



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2007 021 579 A1** 2008.11.13

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 021 579.9**

(22) Anmeldetag: **08.05.2007**

(43) Offenlegungstag: **13.11.2008**

(51) Int Cl.⁸: **G06K 9/62** (2006.01)
G08G 1/00 (2006.01)

(71) Anmelder:
Hella KGaA Hueck & Co., 59557 Lippstadt, DE

(74) Vertreter:
Schaumburg, Thoenes, Thurn, Landskron, 81679 München

(72) Erfinder:
Becker, Lars-Peter, Dipl.-Inform., 13156 Berlin, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu ziehende Druckschriften:

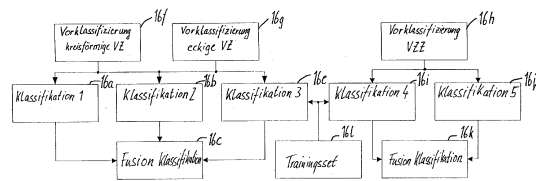
DE 199 55 919 C1
DE10 2006 012475 A1
US2004/01 86 816 A1
EP 05 53 402 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur Klassifikation mindestens eines Verkehrszeichens**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Klassifizierung mindestens eines Verkehrszeichens, bei dem, ausgehend von bereitgestellten Bilddaten mindestens eines Bildes mit einer Abbildung mindestens eines Bereichs der Umgebung eines Fahrzeugs, mindestens ein in diesem Bereich vorhandenes Objekt ermittelt wird. Das Objekt wird mit Hilfe eines ersten Klassifizierungsverfahrens (16a) zur Klassifizierung von Verkehrszeichen klassifiziert, wobei ein erstes Klassifikationsergebnis erzeugt wird. Dasselbe Objekt wird unabhängig vom ersten Klassifizierungsverfahren (16a) und/oder vom ersten Klassifikationsergebnis mit Hilfe mindestens eines vom ersten Klassifizierungsverfahren (16a) verschiedenen zweiten Klassifizierungsverfahrens (16b) zur Klassifizierung von Verkehrszeichen klassifiziert, wobei ein zweites Klassifikationsergebnis erzeugt wird. Abhängig von den Klassifikationsergebnissen der Klassifizierungsverfahren (16a, 16b) wird ein Gesamtklassifikationsergebnis zur Klassifikation des Objekts als Verkehrszeichen ermittelt.



Beschreibung

[0001] Es sind verschiedene Systeme zur maschinellen Verkehrszeichenerkennung bekannt, mit deren Hilfe zumindest die für die Fahrtrichtung eines Fahrzeugs relevanten Verkehrszeichen erfasst werden. Ferner werden dem Fahrzeugführer im Fahrzeug über eine Anzeigeeinheit Informationen über erkannte Verkehrszeichen ausgegeben und/oder von Fahrassistenzsystemen weiterverarbeitet.

[0002] Die im Stand der Technik bekannten Verkehrszeichenerkennungssysteme, wie sie beispielsweise aus dem Dokument EP 1 131 803 B1 bekannt sind, erfassen und analysieren alle in einem Fahrtschlauch eines Fahrzeugs vorhandenen Verkehrszeichen mit Hilfe der von einem Bildsensor bereitgestellten Bilddaten. Diese Bilddaten werden dabei mit Hilfe einer Informationsverarbeitungseinheit analysiert und klassifiziert. Jedoch werden die Verkehrszeichen beim Stand der Technik nicht immer zuverlässig klassifiziert, so dass die Verkehrszeichenerkennung abgebrochen werden muss und Verkehrszeichen dadurch übersehen werden oder ein falsches Verkehrszeichen klassifiziert bzw. erkannt wird. Insbesondere bei der Klassifikation eines falschen Verkehrszeichens kann dies zu Verkehrsrechtsverstößen und einer erhöhten Unfallgefahr führen.

[0003] Aufgabe der Erfindung ist es, die Klassifikation von Verkehrszeichen zu verbessern.

[0004] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 und eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 13 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Patentansprüchen angegeben.

[0005] Durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 sowie durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 13 wird ein Klassifikationsergebnis erzeugt, das mit hoher Wahrscheinlichkeit das zu klassifizierende Verkehrszeichen korrekt klassifiziert. Aufgrund der Verschiedenartigkeit von Verkehrszeichen und der Verschiedenartigkeit des Informationsgehaltes der zur Verfügung stehenden Bilddaten der zu klassifizierenden Verkehrszeichen führt nicht jedes Klassifikationsverfahren zur korrekten Klassifikation des Verkehrszeichens. Somit ist nicht jedes Klassifikationsverfahren zur Klassifikation eines speziellen Verkehrszeichens mit den zur Verfügung stehenden Bilddaten geeignet. Durch den Einsatz von zumindest zwei verschiedenartigen Klassifikationsverfahren können zwei unabhängige Klassifikationsergebnisse erzeugt werden, auf deren Grundlage ein Gesamtklassifizierungsergebnis erzeugt wird. Dieses Gesamtklassifizierungsergebnis kann basierend auf den einzelnen Klassifi-

zierungsergebnissen, insbesondere durch eine Wichtung oder Auswahl einzelner Klassifizierungsergebnisse oder durch geeignete Weiterverarbeitung der einzelnen Klassifizierungsergebnisse zu einem Gesamtklassifizierungsergebnis, beispielsweise durch eine geeignete Fusion der ermittelten Einzelklassifizierungsergebnisse, ermittelt werden. Vorzugsweise wird das Verkehrszeichen ermittelt, das insbesondere unter Einbeziehung weiterer Faktoren die größte Plausibilität und/oder die größte Wahrscheinlichkeit aufweist.

