

(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
10. November 2016 (10.11.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/177372 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
G06K 9/00 (2006.01) **G06K 9/62** (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2016/200208
- (22) Internationales Anmeldedatum:
4. Mai 2016 (04.05.2016)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2015 208 428.0 6. Mai 2015 (06.05.2015) DE
- (71) Anmelder: **CONTINENTAL TEVES AG & CO. OHG**
[DE/DE]; Guerickestr. 7, 60488 Frankfurt (DE).
FRIEDRICH-SCHILLER-UNIVERSITÄT JENA
[DE/DE]; Fürstengraben 1, 07743 Jena (DE).
- (72) Erfinder: **HARTMANN, Bernd**; Engelsgasse 3b, 61350
Bad Homburg (DE). **SCHRÄBLER, Sighard**;
Dornbachweg 10, 61184 Karben (DE). **AMTHOR,**
Manuel; Kronfeldstraße 15, 07745 Jena (DE).
DENZLER, Joachim; Ziegmühlenweg 7a, 07743 Jena
(DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG,
KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR DETECTING AND EVALUATING ENVIRONMENTAL INFLUENCES AND ROAD
CONDITION INFORMATION IN THE VEHICLE SURROUNDINGS

(54) Bezeichnung : VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ERKENNUNG UND BEWERTUNG VON
UMWELTEINFLÜSSEN UND FAHRBAHNZUSTANDSINFORMATIONEN IM FAHRZEUGUMFELD

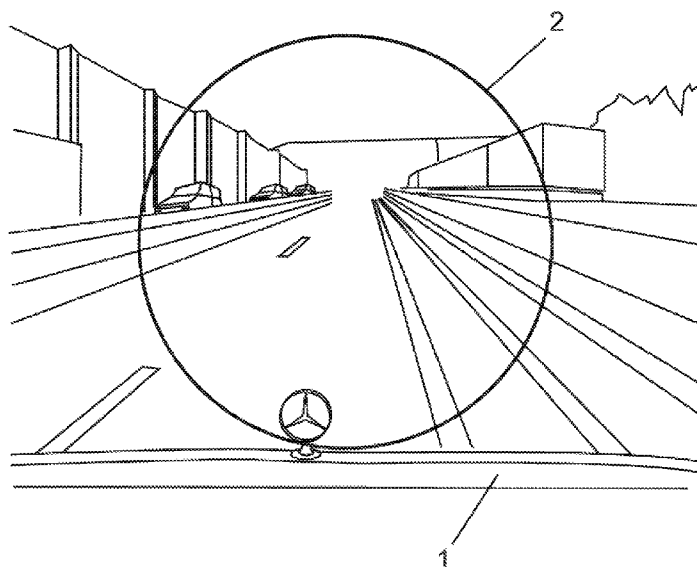


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method for detecting and evaluating environmental influences and road condition information in the surroundings of a vehicle (1). At least two digital images are generated in a successive manner by means of a camera, and the same image section (2) is selected on each image. Changes in the image sharpness between the image sections (2) of the at least two successive images are detected using digital image processing algorithms, and the image sharpness changes are weighted in a decreasing manner from the center of the image sections (2) towards the outside. Surroundings condition information is ascertained on the basis of the detected image sharpness changes between the image sections (2) of the at least two successive images using machine learning methods, and road condition information is determined on the basis of the ascertained surroundings condition information. The invention further relates to a device for carrying out the aforementioned method and to a vehicle (1) comprising such a device.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



-
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erkennung und Bewertung von Umwelteinflüssen und Fahrbahnzustandsinformationen im Umfeld eines Fahrzeugs (1). Mittels einer Kamera werden aufeinanderfolgend mindestens zwei digitale Bilder erzeugt, auf welchen jeweils ein gleicher Bildausschnitt (2) ausgewählt wird. Mittels Algorithmen digitaler Bildverarbeitung werden Veränderungen der Bildschärfe zwischen den Bildausschnitten (2) der mindestens zwei aufeinander folgenden Bilder erkannt, wobei eine Gewichtung der Bildschärfeveränderungen vom Zentrum der Bildausschnitte (2) nach außen hin abfallend durchgeführt wird. In Abhängigkeit der erkannten Bildschärfeveränderungen zwischen den Bildausschnitten (2) der mindestens zwei aufeinander folgenden Bilder wird eine Umweltzustands-Information mit Hilfe von Methoden des maschinellen Lernens ermittelt und in Abhängigkeit der ermittelten Umwelt-Zustandsinformation wird eine Fahrbahnzustands-Information bestimmt. Weiterhin betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Durchführung des vorgenannten Verfahrens und ein Fahrzeug (1) mit einer solchen Vorrichtung.

Verfahren und Vorrichtung zur Erkennung und Bewertung von
Umwelteinflüssen und Fahrbahnzustandsinformationen im
Fahrzeugumfeld

5

Gebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erkennung und Bewertung
von Umwelteinflüssen im Umfeld eines Fahrzeugs. Weiterhin
10 betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Durchführung des
vorgenannten Verfahrens und ein Fahrzeug mit einer solchen
Vorrichtung.

Hintergrund der Erfindung

15

Der technologische Fortschritt im Bereich der optischen
Bilderfassung erlaubt den Einsatz von kamerabasierten
Fahrerassistenzsystemen, die hinter der Windschutzscheibe
platziert der visuellen Wahrnehmung des Fahrers entsprechend das
20 Vorfeld des Fahrzeugs erfassen. Die funktionalen Umfänge dieser
Systeme erstrecken sich dabei von der Fernlichtautomatik über
Erkennung und Anzeige von Geschwindigkeitsbegrenzungen bis hin
zur Warnung bei Spurhaltefehlern oder drohender Kollision.

