als ein Muster entsprechender LIDAR-Reflexe liefern.

Selbstverständlich werden bei derartigen Messungen auch Spurwechsel problemlos erfaßt, weil die Fahrzeuge bei einem Spurwechsel auch die Linie S überfahren, so daß sie von dem Bereich der Kamera 6 in den Bereich der Kamera 5 wechseln und teilweise von beiden Kameras gleichzeitig erfaßt werden. Es versteht sich, daß die Messungen von beiden Kameras 5, 6 in entsprechender Weise miteinander abgeglichen werden.

Das Muster von Laufzeiten (bzw. daraus resultierenden Entfernungen), welches im wesentlichen von der Breite, der Länge und der Position eines Fahrzeuges (einschließlich der Ausrichtung relativ zu den Laserstrahlen) abhängig ist, wird an ein theoretisches Modell einer Fahrzeugkontur angepaßt. Für die Geschwindigkeitsberechnung werden zweckmäßigerweise nur die Laufzeiten bzw. zugehörigen Reflektionspunktabstände derjenigen Laserstrahlen berücksichtigt, die auf Frontflächen des Fahrzeuges reflektiert wurden. Die von Dach oder Längsseiten reflektierten Laserstrahlen können zur Längen- und Formbestimmung und eventuell auch zur Bestimmung der Ausrichtung (Fahrtrichtung) des Fahrzeuges verwendet werden. Aufeinanderfolgende Messungen können noch zu weiteren

Korrekturen dieses Modells beitragen und ergeben außerdem eine vorläufige Abschätzung des Geschwindigkeitsvektors. Anhand der so ermittelten Geschwindigkeiten und Modellparameter werden die Bahnen bzw. voraussichtlichen Wege von Fahrzeugen vorausberechnet und die sich daraus ergebenden, ebenfalls vorausberechneten Laufzeiten der Laserimpulse werden mit den tatsächlichen Laufzeiten der einzelnen Laserimpulse verglichen. Das Modell wird dann so angepaßt bzw. nachgebessert, daß die vorausberechneten Laufzeiten und Laufzeitmuster mit den tatsächlich gemessenen übereinstimmen. Eine solche Modellanpassung, die auf einer Vielzahl von im wesentlichen gleichzeitigen Messungen beruht, ist erheblich genauer als die üblichen Einzelmessungen mittels sogenannter Laserpistolen. Insbesondere kann mit Hilfe der Modellanpassung der Winkel zwischen der Fahrtrichtung der Fahrzeuge und den einzelnen Laserstrahlen berücksichtigt werden und es kann auch die Tatsache berücksichtigt werden, daß während einer Geschwindigkeitsmessung, das heißt während der Messung der Laufzeitunterschiede von zeitlich deutlich nacheinander abgestrahlten Laserimpulsen auch der Reflexionspunkt des Lasers auf der Fahrzeugkarosserie gewandert ist, was im Falle von Einzelmessungen unvermeidlich zu Fehlmessungen führt, bei der erfindungsgemäßen Modellanpassung jedoch exakt berücksichtigt wird.