[0006] Durch das Berücksichtigen mehrerer Einzelklassifizierungsergebnisse von voneinander unabhängigen Klassifizierungsverfahren wird eine größere Plausibilität und Sicherheit beim Bestimmen des Verkehrszeichens erreicht. Die unabhängigen Klassifizierungsverfahren verwenden vorzugsweise unabhängige Merkmale für die Beschreibung einzelner Klassen. Vorzugsweise unterscheiden sich die Merkmale zur Beschreibung einzelner Klassen von zwei unterschiedlichen Klassifizierungsverfahren durch mindestens ein Merkmal voneinander. Ferner können zur Klassifizierung und zum Erzeugen von Einzelklassifizierungsergebnissen voneinander grundsätzlich verschiedene Zuordnungs- und Klassifikationsverfahren verwendet werden, die insbesondere verschiedene Klassifizierungsmerkmale zur Klassifizierung verwenden. Die Plausibilität und somit die korrekte Klassifikation kann durch das Berücksichtigen verschiedener unabhängiger Merkmale und Klassifizierungsverfahren erheblich verbessert werden.

[0007] Bei einer Weiterbildung kann das zu klassifizierende Objekt mit Hilfe des ersten und des mindestens zweiten Klassifizierungsverfahrens jeweils eigenständig klassifiziert werden, wobei als Gesamtklassifizierungsergebnis ein konkretes Verkehrszeichen ermittelt wird. Vorzugsweise wird eine Information über das ermittelte Verkehrszeichen ausgegeben.

[0008] Ferner ist es vorteilhaft, mindestens ein Vorklassifizierungsverfahren vorzusehen, durch das ermittelt wird, ob ein mit Hilfe der Bilddaten ermitteltes Objekt ein Verkehrszeichen ist. Alternativ oder zusätzlich kann mit Hilfe mindestens eines Vorklassifizierungsverfahrens eine Grundklasse des Verkehrszeichens ermittelt werden. Dabei wird das Objekt nur bei einem positiven Vorklassifizierungsergebnis mit der Feststellung, dass das Objekt ein Verkehrszeichen ist, oder mit der Feststellung einer Grundklasse des Verkehrszeichens mit Hilfe des ersten und des zweiten Klassifizierungsverfahrens nachfolgend klassifiziert. Dadurch werden nur Objekte mit Hilfe der beiden Klassifizierungsverfahren unabhängig voneinander klassifiziert, die vom Vorklassifizierungsverfahren als Objekte des Typs „Verkehrszeichen“ klassifiziert worden sind.

[0009] Das erste und/oder zweite Klassifizierungsergebnis spezifizieren vorzugsweise ein konkretes Verkehrszeichen als ermitteltes Verkehrszeichen oder geben alternativ oder zusätzlich für mindestens ein Verkehrszeichen die Wahrscheinlichkeit als Maß der Übereinstimmung eines durch die Klassifikation spezifizierten Verkehrszeichens mit dem erfassten tatsächlich vorhandenen Verkehrszeichen an.

[0010] Das Gesamtklassifikationsergebnis kann insbesondere durch eine Mittelwertbildung, eine Fuzzy-Logic und/oder einem anderen Bewertungsverfahren zum Bewerten der Klassifikationsergebnisse des ersten und des zweiten Klassifikationsverfahrens erzeugt werden.

[0011] Als erstes und/oder als zweites Klassifikationsverfahren kann insbesondere ein lernbasiertes Klassifikationsverfahren, ein Mustervergleichsklassifikationsverfahren und/oder ein auf konkrete Objektmerkmale basierendes Klassifikationsverfahren verwendet werden.

[0012] Ferner kann mindestens ein Klassifikationsverfahren mindestens ein mathematisches Modell zum Ermitteln der Objektklasse des Objekts nutzen, wobei jeder Klasse vorzugsweise genau ein Verkehrszeichen zugeordnet ist. Dabei ist es vorteilhaft, dass mit Hilfe des mathematischen Modells jedem Verkehrszeichen ein Raumsektor eines Merkmalraums zugeordnet wird, wobei die Grenzen der Raumsektoren mit Hilfe des mathematischen Modells bestimmt werden. Dabei kann die Klassentrennung zwischen den einzelnen Raumsektoren mit Hilfe eines lernbasierten, weitgehend automatisierten, Klassifikationsverfahrens ermittelt werden. Bekannte Lern-Verfahren sind z. B. Neuronale Netze, die Ada-boost- oder die Support Vector Machine Methode (SVM-Methode) usw..