25 Ausgehend von der reinen Vorfelderfassung bis hin zum
vollständigen 360° Rundumblick sind heute Kameras in
vielfältigen Applikationen und unterschiedlichen Funktionen für
Fahrerassistenzsysteme in modernen Fahrzeugen zu finden. Aufgabe
der digitalen Bildverarbeitung als Stand-alone Funktion oder in
30 Fusion mit Radar- oder Lidarsensoren ist es dabei primär Objekte
zu erkennen, zu klassifizieren und im Bildausschnitt zu
verfolgen. Klassische Objekte sind in der Regel verschiedenste
Fahrzeuge wie PKW, LKW, Zweiräder oder Fußgänger. Darüber hinaus
übernehmen Kameras die Erfassung von Schildern,

Fahrspurmarkierungen, Leitplanken, Freiräumen oder sonstigen generischen Objekten.

Das automatische Erlernen und Erkennen von Objektkategorien und deren Instanzen gehört zu den wichtigsten Aufgaben der digitalen Bildverarbeitung und stellt den aktuellen Stand der Technik dar. Aufgrund der aktuell sehr weit fortgeschrittenen Verfahren, die diese Aufgaben beinahe so gut wie ein Mensch erfüllen können, hat sich inzwischen der Schwerpunkt von einer groben auf eine genaue Lokalisierung der Objekte verlagert.

Im Bereich moderner Fahrerassistenz werden unterschiedliche Sensoren u.a. auch Videokameras eingesetzt um das Fahrzeugumfeld möglichst genau und robust zu erfassen. Diese Umfeldinformationen zusammen mit den fahrdynamischen Informationen des Fahrzeugs über z.B. die Inertialsensorik verschaffen einen guten Eindruck über den aktuellen Fahrzustand des Fahrzeugs und die gesamte Fahrsituation. Daraus lässt sich die Kritikalität von Fahrsituationen ableiten und die entsprechenden Fahrerinformationen/-warnungen bis hin zu fahrdynamischen Eingriffen über Bremse und Lenkung initiieren.

Da der zur Verfügung stehende Reibbeiwert oder Fahrbahnzustand für Fahrerassistenzsysteme jedoch nicht zur Verfügung steht bzw. nicht benannt werden kann, erfolgt die Auslegung der Warn- und Eingriffszeitpunkte grundsätzlich auf Basis einer trockenen Fahrbahn mit hohem Kraftschlusspotential zwischen Reifen und Fahrbahn.

Die Fahrerwarnung bzw. der systemseitige Eingriff bei unfallvermeidenden oder -abschwächenden Systemen erfolgt so spät, dass es bei tatsächlich trockener Fahrbahn - entsprechend der Systemauslegung im Zielkonflikt zwischen rechtzeitiger Warnung und zu früher Fehlwarnung - gerade noch zur

Unfallvermeidung oder zur akzeptablen Unfallfolgenminderung reicht. Ist die Fahrbahn jedoch bei Nässe, Schnee oder gar Eis weniger griffig, kann der Unfall nicht mehr verhindert werden und auch die Minderung der Unfallfolgen erzielt nicht den gewünschten Effekt.

Zusammenfassung der Erfindung

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung kann daher darin bestehen, ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Art bereitzustellen, mittels welcher der Fahrbahnzustand oder gar der zur Verfügung stehende Reibbeiwert systemseitig bestimmt oder zumindest abgeschätzt werden kann, damit Fahrerwarnungen und auch Systemeingriffe entsprechend zielgerichteter erfolgen können und dadurch die Wirksamkeit von unfallvermeidenden Fahrerassistenzsystemen erhöht werden kann.

Die Aufgabe wird gelöst durch die Gegenstände der unabhängigen Patentansprüche. Bevorzugte Ausführungsformen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Erkennung und Bewertung von Umwelteinflüssen im Umfeld eines Fahrzeugs nach Anspruch 1 umfasst die Verfahrensschritte

- Bereitstellen einer Kamera in dem Fahrzeug,
- aufeinander folgendes Erzeugen mindestens zweier digitaler Bilder mittels der Kamera,
- Auswählen eines gleichen Bildausschnitts auf den zwei Bildern,
- Erkennen von Veränderungen der Bildschärfe zwischen den Bildausschnitten mittels Algorithmen digitaler Bildverarbeitung, wobei eine Gewichtung der Bildschärfeveränderungen vom Zentrum der Bildausschnitte nach außen hin durchgeführt wird,

- Ermitteln einer Umweltzustands-Information in Abhängigkeit der erkannten Bildschärfeveränderungen zwischen den Bildausschnitten mit Hilfe von Methoden des maschinellen Lernens und
- 5 - Bestimmen einer Fahrbahnzustands-Information in Abhängigkeit der ermittelten Umwelt-Zustandsinformation.

Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren wird in den von der Kamera erzeugten Bildern durch Verwendung digitaler

10 Bildverarbeitungsalgorithmen nach bestimmten Merkmalen gesucht, welche es erlauben, auf Umweltbedingungen im Umfeld des Fahrzeugs und damit auf den aktuellen Fahrbahnzustand zu schließen. Dabei stellt der ausgewählte Bildausschnitt die sogenannte „Region of Interest (ROI)“ dar, welche ausgewertet wird. Aus der ROI können

15 Merkmale extrahiert werden, die geeignet sind, die unterschiedliche Erscheinung der Umgebung in den Bildern der Kamera in Abhängigkeit der Präsenz von solchen Umwelteinflüssen bzw. Umweltbedingungen zu erfassen. In diesem Zusammenhang ist vorteilhaft vorgesehen das Extrahieren von Merkmalen, welche die

20 Bildschärfeveränderung zwischen den Bildausschnitten der mindestens zwei aufeinander folgenden Bilder erfassen, das Bilden eines Merkmalsvektors aus den extrahierten Merkmalen und das Zuweisen des Merkmalsvektors zu einer Klasse mittels eines Klassifikators.