Es versteht sich im übrigen, daß im Gegensatz zu dem dargestellten Ausführungsbeispiel der LIDAR auf geringer Höhe neben der Fahrbahn angeordnet auch so ausgerichtet werden könnte, daß die LIDAR-Ebene parallel zur Ebene der Fahrbahn F verläuft. Insbesondere, wenn der Hintergrund Reflexionspunkte liefert, die nicht weiter als maximal 100 bis 200 m von dem LIDAR entfernt sind, so daß Verwechslungen der einzelnen Laserkanäle, beispielsweise bei sehr langen Laufzeiten eines Reflexes von einem weit entfernten Hintergrundpunkt, praktisch vermieden werden können.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Erfassen der Geschwindigkeit von sich bewegenden Objekten, bei welchem mehrere Laserimpulse kurzer Zeitdauer in Richtung des sich bewegenden Objektes abgestrahlt und die reflektierten Pulse erfaßt werden, wobei die Laufzeitunterschiede für zeitlich nacheinander abgestrahlte und in Reflexion empfangene Laserimpulse für die Ermittlung des sich ändernden Abstandes und damit der Geschwindigkeit des Objektes verwendet werden, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Lasersystem ein LIDAR-System verwendet wird, welches mehrere Laser aufweist, deren Strahlen fächerartig angeordnet sind und deren Meßdaten unter Berücksichtigung ihrer unterschiedlichen Abstrahlrichtungen miteinander abgeglichen werden, um hieraus die Geschwindigkeit des Objektes zu berechnen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die erfaßten Daten mit Modelldaten verglichen bzw. an ein Modell angepaßt oder zur Erzeugung eines Modells verwendet werden.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Modell durch Modellparameter bestimmt wird und die Modellparameter solche Parameter umfassen, welche grundlegenden Geometriedaten und/oder der Bewegung (Geschwindigkeit, Beschleunigung) von Kraftfahrzeugen entsprechen.
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Rückstrahlsignale digitalisiert und in digitaler Form weiterverarbeitet werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß vor einer Erfassung von sich bewegenden Objekten der Objekthintergrund erfaßt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß gleichzeitig mehrere sich vor dem Hintergrund unabhängig bewegende Objekte erfaßt werden.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß es zur Erfassung von Fahrzeugen im Straßenverkehr verwendet wird.
8. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das LIDAR-Gerät derart ausgerichtet wird, daß die von den Laserstrahlen aufgespannte Ebene in etwa parallel zur Straßenoberfläche verläuft.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere LIDAR-Geräte oberhalb einer Fahrbahn, beispielsweise auf einer Brücke, im Abstand zueinander montiert und so ausgerichtet werden, daß die von den Laserstrahlen der LIDAR-Geräte aufgespannten Ebenen die Fahrbahnebene entlang einer Linie schneiden, die in etwa parallel zur Fahrtrichtung und vorzugsweise in der Nähe der Trennlinie zweier benachbarter Fahrspuren verläuft.
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß eine gedachte Schnittlinie zweier benachbarter, zueinander geneigter LIDAR-Ebenen in der Fahrbahnebene oder in geringem Abstand oberhalb oder unterhalb der Fahrbahnebene liegt.
11. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das LIDAR-System derart ausgerichtet wird, daß die von den Laserstrahlen aufgespannte Ebene unter einem kleinen Winkel abwärts geneigt zur Straßenoberfläche verläuft, wobei der minimale Abstand der Schnittlinie (S) zwischen Laserebene und Straßenebene 10 m und der maximale Abstand 200 m beträgt.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß zur Identifizierung eines Objekts und zur Auslösung einer Messung von dessen Geschwindigkeit mindestens eines der folgenden Kriterien erfüllt sein muß:
- eine deutliche Abweichung der Meßdaten von den Hintergrunddaten liegt in mindestens drei benachbarten Kanälen vor,
 - eine deutliche Abweichung der Meßdaten von den Hintergrunddaten liegt in mindestens einem Kanal vor und bestätigt sich über der Zeit,
 - mindestens ein Kanal und vorzugsweise mindestens drei Kanäle des LIDAR zeigen einen Abstand eines Objektes unterhalb eines für jeden Kanal individuell vorgebbaren Mindestabstands.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß Laserimpulse mit einer Dauer von weniger als 100 ns, vorzugsweise weniger als 30 ns, einem Impulsabstand von mehr als 100 ns, vorzugsweise mehr als 200 ns, und einem Impulsgruppenabstand von mehr als 1000 ns, vorzugsweise mehr als 2000 ns verwendet werden.
14. Vorrichtung zum Erfassen der Geschwindigkeit von sich bewegenden Objekten, mit mindestens einem Laser, welcher in der Lage ist, Laserimpulse kurzer Zeitdauer in Richtung des

sich bewegenden Objektes abzustrahlen, und mit einem Detektor, der in der Lage ist, reflektierte Impulse des Lasers zu erfassen und mit Einrichtungen, die zur Messung und Bestimmung der Zeitdauer zwischen abgestrahltem und reflektiertem Laserimpuls vorgesehen sind, um aus der Laufzeit des abgestrahlten und reflektierten Laserimpulses den Abstand zu bestimmen und mit Einrichtungen, um aus zeitlichen Abstandsänderungen die Geschwindigkeitskomponente des Objektes in Richtung auf den Laser und den Detektor zu ermitteln, **dadurch gekennzeichnet, daß** ein LIDAR-System vorgesehen ist, welches mehrere Laser aufweist, deren Strahlen fächerartig angeordnet sind, wobei Einrichtungen vorgesehen sind, welche die Meßdaten des LIDAR-Systems unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Abstrahlrichtungen der LIDAR-Laser miteinander abgleichen, um aus den abgeglichenen LIDAR-Daten die Geschwindigkeit des Objektes zu berechnen.

15. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß Einrichtungen zum Erzeugen und/oder Anpassen eines Modells an bzw. auf der Basis der LIDAR-Daten vorgesehen sind, wobei das Modell Parameter bezüglich der Form und/oder Ausdehnung des sich bewegenden Objektes, seiner Position, seiner Bewegungsrichtung, Geschwindigkeit und Beschleunigung enthält.
16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß sie Einrichtungen zum Bestimmen und Einstellen der LIDAR-Ebene relativ zu einer gegebenen geometrischen Umgebung aufweist.
17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß Einrichtungen zur Transformation der Daten in ein Bezugssystem des Objekthintergrundes vorgesehen sind.
18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß Einrichtungen vorgesehen sind, welche aus gemessenen Daten eine künftige Position des sich bewegenden Objektes ermitteln, wobei die sich daraus ergebenden Geschwindigkeits- und Bahndaten anhand der tatsächlich gemessenen Position zu dem vorausberechneten Zeitpunkt korrigiert werden.
19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtungen zur Transformation und zur Ermittlung der künftigen Position des sich bewegenden Objektes, der Geschwindigkeit und der Bahndaten aus den gemessenen Daten einen Computer oder Mikroprozessor mit einem entsprechenden Programm aufweisen.