[0013] Das Klassifikationsergebnis kann einen Abstand eines durch seine Objektmerkmale definierten Objekts zu den Grenzen und/oder dem Mittelpunkt einer Klasse, vorzugsweise als prozentualer Abstand oder tatsächlicher Abstand im Klassenraum zu den Grenzen und/oder zum Klassenmittelpunkt, als Wahrscheinlichkeit der Zugehörigkeit des Objekts zu einer Klasse und/oder als zu einem Klassenraum gehörendes Objekt ermittelt werden.

[0014] Vorteilhaft ist es auch, ein erstes erfindungsgemäßes Verfahren für die Klassifikation eines Verkehrszeichens und ein weiteres separates Verfahren für die Klassifikation eines Verkehrszeichenzusatzzeichens durchzuführen. Diese Verfahren können sowohl nacheinander als auch parallel durchgeführt werden.

[0015] Auf den Bilddaten wird ein Objekt vorzugsweise mit Hilfe eines Nachverfolgungsverfahrens

über mehrere nacheinander erfasste Bilder nachverfolgt, wobei das Objekt vorzugsweise mit Hilfe des Nachverfolgungsverfahrens als ein und dasselbe Objekt über einen gewissen Zeitraum detektiert wird.

[0016] Die Vorrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 13 kann auf die gleiche Weise weitergebildet werden wie für das Verfahren nach Patentanspruch 1 angegeben. Insbesondere kann auch die Vorrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 13 mit den zur Weiterbildung des Verfahrens nach Patentanspruch 1 in den abhängigen Patentansprüchen angegebenen Merkmalen bzw. entsprechenden Vorrichtungsmerkmalen weitergebildet werden.

[0017] Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung, welche in Verbindung mit den beigefügten Figuren die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert.

[0018] Es zeigen:

[0019] [Fig. 1](#) ein Blockdiagramm eines Systems zur Bildaufnahme und Bildauswertung der Umgebung eines Kraftfahrzeugs; und

[0020] [Fig. 2](#) ein Blockdiagramm zur Klassifikation von Verkehrszeichen.

[0021] In [Fig. 1](#) ist ein Blockdiagramm eines Bildaufnahme- und Auswertesystems **10** dargestellt, das in ein Kraftfahrzeug, insbesondere in einen PKW oder einen LKW, integriert ist. Das Bildaufnahme- und Auswertesystem **10** hat ein Kamerasystem **12**, das eine Bildfolge mit Abbildungen zumindest eines Bereichs vor dem Fahrzeug erfasst und jeweils entsprechende Bilddaten erzeugt. Diese Bilddaten werden zu einer Bildverarbeitungseinheit **14** des Systems **10** übertragen und mit Hilfe von Steuerungs- und Verarbeitungsmodulen **16a** bis **16d** der Bildverarbeitungseinheit **14** analysiert und verarbeitet.

[0022] Die Bildverarbeitungseinheit **14** ist über einen Fahrzeugbus **18** des Fahrzeugs mit weiteren Steuer- und Verarbeitungseinheiten **20** bis **26**, wie dem Navigationssystem, dem Geschwindigkeitserfassungs- und/oder Regelungssystem, des Fahrzeugs verbunden, wobei die Bildverarbeitungseinheit **14** über den Fahrzeugbus **18** Daten mit diesen weiteren Steuereinheiten **20** bis **26** austauschen kann. Die Bildverarbeitungseinheit **14** ist weiterhin über eine geeignete Datenleitung mit einer Anzeige- und Warneinheit **28** sowie mit einer Geschwindigkeitsregel- und/oder Begrenzungssteuerung **30** verbunden. Ferner ist die Bildverarbeitungseinheit **14** über eine Datenleitung mit einem Permanentspeicher **32** verbunden. Ein solcher Permanentspeicher **32** kann beispielsweise ein Festplattenspeicher, ein Flashspeicher oder eine weitere Steuereinheit sein. Ferner

kann der Permanentenspeicher **32** auch durch ein Datenbanksystem des Kraftfahrzeugs bereitgestellt werden. Das Kamerasystem **12** kann eine Monokamera, mehrere Monokameras, ein Stereokamerasystem und/oder mehrere Stereokamerasysteme umfassen, wobei die einzelnen Kameras Graustufenbilder oder Farbbilder erzeugen. Als Fahrzeugbus **18** können übliche bekannte Bussysteme, wie ein LIN-Bus, ein CAN-Bus und/oder ein Flexray-Bus eingesetzt werden. Die Optiken der Kamera bzw. der Kameras des Kamerasystems **12** können insbesondere verschiedene Festbrennweiten oder eine insbesondere über ein Revolver-Objektivsystem oder ein Varioobjektivsystem einstellbare Brennweite aufweisen.

[0023] Über den Fahrzeugbus **18** kommuniziert die Bildverarbeitungseinheit **14** auch mit weiteren Sensoren und Empfangseinheiten, die insbesondere eine ad hoc Kommunikation mit weiteren Fahrzeugen und/oder mit Verkehrseinrichtungen, wie Lichtsignalanlagen, Schilderbrücken und/oder einzelnen Verkehrsschildern, aufnehmen können. Ferner werden über den Fahrzeugbus **18** Informationen über Signalfeststände einzelner Aktoren und Sensoren, insbesondere über die Aktivierung der Fahrtrichtungsanzeiger des Fahrzeugs, übertragen.