25 Das erfindungsgemäße Verfahren verwendet Algorithmen der digitalen Bildverarbeitung mit dem Ziel, Umwelteinflüsse im direkten Umfeld eines Fahrzeugs zu erkennen und zu bewerten. Umwelteinflüsse wie beispielsweise Regen, Stark-Regen oder

30 Schneefall aber auch deren Auswirkungen wie Spritzwasser, Wassergischt oder auch Schneeschieben vom eigenen aber auch von anderen vorausfahrenden oder seitlich fahrenden Fahrzeugen können detektiert bzw. erkannt werden, woraus eine entsprechende Umweltzustands-Information ermittelt werden kann. Das Verfahren

zeichnet sich insbesondere dadurch aus, dass der zeitliche Kontext durch eine Abfolge von mindestens zwei Bildern einbezogen und so der Merkmalsraum um die zeitliche Dimension erweitert wird. Die Entscheidung über das Vorhandensein von

5 Umwelteinflüssen und/oder den daraus resultierenden Effekten wird somit nicht anhand von absoluten Werten getroffen, was insbesondere dann Fehlklassifikationen verhindert, wenn wenig Bildschärfe vorhanden ist, z.B. bei starkem Regen oder Nebel.

10 Das erfindungsgemäße Verfahren findet bevorzugt in einem Fahrzeug Anwendung. Das Bereitstellen der Kamera kann dabei insbesondere innerhalb des Fahrzeugs erfolgen, vorzugsweise hinter der Windschutzscheibe, so dass einer visuellen Wahrnehmung eines Fahrers des Fahrzeugs entsprechend das Vorfeld
15 des Fahrzeugs erfasst werden kann.

Bevorzugt wird eine Digitalkamera bereitgestellt, mit welcher die wenigstens zwei Bilder direkt digital aufgenommen und mittels Algorithmen digitaler Bildverarbeitung ausgewertet werden
20 können. Insbesondere kann eine Monokamera oder eine Stereokamera zum Erzeugen der Bilder zum Einsatz kommen, da je nach Ausprägung auch Tiefeninformationen aus dem Bild für den Algorithmus verwendet werden können.

25 Das Verfahren ist besonders robust, da der zeitliche Kontext einbezogen wird. Es wird angenommen, dass eine Bildsequenz aufeinanderfolgender Bilder wenig Veränderung der Bildschärfe in der Szene aufweist und starke Veränderungen der berechneten Merkmalswerte von auftreffenden und/oder verschwindenden
30 Umwelteinflüssen (beispielsweise Regentropfen oder Spritzwasser, Sprühnebel, Gischt) verursacht werden. Diese Information wird als weiteres Merkmal verwendet. Dabei ist die sprunghafte Veränderung von Einzelbildmerkmalen aufeinanderfolgender Bilder von Interesse und nicht die gesamte

Veränderung innerhalb der Sequenz, z.B. Tunneleinfahrten oder sich vorbeibewegende Objekte.

- Um ungewollte sprunghafte Veränderungen im Randbereich der
5 Bilder, insbesondere im seitlichen Randbereich der Bilder, robust zu entfernen, wird die Berechnung von Einzelbildmerkmalen von innen nach außen absteigend gewichtet. Mit anderen Worten werden Veränderungen im Zentrum der ausgewählten Region stärker gewichtet, als Veränderungen, welche vom Zentrum entfernt
10 auftreten. Eine sprunghafte Veränderung, welche möglichst keinen oder nur einen untergeordneten Eingang in die Ermittlung der Umweltzustands-Information finden soll, kann beispielsweise durch ein seitlich vorbeifahrendes Fahrzeug verursacht werden.
- 15 Die einzelnen Merkmale bilden einen Merkmalsvektor, welcher die verschiedenen Informationen aus der ROI kombiniert, um im Schritt der Klassifikation robuster und genauer über die Präsenz von derartigen Umwelteinflüssen entscheiden zu können. Verschiedene Merkmalstypen ergeben eine Menge von Merkmalsvektoren. Die so
20 entstandene Menge an Merkmalsvektoren wird als Merkmalsdeskriptor bezeichnet. Das Zusammensetzen des Merkmalsdeskriptors kann durch einfache Konkatenation, gewichtete Kombination, oder andere nicht-lineare Abbildungen erfolgen. Der Merkmalsdeskriptor kann anschließend von einem
25 Klassifikationssystem (Klassifikator) mindestens einer Umweltzustandsklasse zugewiesen werden. Diese Umweltzustandsklassen sind beispielsweise „Umwelteinflüsse ja/nein“ oder „(Stark-)Regen“ und „Rest“.
- 30 Ein Klassifikator ist eine Abbildung des Merkmalsdeskriptors auf eine diskrete Zahl, die die zu erkennenden Klassen repräsentiert. Als Klassifikator wird vorzugsweise ein zufälliger Entscheidungswald (engl. Random Decision Forest) verwendet. Entscheidungsbäume sind hierarchisch angeordnete

Klassifikatoren, die das Klassifikationsproblem baumartig aufspalten. Beginnend in der Wurzel wird auf Basis der getroffenen Entscheidungen der Pfad zu einem Blattknoten beschriftet, in welchem die finale Klassifikationsentscheidung stattfindet. Aufgrund der Lernkomplexität werden vorzugsweise für die inneren Knoten sehr einfache Klassifikatoren, die sogenannten decision stumps verwendet, welche den Eingaberaum orthogonal zu einer Koordinatenachse separieren.