[0024] Mit Hilfe der durch das Kamerasystem **12** aufgenommenen Bildfolge werden durch eine Analyse der Bilddaten mit Hilfe der Bildverarbeitungseinheit **14** die Verkehrszeichen im Erfassungsbereich des Kamerasystems **12** ermittelt und klassifiziert. Durch das Klassifizieren der Verkehrszeichen mit Hilfe eines geeigneten Erkennungsverfahrens wird das abgebildete Verkehrszeichen als konkretes Verkehrszeichen identifiziert. Über die Anzeige- und Warneinheit **28** wird die Abbildung des Verkehrszeichens und/oder ein diesem Verkehrszeichen entsprechendes Symbol angezeigt.

[0025] Zusätzlich oder alternativ kann auch eine Textinformation und/oder eine akustische Information ausgegeben werden. Ferner wird eine Verkehrsinformation insbesondere über eine Geschwindigkeitsbegrenzung oder eine Mindestgeschwindigkeit an die Geschwindigkeitsregel- und/oder Begrenzungssteuerung **30** übergeben, wobei die Geschwindigkeitsregel- und/oder Begrenzungssteuerung **30** ein Warnsignal bei Überschreitung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit und/oder Unterschreitung einer Mindestgeschwindigkeit ausgeben kann. Alternativ können die Geschwindigkeitsbegrenzungen als maximale Begrenzungswerte einer Geschwindigkeitsregelung und/oder Begrenzung ggf. mit einem Offset zugrundegelegt werden.

[0026] Ein weiteres Verarbeitungs- und Steuerungsmodul **16a** bis **16d** der Bildverarbeitungseinheit **14** ermittelt aufgrund der Abbildungen der Bildfolge die aktuelle Fahrspur des Fahrzeugs. Ein weiteres Ver-

arbeitungsmodul **16a** bis **16d** ordnet die einer der ermittelten Fahrspuren eindeutig zuordenbaren Verkehrszeichen nur dieser Fahrspur zu, wobei diese nur einer Fahrspur zugeordneten Verkehrszeichen zusammen mit der Fahrspurinformation im Permanentenspeicher **32** gespeichert werden. Ferner können in dem Permanentenspeicher **32** Vergleichsdaten für einen Mustervergleich zur Erkennung von Verkehrsschildern, insbesondere länderspezifische Muster von Verkehrszeichen, Symbole, die anstatt der Abbildungen der erkannten Verkehrszeichen auf der Anzeigeeinheit **28** ausgegeben werden können, sowie auszugebende Texte und/oder akustische Informationen gespeichert werden.

[0027] In [Fig. 2](#) ist ein Blockdiagramm zur Klassifizierung von Verkehrszeichen dargestellt. Gleiche Elemente haben dieselben Bezugszeichen.

[0028] Ausgehend von den durch das Kamerasystem **12** bereitgestellten Bilddaten mindestens eines Bildes mit einer Abbildung mindestens eines Bereichs der Umgebung des Fahrzeugs wird durch die Verarbeitungsmodul **16a** bis **16d** der Bildverarbeitungseinheit **14** mindestens ein in diesem Bereich vorhandenes Objekt ermittelt. Die zu dem Objekt gehörenden Bilddaten bzw. Informationen über das Objekt werden den Vorklassifizierungsmodulen **16f** und **16g** zugeführt, wobei das Vorklassifizierungsmodul **16f** überprüft, ob es sich um ein kreisförmiges Verkehrszeichen handelt. Die Vorklassifizierungsmodul **16f** und **16g** sowie weitere nachfolgend erwähnte mit der Bezugszeichenziffer **16** gekennzeichnete Module sind weitere Verarbeitungsmodul der Bildverarbeitungseinheit **14**. Das Vorklassifizierungsmodul **16g** überprüft, ob es sich bei dem Objekt um ein mehrrecksiges Verkehrszeichen handelt.

[0029] Die Bilddaten des Objekts oder Informationen über das Objekt können zusätzlich oder alternativ dem Vorklassifizierungsmodul **16h** zugeführt werden, das Zusatzschilder zu Verkehrszeichen vorklassifiziert.

[0030] Ermittelt das Vorklassifizierungsmodul **16f**, dass es sich bei dem Objekt um ein kreisförmiges Verkehrszeichen handelt, so fügt es den Objektinformationen diese Information hinzu und übergibt die gesamten Informationen über das Objekt jeweils an die Klassifikationsmodule **16a**, **16b** und **16e**. Ermittelt hingegen das Vorklassifizierungsmodul **16f**, dass es sich bei dem Objekt nicht um ein kreisförmiges Verkehrszeichen handelt, so werden die Objektdaten nicht weiterverarbeitet, insbesondere nicht den Klassifikationsmodulen **16a**, **16b**, **16e** zugeführt. Ermittelt das Vorklassifizierungsmodul **16g**, dass es sich bei dem Objekt um ein eckiges Verkehrszeichen handelt, so wird diese Information den Objektdaten des Objekts hinzugefügt und die gesamten dem Objekt zugeordneten Daten werden jeweils den Klassifikati-

onsmodulen **16a**, **16b** und **16e** zugeführt. Das Klassifikationsmodul **16a** verwendet zur Klassifikation insbesondere ein Mustervergleichsverfahren. Das Klassifikationsmodul **16b** verwendet zur Klassifikation insbesondere konkrete Merkmale der Verkehrszeichen. Das Klassifikationsmodul **16e** verwendet zur Klassifikation beispielsweise eine lernbasierte Support Vector Machine. Jedes der Klassifikationsmodule **16a**, **16b** und **16e** führt eine unabhängige Klassifikation des Objekts durch und ermittelt vorzugsweise ein konkretes Verkehrszeichen als Klassifikationsergebnis oder die Wahrscheinlichkeit für mindestens ein Verkehrszeichen, dass es sich bei dem Objekt um dieses Verkehrszeichen handelt. Die Klassifikationsergebnisse werden dem Fusionsmodul **16c** zugeführt, das abhängig von den Einzelklassifikationsergebnissen der Klassifikationsmodule **16a**, **16b**, **16e** ein Gesamtklassifikationsergebnis erzeugt. Dabei kann das Fusionsmodul **16c** insbesondere aus Einzelwahrscheinlichkeiten eine durch die Einzelklassifikationsergebnisse angegebenen Gesamtwahrscheinlichkeit für mindestens ein konkretes Verkehrszeichen ermitteln. Die Einzelwahrscheinlichkeiten und die Gesamtwahrscheinlichkeiten geben dabei die Wahrscheinlichkeit an, dass es sich bei dem klassifizierten Objekt um ein konkretes Verkehrszeichen handelt. Ferner kann das Fusionsmodul **16c** alternativ oder zusätzlich eine Fuzzy-Logic, eine Mittelwertbildung oder ein bekanntes Bewertungsverfahren zum Bewerten der Einzelklassifizierungsergebnisse und zum Erzeugen eines Gesamtklassifizierungsergebnisses verwenden. Die Klassifizierungsergebnisse sind bei anderen Ausführungsformen nicht als Wahrscheinlichkeiten angegeben.

[0031] Die ermittelten Objektdaten oder alternativ nur ein relevanter selektiver Teil der ermittelten Objektdaten wird dem Vorklassifizierungsmodul **16h** zugeführt, das überprüft, ob das Objekt ein Zusatzzeichen umfasst. Dabei wird insbesondere überprüft, ob unterhalb eines Verkehrszeichens noch ein weiteres Zeichen angebracht ist, das als Zusatzzeichen für das Verkehrszeichen identifiziert werden kann. Wird ermittelt, dass das Objekt ein Zusatzzeichen ist oder ein Zusatzzeichen umfasst, werden die Objektdaten um diese Information ergänzt und den Klassifizierungsmodulen **16i**, **16j** jeweils zugeführt. Die Klassifizierungsmodule erzeugen in gleicher Weise wie die Klassifizierungsmodule **16a**, **16b**, **16e** jeweils ein voneinander unabhängiges Klassifizierungsergebnis und führen dies einem Fusionsmodul **16k** zu. Das Fusionsmodul **16k** erzeugt in gleicher Weise wie das Fusionsmodul **16c** in Abhängigkeit von den Einzelklassifizierungsergebnissen der Klassifizierungsmodule **16e**, **16j** ein Gesamtklassifizierungsergebnis. Das Klassifizierungsmodul **16i** nutzt ein lernbasiertes Klassifikationsverfahren und das Klassifikationsmodul **16j** vorzugsweise ein Mustervergleichsverfahren bei dem zusätzlich konkrete Merkmale berücksichtigt werden können.

[0032] Die Klassifikationsmodule **16e**, **16i**, die zur Klassifizierung lernbasierte Klassifizierungsverfahren verwenden, müssen zur Erkennung von Verkehrszeichen bzw. von Verkehrszusatzzeichen trainiert werden, indem eine Vielzahl von Objektinformationen über Abbildungen von Verkehrszeichen sowie die Angabe des konkreten Verkehrszeichens als Trainingsset von Modul **16i** zugeführt werden. Dieses Trainingsset kann insbesondere länderspezifische Besonderheiten von Verkehrszeichen berücksichtigen. Die von den Fusionsmodulen **16c**, **16k** erzeugten Gesamtklassifikationsergebnisse werden dann weiterverarbeitet, insbesondere als Information zur Kenntnisnahme durch den Fahrzeugführer ausgegeben.