Entscheidungswälder sind Kollektionen von Entscheidungsbäumen, die an vorzugsweise zwei Stellen randomisierte Elemente beim Trainieren der Bäume enthalten. Als erstes wird jeder Baum mit einer zufälligen Auswahl an Trainingsdaten trainiert und zweitens für jede binäre Entscheidung nur eine zufällige Auswahl zulässiger Dimensionen verwendet. In den Blattknoten werden Klassenhistogramme gespeichert, die eine Maximum-Likelihood-Schätzung über die den Blattknoten im Training erreichenden Merkmalsvektoren erlauben.

Klassenhistogramme speichern die Häufigkeit, mit der ein Merkmalsdeskriptor einer bestimmten Information über einen Umwelteinfluss beim Durchlaufen des Entscheidungsbaumes den entsprechenden Blattknoten erreicht. Als Ergebnis kann jeder Klasse vorzugsweise eine Wahrscheinlichkeit zugeordnet werden, die sich aus den Klassenhistogrammen berechnet.

Um für einen Merkmalsdeskriptor eine Entscheidung über die Präsenz von solchen Umwelteinflüssen zu treffen, wird vorzugsweise die wahrscheinlichste Klasse aus dem Klassenhistogramm als der aktuelle Zustand verwendet, oder andere Methoden, um die Information aus den Entscheidungsbäumen beispielsweise in eine Regenpräsenzentscheidung oder eine andere Umwelteinflussentscheidung zu übertragen.

An diese Entscheidung pro Eingabebild kann sich eine Optimierung anschließen. Diese Optimierung kann zeitlichen Kontext berücksichtigen oder weitere Information, die vom Fahrzeug zur Verfügung gestellt werden. Zeitlicher Kontext wird vorzugsweise
5 dadurch berücksichtigt, dass die häufigste Klasse aus einem vorangegangenen Zeitabschnitt verwendet oder mittels eines sogenannten Hysterese-Schwellwertverfahrens berechnet wird. Bei dem Hysterese-Schwellwertverfahren wird der Wechsel von einem Fahrbahnzustand in den anderen anhand von Schwellwerten
10 geregelt. Ein Wechsel erfolgt erst dann, wenn die Wahrscheinlichkeit für den neuen Zustand hoch genug und für den alten Zustand dementsprechend gering ist.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform kann der Bildausschnitt
15 vorteilhaft ein zentraler Bildausschnitt sein, welcher bevorzugt einen Mittenbildausschnitt um den optischen Fluchtpunkt der Bilder herum umfasst. Dieser zentrale Bildausschnitt ist bevorzugt in Fahrzeugfahrtrichtung vorausschauend gerichtet und bildet die ROI. Die Auswahl eines solchen Mittenbildausschnitts
20 hat den Vorteil, dass Störungen beim Erkennen von Veränderungen in der Region besonders gering gehalten werden können, insbesondere deshalb, weil der seitliche Bereich des Fahrzeugs bei Geradeausfahrten besonders wenig berücksichtigt wird. Mit anderen Worten ist diese Ausführungsform insbesondere dadurch
25 gekennzeichnet, dass zum Zweck einer Beurteilung von witterungsbedingten Umwelteinflüssen bzw. Umweltbedingungen wie beispielsweise Regen, Starkregen oder Nebel ein insbesondere größtmöglicher Mittenbildausschnitt um den optischen Fluchtpunkt herum herangezogen wird. Dabei kann in einer
30 besonders vorteilhaften Form der Einfluss der darin befindlichen Pixel - insbesondere normalverteilt (siehe unten) - von innen nach außen absteigend gewichtet werden, um die Robustheit gegenüber Randerscheinungen wie beispielsweise sich schnell vorbeibewegende Objekte oder Infrastruktur weiter zu steigern.

Der Bildausschnitt kann gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform vorteilhaft auch ein erkanntes, sich bewegendes Hindernis umfassen, z.B. auf ein Fahrzeug oder ein Zweirad fokussiert sein, um im direkten Umfeld – insbesondere im unteren Bereich dieser Objekte – Indikatoren für Spritzwasser, Gischt, Sprühnebel, Schneefahnen etc. zu detektieren. Die sich bewegenden Hindernisse bilden jeweils eine ROI. Mit anderen Worten werden zum Zweck einer Beurteilung von Effekten aus witterungsbedingten Umwelteinflüssen (z.B. Spritzwasser, Gischt, Sprühnebel und Schneefahnen) dedizierte Bildausschnitte herangezogen, welche anhand von verfügbaren Objekthypothesen – vorzugsweise vorausfahrende oder seitlich fahrende Fahrzeuge – bestimmt werden.

Die Gewichtung kann mit verschiedenen Ansätzen realisiert werden, wie z.B. das ausschließliche Betrachten des Fluchtpunktes im Bild oder das Betrachten eines sich bewegenden Fahrzeugs. Weiterhin können Bildschärfeveränderungen zwischen den Bildausschnitten der mindestens zwei aufeinanderfolgenden Bilder von innen nach außen abfallend auch vorteilhaft gemäß einer Gauß-Funktion mit einer normalverteilten Gewichtung gewichtet werden. So ist insbesondere vorgesehen, dass eine normalverteilte Gewichtung um den Fluchtpunkt des Mittenbildausschnitts oder um das sich bewegende Hindernis erfolgt. Dies hat insbesondere den Vorteil, dass ein zeitliches Bewegungsmuster einzelner Bildbereiche durch den Algorithmus berücksichtigt werden kann.

Das Erkennen von Veränderungen der Bildschärfe zwischen den mindestens zwei Bildausschnitten erfolgt anhand einer Berechnung der Veränderung der Bildschärfe innerhalb des Bildausschnitts. Dabei wird ausgenutzt, dass auftreffende unfokussierte Regentropfen in der betrachteten Region die Schärfe im Kamerabild

verändern. Ähnliches gilt für erkannte, sich bewegende Objekte im direkten Umfeld, deren Erscheinungsbild – insbesondere Bildschärfe – sich im Falle von Regen, Spritzwasser, Gischt oder Schneefahnen im zeitlichen Kontext verändert. Um eine Aussage
5 über das Vorhandensein von bestimmten Umwelteinflüssen bzw. Umweltbedingungen oder den daraus resultierenden Effekten treffen zu können, können Merkmale auf Basis der berechneten Bildschärfe extrahiert werden – vorzugsweise mittels statistischer Momente –, um anschließend eine Klassifikation –
10 vorzugsweise „zufällige Entscheidungswälder“ – anhand der ermittelten Merkmale durchzuführen.