[0033] Bei anderen Ausführungsformen erfolgt keine Aufteilung in eine Vorklassifizierung und eine Hauptklassifizierung. Dann werden die weiter zu verarbeitenden Objektinformationen den Klassifizierungsmodulen **16a**, **16b**, **16e**, **16i** und **16j** direkt zugeführt. Dabei ist es auch möglich, sowohl für die Verkehrszeichen als auch für die Verkehrszusatzzeichen nur ein Fusionsmodul **16c**, **16k** vorzusehen. Vorteilhaft ist es, der Klassifikation ein Trackingmodul nachzuschalten, mit dessen Hilfe eine Verfolgung der klassifizierten Verkehrszeichen über mehrere Bilder erfolgt. Vorzugsweise wird die Hypothese aufgestellt und überprüft, dass es sich bei dem Objekt tatsächlich um das konkrete klassifizierte Verkehrszeichen handelt. Diese Hypothese kann dann durch das Tracking des Objekts über mehrere Bilder und das wiederholte Klassifizieren des Objekts bestätigt oder widerlegt werden. Ferner kann durch das Tracking eine Positionsschätzung der Position des Verkehrszeichens im Weltkoordinatensystem durchgeführt werden.

[0034] Durch Berücksichtigung der für jedes Bild ermittelten Gesamtklassifizierungsergebnisse kann die Qualität der Verkehrszeichenerkennung weiter verbessert werden, indem das Verkehrszeichen ausgehend von den Gesamtklassifizierungsergebnissen bestimmt wird, ermittelten konkreten Verkehrszeichen bzw. der für jedes Bild. Die Wahrscheinlichkeit, dass es sich bei dem Objekt um das konkrete bestimmte Verkehrszeichen handelt, ist dann größer als die Wahrscheinlichkeit eines der Gesamtklassifizierungsergebnisse. Eine modellbasierte Klassifizierung ist insbesondere sehr robust gegenüber unterschiedlichen Ausprägungen eines Verkehrszeichens, insbesondere gegenüber einer Variation desselben Verkehrszeichens in unterschiedlichen Ländern. Eine solche Variation des Verkehrszeichens wird insbesondere durch unterschiedliche verwendete Schriftarten, beispielsweise für Ziffern, in Gebots- und Verbotsschildern, bewirkt. Bei der modellbasierten Klassifikation wird das Verkehrszeichen in semantische Einheiten zerlegt, beispielsweise in Symbole, Striche, Strichkreuzungen usw., und diese Einheiten

werden dann analysiert. Diese Analyse führt zu der beschriebenen Flexibilität im Bezug auf Form und Proportion der Symbole in einem Verkehrszeichen. Ein weiterer Vorteil der modellbasierten Klassifikation ist die Möglichkeit ein funktionierendes Verfahren zu implementieren, ohne dass Trainingsdaten zur Verfügung stehen müssen. Das Erkennungssystem mit der modellbasierten Klassifikation kann damit auch in Ländern eingesetzt werden, zu denen keine Trainingsdaten zur Verfügung stehen, bzw. kann für diese Länder durch eine geeignete Korrektur einiger Klassifikationsparameter ohne Trainingsdaten angepasst werden.

[0035] Ein trainingsbasierter Ansatz ist sehr robust gegenüber unterschiedlichen Variationen des Zeichens, z. B. bei verschiedenen Sicht- bzw. Wetterbedingungen. Die Qualität der Klassifizierung des trainingsbasierten Klassifizierungsansatzes ist u. a. von der Trainingsmethode und der Sicherstellung einer guten Trennschärfe zwischen den einzelnen Klassen zur Klassifizierung von Verkehrszeichen abhängig. Jeder Klasse ist vorzugsweise nur ein Verkehrszeichen zugeordnet. Ferner ist der trainingsbasierte Klassifikationsansatz geeignet, um Verkehrszeichen auch bei partiellen Verdeckungen, beispielsweise infolge von am Verkehrszeichen haftenden Laub oder Schnee oder einer teilweisen Zerstörung des Verkehrszeichens, das Verkehrszeichen dennoch korrekt zu klassifizieren. Durch eine Kombination verschiedener Ansätze zur Klassifizierung von Verkehrszeichen können die einzelnen Vorteile der Ansätze kombiniert werden, so dass ein Gesamtklassifikationsergebnis erzeugt werden kann, das das Verkehrszeichen mit hoher Wahrscheinlichkeit korrekt klassifiziert.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- EP 1131803 B1 [\[0002\]](#)