Die Berechnung der Bildschärfe kann mit Hilfe von zahlreichen Methoden realisiert werden, vorzugsweise auf Basis der
15 homomorphen Filterung. Die homomorphe Filterung liefert Reflexionsanteile als Maß für die Schärfe unabhängig von der Beleuchtung im Bild. Weiterhin kann mit Hilfe von Mehrfachanwendung eines Medianfilters die benötigte Gaußfilterung approximiert werden und dadurch die benötigte
20 Rechenzeit reduziert werden.

Die Schärferechnung kann auf verschiedenen Bildrepräsentationen geschehen (RGB, Lab, Grauwert, etc.) vorzugsweise auf HSI Kanälen. Die damit berechneten Werte, sowie
25 deren Mittelwert und Varianz können als Einzelbildmerkmale dienen.

Eine weitere bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens umfasst die zusätzlichen Verfahrensschritte
30 Kommunizieren der Umweltzustands- und/oder Fahrbahnzustands-Information, welche zuvor anhand der Umweltzustandsinformation ermittelt worden ist, an ein Fahrerassistenzsystem eines Fahrzeugs und Anpassen von Warn- und Eingriffszeitpunkten mittels des Fahrerassistenzsystems in

Abhängigkeit der Umweltzustands- und/oder
Fahrbahnzustands-Information. Auf diese Weise dient die
Fahrbahnzustands-Information als Eingang für das
unfallvermeidende Fahrerassistenzsystem, z.B. für eine
5 Autonomous Emergency Brake (AEB) -Funktion, um entsprechend die
Warn- und Eingriffszeitpunkte des Fahrerassistenzsystems
besonders effektiv anpassen zu können. Die Wirksamkeit von
unfallvermeidenden Maßnahmen durch solche sogenannte Advanced
Driver Assistance Systems (ADAS) kann dadurch deutlich erhöht
10 werden.

Weiterhin sind folgende Verfahrensschritte vorteilhaft
vorgesehen:

- Einbeziehen der Umweltzustands- und/oder
15 Fahrbahnzustands-Information in die Funktion eines
automatisierten Fahrzeugs und
- Anpassen von Fahrstrategie und Bestimmung von
Übergabezeitpunkten zwischen Automat und Fahrer in
Abhängigkeit der Umweltzustands- und/oder
20 Fahrbahnzustands-Information.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Durchführung des vorstehend
beschriebenen Verfahrens, umfasst eine Kamera, welche dazu
eingerrichtet ist, mindestens zwei aufeinander folgende Bilder zu
25 erzeugen. Die Vorrichtung ist weiterhin dazu eingerichtet einen
gleichen Bildausschnitt auf den mindestens zwei Bildern
auszuwählen, Veränderungen der Bildschärfe zwischen den
mindestens zwei Bildausschnitten mittels Algorithmen digitaler
Bildverarbeitung zu ermitteln und dabei eine Gewichtung der
30 Bildschärfeveränderungen vom Zentrum der Bildausschnitte nach
außen abfallend zu gewichten, eine Umweltzustands-Information in
Abhängigkeit der erkannten Veränderungen der Bildschärfe
zwischen den Bildausschnitten mit Hilfe von Methoden des
maschinellen Lernens zu ermitteln und eine

Fahrbahnzustands-Information in Abhängigkeit der ermittelten Umwelt-Zustandsinformation zu bestimmen.

Bezüglich der Vorteile und vorteilhaften Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird zur Vermeidung von Wiederholungen auf die vorstehenden Ausführungen im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren verwiesen, wobei die erfindungsgemäße Vorrichtung die dazu notwendigen Elemente aufweisen bzw. in erweiterter Weise dazu eingerichtet sein kann.

Das erfindungsgemäße Fahrzeug umfasst eine vorstehend beschriebene erfindungsgemäße Vorrichtung.

Kurze Beschreibung der Figuren

Im Folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert. Hierbei zeigt:

Fig. 1 eine Darstellung berechneter Bildschärfen für einen zentralen Bildausschnitt und

Fig. 2 eine Darstellung berechneter Bildschärfen für einen dedizierten Bildausschnitt.

Detaillierte Beschreibung von Ausführungsbeispielen

Fig. 1 und 2 zeigen jeweils eine Darstellung berechneter Bildschärfen für einen zentralen Bildausschnitt (Fig. 1) bzw. einen dedizierten Bildausschnitt (Fig. 2) gemäß zweier Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Verfahrens. In Fig. 1 und 2 ist jeweils der vordere Teil eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Fahrzeugs 1 zu sehen, welches mit einem Ausführungsbeispiel einer nicht dargestellten erfindungsgemäßen Vorrichtung ausgerüstet ist, die eine Kamera umfasst. Die Kamera

ist innerhalb des Fahrzeugs hinter der Windschutzscheibe bereitgestellt, so dass einer visuellen Wahrnehmung eines Fahrers des Fahrzeugs 1 entsprechend das Vorfeld des Fahrzeugs 1 erfasst werden kann. Die Kamera hat aufeinanderfolgend zwei digitale Bilder erzeugt und die Vorrichtung hat den in Fig. 1 und Fig. 2 jeweils mit einem Kreis umrandeten gleichen Bildausschnitt 2 in beiden Bildern ausgewählt und mittels Algorithmen digitaler Bildverarbeitung Veränderungen der Bildschärfe zwischen den Bildausschnitten 2 erkannt. In den gezeigten Ausführungsbeispielen wurde die Bildschärfe für die Bildausschnitte 2 auf Basis der homomorphen Filterung berechnet, dessen Ergebnis durch Fig. 1 und 2 gezeigt ist.