Patentansprüche

1. Verfahren zur Klassifizierung mindestens eines Verkehrszeichens, bei dem ausgehend von bereitgestellten Bilddaten mindestens eines Bildes mit einer Abbildung mindestens eines Bereichs der Umgebung eines Fahrzeugs mindestens ein in diesem Bereich vorhandenes Objekt ermittelt wird, das Objekt mit Hilfe eines ersten Klassifikationsverfahrens (**16a**) zur Klassifizierung von Verkehrszeichen klassifiziert wird, wobei ein erstes Klassifikationsergebnis erzeugt wird, dasselbe Objekt unabhängig vom ersten Klassifikationsverfahren (**16a**) und/oder vom ersten Klassifikationsergebnis mit Hilfe mindestens eines vom ersten Klassifikationsverfahren (**16a**) verschiedenen zweiten Klassifikationsverfahrens (**16b**) zur Klassifizierung von Verkehrszeichen klassifiziert wird, wobei ein zweites Klassifikationsergebnis erzeugt wird, und bei dem abhängig von den Klassifikationsergebnissen der Klassifikationsverfahren (**16a**, **16b**) ein Gesamtklassifikationsergebnis zur Klassifizierung des Objekts als Verkehrszeichen ermittelt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Objekt mit Hilfe des ersten und des mindestens zweiten Klassifikationsverfahrens (**16a**, **16b**) jeweils eigenständig klassifiziert wird, und dass als Gesamtklassifikationsergebnis ein konkretes Verkehrszeichen ermittelt wird, wobei vorzugsweise eine Information über das ermittelte Verkehrszeichen ausgegeben wird.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mit Hilfe mindestens eines Vorklassifikationsverfahrens (**16f**, **16g**) ermittelt wird, ob das Objekt ein Verkehrszeichen ist und/oder dass mit Hilfe mindestens eines Vorklassifikationsverfahrens (**16f**, **16g**) eine Grundklasse des Verkehrszeichens ermittelt wird, wobei das Objekt nur bei einem positiven Vorklassifikationsergebnis mit der Feststellung, dass das Objekt ein Verkehrszeichen ist, oder mit der Feststellung der Grundklasse des Verkehrszeichens mit Hilfe des ersten und des zweiten Klassifikationsverfahrens (**16a**, **16b**) klassifiziert wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das erste und/oder zweite Klassifikationsergebnis ein Verkehrszeichen als ermitteltes Verkehrszeichen spezifiziert und/oder die Wahrscheinlichkeit für mindestens ein Verkehrszeichen angibt, dass ein durch die Klassifikation spezifiziertes Verkehrszeichen mit dem erfassten Verkehrszeichen übereinstimmt.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Gesamtklassifikationsergebnis durch eine Mittelwertbil-

dung, eine Fuzzy-Logic und/oder einem anderen Bewertungsverfahren zum Bewerten der Klassifikationsergebnisse des ersten und des zweiten Klassifikationsverfahrens erzeugt wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als erstes Klassifikationsverfahren (**16a**) und/oder als zweites Klassifikationsverfahren (**16b**) ein lernbasiertes Klassifikationsverfahren, eine Mustervergleichsklassifikationsverfahren und/oder ein auf konkrete Objektmerkmale basierendes Klassifikationsverfahren verwendet wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Klassifikationsverfahren (**16a**, **16b**, **16c**, **16i**, **16j**, **16f**, **16g**, **16h**) mindestens ein mathematisches Modell zum Ermitteln der Objektklasse des Objekts nutzt, wobei jeder Klasse vorzugsweise genau ein Verkehrszeichen zugeordnet ist.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass mit Hilfe des mathematischen Modells jedem Verkehrszeichen ein Raumsektor eines Merkmalraums zugeordnet ist, wobei die Grenzen der Raumsektoren mit Hilfe des mathematischen Modells bestimmt werden.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Klassentrennung zwischen den einzelnen Raumsektoren mit Hilfe einer AdaBoost-Methode oder einer Support Vector Machine ermittelt wird.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Klassifikationsergebnis ein Abstand eines durch seine Objektmerkmale definierten Objekts zu dem Mittelpunkt einer Klasse, vorzugsweise als prozentualer Abstand oder tatsächlicher Abstand im Klassenraum zum Klassenmittelpunkt, als Wahrscheinlichkeit der Zugehörigkeit des Objekts zu einer Klasse und/oder als zu einem Klassenraum gehörendes Objekt ermittelt wird.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren jeweils separat für die Klassifikation eines Verkehrszeichens und zusätzlich für die Klassifikation eines Verkehrszusatzzeichens vorzugsweise parallel durchgeführt wird.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Objekt mit Hilfe eines Nachverfolgungsverfahrens über mehrere nacheinander erfasste Bilder nachverfolgt wird, wobei das Objekt mit Hilfe des Nachverfolgungsverfahrens ermittelt wird.

13. Vorrichtung zur Klassifikation mindestens eines Verkehrszeichens,
mit einem Kamerasystem (**12**), das mindestens ein Bild mit einer Abbildung mindestens eines Bereichs der Umgebung eines Fahrzeugs erfasst und der Abbildung entsprechende Bilddaten erzeugt,
mit einem Bildverarbeitungssystem (**14**) zum Verarbeiten der Bilddaten, wobei das Bildverarbeitungssystem (**14**) mindestens ein in dem erfassten Bereich vorhandenes Objekt ermittelt,
mit einem ersten Klassifikationsmodul (**16a**) zum Durchführen eines ersten Klassifikationsverfahrens, das das Objekt klassifiziert und ein erstes Klassifikationsergebnis erzeugt,
mit mindestens einem zweiten Klassifikationsmodul (**16b**) zum Durchführen eines vom ersten Klassifikationsverfahren verschiedenen zweiten Klassifikationsverfahrens, das dasselbe Objekt unabhängig vom ersten Klassifikationsverfahren und/oder ersten Klassifikationsergebnis klassifiziert und ein zweites Klassifikationsergebnis erzeugt,
und mit einem Verarbeitungsmodul (**16c**), das die Klassifikationsergebnisse der Klassifikationsverfahren verarbeitet und abhängig von den Klassifikationsergebnissen der Klassifikationsverfahren ein Gesamtklassifikationsergebnis ermittelt wird.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