Dabei ist der Bildausschnitt 2 nach Fig. 1 ein zentraler Bildausschnitt, welcher einen Mittenbildausschnitt um den optischen Fluchtpunkt der Bilder herum umfasst. Dieser zentrale Bildausschnitt 2 ist in Fahrzeugfahrtrichtung vorausschauend gerichtet und bildet die Region of Interest. Der Bildausschnitt nach Fig. 2 hingegen umfasst ein erkanntes, sich bewegendes Hindernis und ist in diesem Fall auf ein weiteres Fahrzeug 3 fokussiert, um im direkten Umfeld – insbesondere im unteren Bereich des weiteren Fahrzeugs 3 – Indikatoren für Spritzwasser, Gischt, Sprühnebel, Schneefahnen etc. zu detektieren. Das sich bewegendes weitere Fahrzeug 3 bildet die Region of Interest.

Veränderungen der Bildschärfe zwischen den Bildausschnitten 2 werden von innen nach außen abfallend gemäß einer Gauß-Funktion, d.h. normalverteilt gewichtet. Mit anderen Worten werden Veränderungen im Zentrum der Bildausschnitte 2 am stärksten gewichtet und Veränderungen im Randbereich werden beim Vergleich der Bildausschnitte 2 nur äußerst gering berücksichtigt.

In den durch Fig. 1 und 2 gezeigten Beispielen erkennt die Vorrichtung, dass nur geringe Veränderungen der Bildschärfe

zwischen den Bildausschnitten vorliegen und ermittelt daraus eine Umweltzustands-Information, welche beinhaltet, dass kein Regen, Spritzwasser, Gischt oder Schneefahnen vorliegen. Das Ermitteln der Umweltzustands-Information erfolgt dabei mittels
5 Methoden des maschinellen Lernens und nicht durch manuelle Eingabe. Ein entsprechendes Klassifikationssystem wird hierbei mit Daten aus den Veränderungen der Bildschärfe von mindestens 2 Bildern, bevorzugt jedoch von mehreren Bildern, beliefert. Dabei ist nicht nur von Relevanz, wie groß die Veränderung ist,
10 sondern wie sich die Veränderung im zeitlichen Kontext verändert. Und genau dieser Verlauf wird hier gelernt und in späteren Aufnahmen wiedergefunden. Wie genau dieser Verlauf aussehen muss, um beispielsweise trocken zu sein, ist nicht bekannt. Diese Information ist quasi im Klassifikator verborgen und nur schwer
15 oder gar nicht vorherzusagen.

Aus der ermittelten Umweltzustands-Information ermittelt die Vorrichtung weiterhin eine Fahrbahnzustands-Information, welche beinhaltet, dass die Fahrbahn trocken ist. Die
20 Fahrbahnzustands-Information wird an ein nicht gezeigtes Fahrerassistenzsystem des Fahrzeugs kommuniziert, welches in diesem Fall davon absieht Warn- und Eingriffszeitpunkten in Abhängigkeit der Fahrbahnzustands-Information anzupassen.

25 Im alternativen Fall des Detektierens starker Abweichungen zwischen den Bildausschnitten würde die Vorrichtung daraus eine Umweltzustands-Information ermitteln, welche beinhaltet, dass z.B. Regen vorliegt. Aus der ermittelten Umweltzustands-Information würde die Vorrichtung dann eine
30 Fahrbahnzustands-Information ermitteln, welche beinhaltet, dass die Fahrbahn nass ist. Die Fahrbahnzustands-Information würde an das Fahrerassistenzsystem des Fahrzeugs kommuniziert werden, welches dann Warn- und Eingriffszeitpunkten in Abhängigkeit der Fahrbahnzustands-Information anpassen würde.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erkennung und Bewertung von Umwelteinflüssen und Fahrbahnzustandsinformationen im Umfeld eines
5 Fahrzeugs (1), umfassend die Verfahrensschritte:
 - Bereitstellen einer Kamera in dem Fahrzeug (1),
 - aufeinander folgendes Erzeugen mindestens zweier digitaler Bilder mittels der Kamera,
 - Auswählen eines gleichen Bildausschnitts (2) auf den
10 zwei Bildern,
 - Erkennen von Veränderungen der Bildschärfe zwischen den mindestens zwei Bildausschnitten (2) mittels Algorithmen digitaler Bildverarbeitung, wobei eine Gewichtung der Bildschärfeveränderungen vom Zentrum
15 der Bildausschnitte (2) nach außen hin abfallend durchgeführt wird,
 - Ermitteln einer Umweltzustands-Information in Abhängigkeit der erkannten Bildschärfeveränderungen zwischen den Bildausschnitten (2) mit Hilfe von
20 Methoden des maschinellen Lernens und
 - Bestimmen einer Fahrbahnzustands-Information in Abhängigkeit der ermittelten Umwelt-Zustandsinformation.
- 25 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Bildausschnitt (2) ein zentraler Bildausschnitt um den optischen Fluchtpunkt herum ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,
30 dass der Bildausschnitt (2) ein erkanntes, sich bewegendes Hindernis (3) umfasst.
4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Bildschärfeveränderungen zwischen den

Bildausschnitten (2) der mindestens zwei aufeinanderfolgenden Bilder von innen nach außen abfallend gemäß einer Gauß-Funktion gewichtet werden.