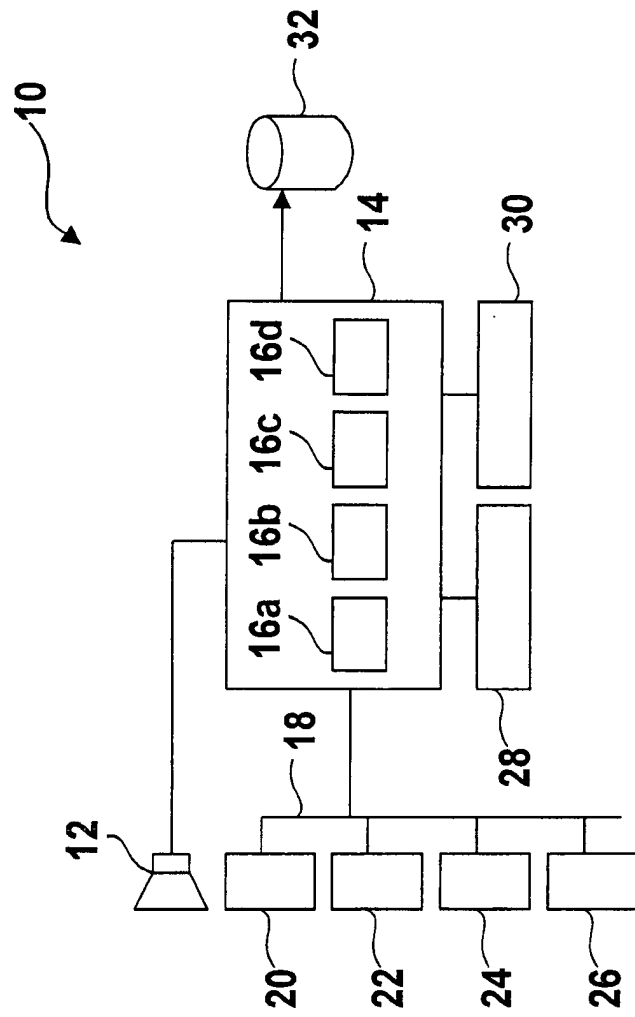


Fig. 1

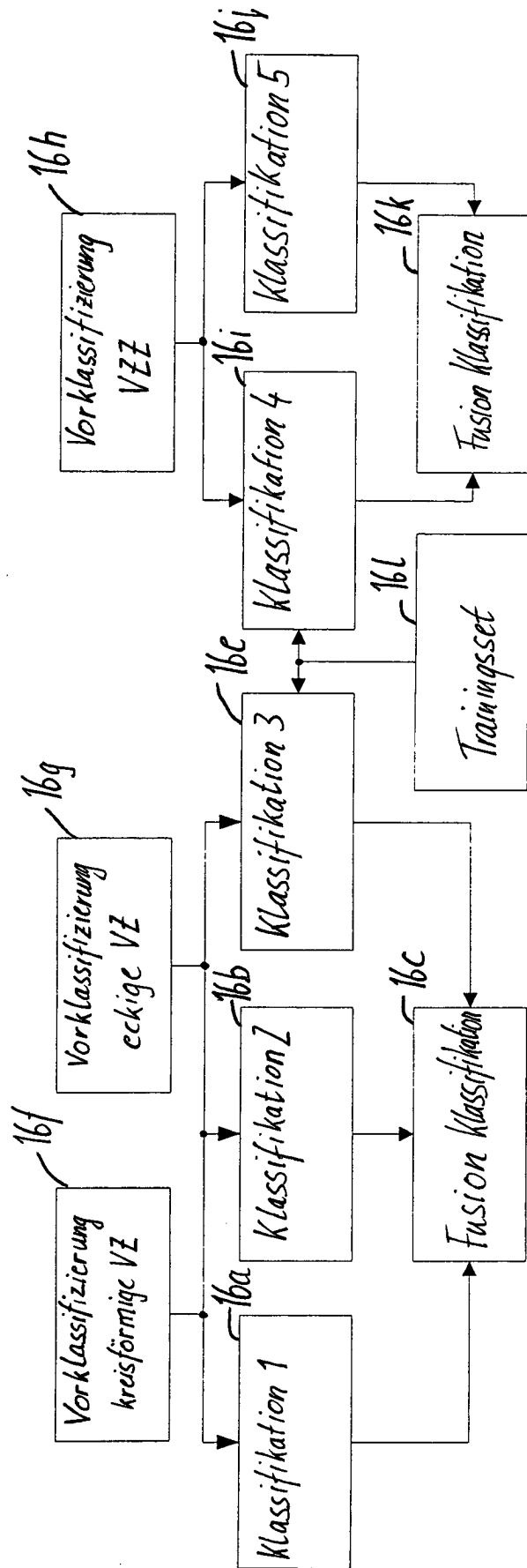


Fig. 2