- 5 5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Berechnung der Veränderung der Bildschärfe zwischen den Bildausschnitten (2) der mindestens zwei aufeinander folgenden Bilder basierend auf homomorpher Filterung erfolgt.
- 10
6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch
- Extrahieren von Merkmalen, welche die Bildschärfeveränderung zwischen den Bildausschnitten
 - 15 (2) der mindestens zwei aufeinander folgenden Bilder erfassen;
 - Bilden eines Merkmalsvektors aus den extrahierten Merkmalen und
 - Zuweisen des Merkmalsvektors zu einer Klasse mittels
 - 20 eines Klassifikators.
7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch
- Kommunizieren der Umweltzustands- und/oder
 - 25 Fahrbahnzustands-Information an ein Fahrerassistenzsystem eines Fahrzeugs und
 - Anpassen von Warn- und Eingriffszeitpunkten mittels des Fahrerassistenzsystems in Abhängigkeit der Umweltzustands- und/oder
 - 30 Fahrbahnzustands-Information.
8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch

- Einbeziehen der Umweltzustands- und/oder
Fahrbahnzustands-Information in die Funktion eines
automatisierten Fahrzeugs
- Anpassen von Fahrstrategie und Bestimmung von
Übergabezeitpunkten zwischen Automat und Fahrer in
Abhängigkeit der Umweltzustands- und/oder
Fahrbahnzustands-Information.

9. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der
vorstehenden Ansprüche, umfassend eine Kamera, welche dazu
eingerrichtet ist, mindestens zwei aufeinander folgende
Bilder zu erzeugen,

wobei die Vorrichtung dazu eingerichtet ist,

- einen gleichen Bildausschnitt (2) auf den mindestens
zwei Bildern auszuwählen,
- Veränderungen der Bildschärfe zwischen den mindestens
zwei Bildausschnitten (2) mittels Algorithmen
digitaler Bildverarbeitung zu ermitteln und dabei eine
Gewichtung der Bildschärfeveränderungen vom Zentrum
der Bildausschnitte (2) nach außen hin abfallend
durchzuführen,
- eine Umweltzustands-Information in Abhängigkeit der
erkannten Bildschärfeveränderungen mit Hilfe von
Methoden des maschinellen Lernens zu ermitteln und
- eine Fahrbahnzustands-Information in Abhängigkeit der
ermittelten Umwelt-Zustandsinformation zu bestimmen.

10. Fahrzeug (1) umfassend eine Vorrichtung nach Anspruch 9.

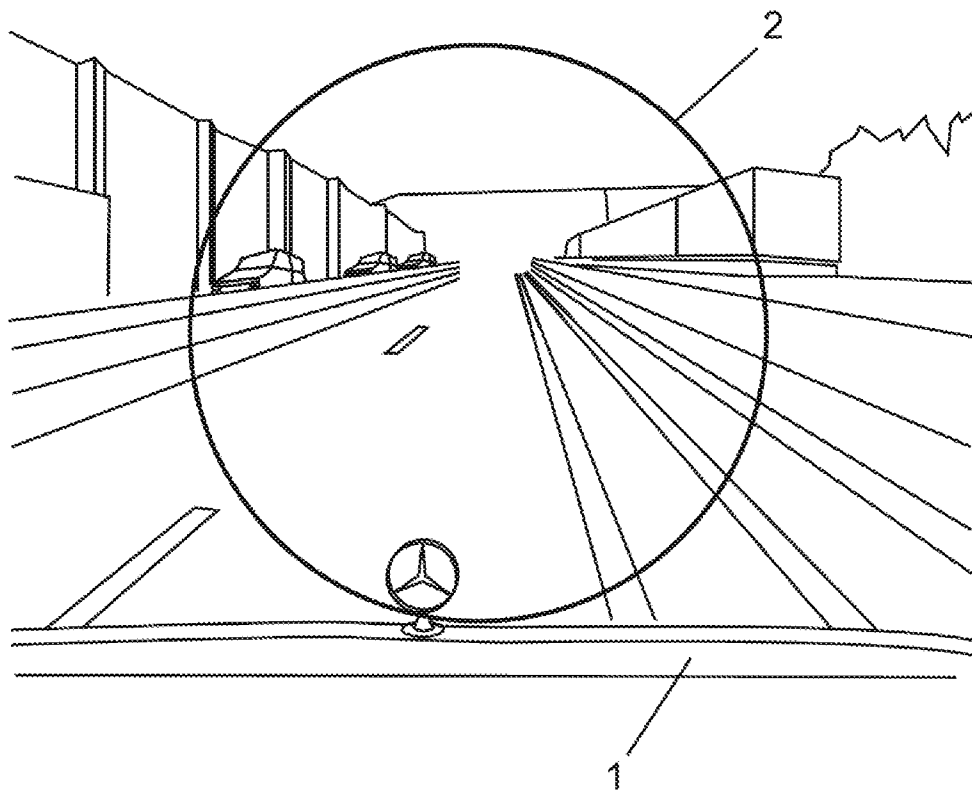


Fig. 1

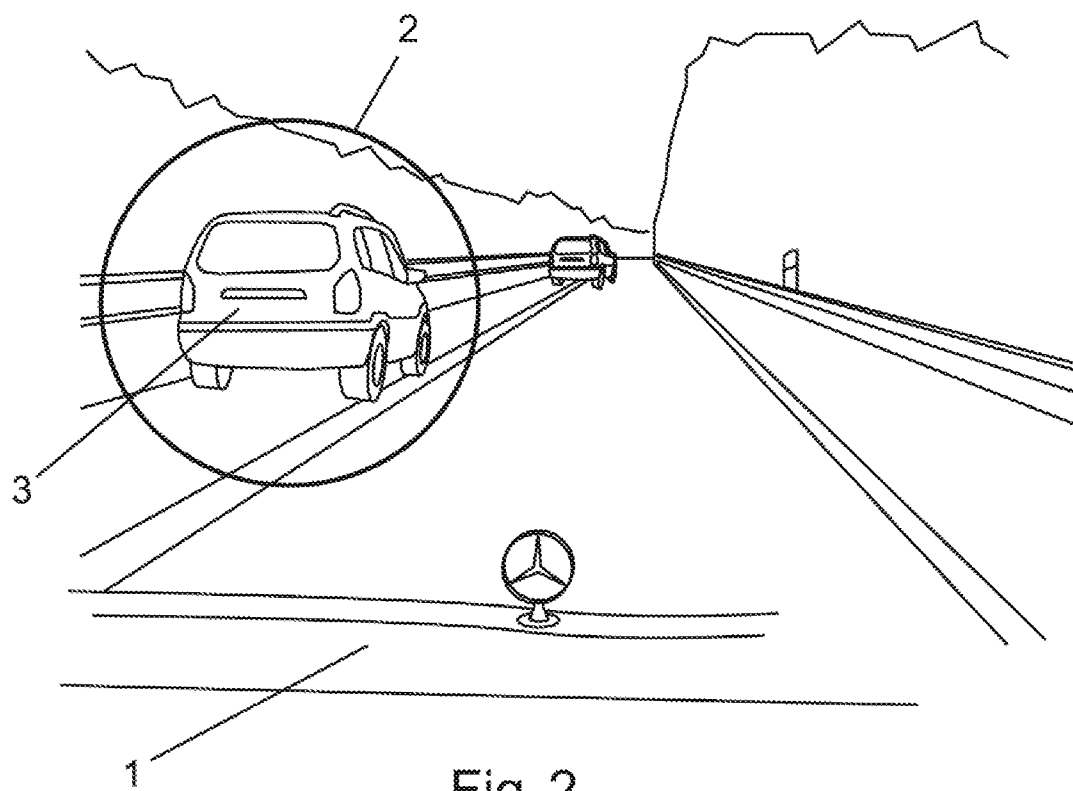


Fig. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/DE2016/200208

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G06K9/00 G06K9/62
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G06K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, INSPEC, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 10 2006 016774 A1 (DENSO CORP [JP]) 12 October 2006 (2006-10-12) paragraphs [0003], [0004], [0009], [0010], [0026] - [0038], [0044], [0046], [0051] - [0058] -----	1-10
X	WO 2014/032933 A1 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG [DE]) 6 March 2014 (2014-03-06) page 4, line 2 - page 5, line 12 page 10, line 17 - page 13, line 25 ----- -/--	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

25 August 2016

Date of mailing of the international search report

01/09/2016

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Miclea, Sorin

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/DE2016/200208

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	FAWZI NASHASHIBI ET AL: "Detection of unfocused raindrops on a windscreen using low level image processing", CONTROL AUTOMATION ROBOTICS&VISION (ICARCV), 2010 11TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON, IEEE, 7 December 2010 (2010-12-07), pages 1410-1415, XP031899947, DOI: 10.1109/ICARCV.2010.5707398 ISBN: 978-1-4244-7814-9 Sections I, II, III.B, IV -----	1-10
A	US 2013/258107 A1 (DELIBALTOV DIANA L [US] ET AL) 3 October 2013 (2013-10-03) paragraph [0049] -----	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/DE2016/200208

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102006016774 A1	12-10-2006	DE 102006016774 A1	12-10-2006
		FR 2884316 A1	13-10-2006
		JP 4353127 B2	28-10-2009
		JP 2006292543 A	26-10-2006
		KR 20060107937 A	16-10-2006
		US 2006228001 A1	12-10-2006

WO 2014032933 A1	06-03-2014	DE 102012215287 A1	28-05-2014
		WO 2014032933 A1	06-03-2014

US 2013258107 A1	03-10-2013	CN 103366602 A	23-10-2013
		GB 2502187 A	20-11-2013
		JP 2013206462 A	07-10-2013
		US 2013258107 A1	03-10-2013

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. G06K9/00 G06K9/62
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 G06K

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, INSPEC, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2006 016774 A1 (DENSO CORP [JP]) 12. Oktober 2006 (2006-10-12) Absätze [0003], [0004], [0009], [0010], [0026] - [0038], [0044], [0046], [0051] - [0058]	1-10
X	----- WO 2014/032933 A1 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG [DE]) 6. März 2014 (2014-03-06) Seite 4, Zeile 2 - Seite 5, Zeile 12 Seite 10, Zeile 17 - Seite 13, Zeile 25 ----- -/-	1-10



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

25. August 2016

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

01/09/2016

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Miclea, Sorin

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	FAWZI NASHASHIBI ET AL: "Detection of unfocused raindrops on a windscreen using low level image processing", CONTROL AUTOMATION ROBOTICS&VISION (ICARCV), 2010 11TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON, IEEE, 7. Dezember 2010 (2010-12-07), Seiten 1410-1415, XP031899947, DOI: 10.1109/ICARCV.2010.5707398 ISBN: 978-1-4244-7814-9 Sections I, II, III.B, IV -----	1-10
A	US 2013/258107 A1 (DELIBALTOV DIANA L [US] ET AL) 3. Oktober 2013 (2013-10-03) Absatz [0049] -----	1-10

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2016/200208

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102006016774 A1	12-10-2006	DE 102006016774 A1	12-10-2006
		FR 2884316 A1	13-10-2006
		JP 4353127 B2	28-10-2009
		JP 2006292543 A	26-10-2006
		KR 20060107937 A	16-10-2006
		US 2006228001 A1	12-10-2006

WO 2014032933 A1	06-03-2014	DE 102012215287 A1	28-05-2014
		WO 2014032933 A1	06-03-2014

US 2013258107 A1	03-10-2013	CN 103366602 A	23-10-2013
		GB 2502187 A	20-11-2013
		JP 2013206462 A	07-10-2013
		US 2013258107 A1	03-10-2013
