

(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  
19. November 2015 (19.11.2015)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2015/173092 A1**

- (51) **Internationale Patentklassifikation:**  
*G06T 7/00* (2006.01) *G06T 7/20* (2006.01)
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2015/059991
- (22) **Internationales Anmeldedatum:** 6. Mai 2015 (06.05.2015)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:**  
10 2014 209 137.3 14. Mai 2014 (14.05.2014) DE
- (71) **Anmelder:** VOLKSWAGEN AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Berliner Ring 2, 38440 Wolfsburg (DE).
- (72) **Erfinder:** JÄHNISCH, Marco; Georg-Stern-Str. 14, 10318 Berlin (DE). SIEBENEICHER, Manuel; Berliner Str. 123, 13187 Berlin (DE). FIETZ, Alexander; Neues Ufer 10, 10553 Berlin (DE). HAJA, Andreas; Wunstorferstr. 37, 30453 Hannover (DE). LIEBEHENSCHER, Daniel; Kamener Weg 8, 13507 Berlin (DE). SÖHNEL, Christoph; Tieckstr. 16, 10115 Berlin (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, 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)

(54) **Title:** METHOD AND APPARATUS FOR CALIBRATING A CAMERA SYSTEM IN A MOTOR VEHICLE

(54) **Bezeichnung :** VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR KALIBRIERUNG EINES KAMERASYSTEMS EINES KRAFTFAHRZEUGS

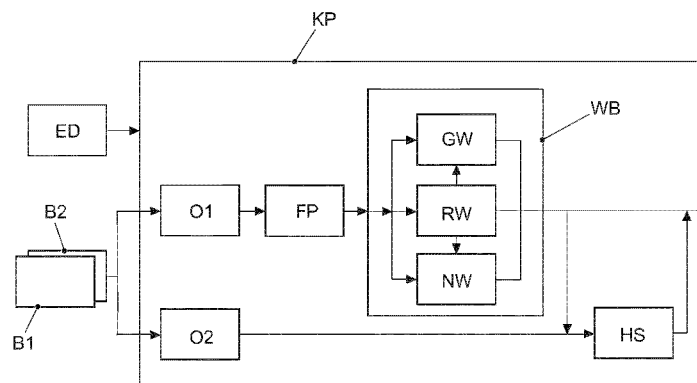


FIG. 2

(57) **Abstract:** Method and apparatus for calibrating a camera system in a motor vehicle. In the case of a method and an apparatus for calibrating a camera system in a motor vehicle, wherein the calibration parameters comprise the rotation angle, the pitch angle, the yaw angle and the roll angle as well as the height of the camera above the road, the rotation angle is determined from the determination of the vanishing point from a first optical flow between a first camera image and a second, successive camera image, and the height of the camera is determined from a second optical flow between a first camera image and a second, successive camera image. In this case, in order to determine the first optical flow, a regular grid is placed above the first camera image, correspondences of the regular grid are searched for in the second camera image and the first optical flow is determined from the movement of the grid above the camera images.

(57) **Zusammenfassung:**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2015/173092 A1



---

Verfahren und Vorrichtung zur Kalibrierung eines Kamerasystems eines Kraftfahrzeugs Bei einem Verfahren und einer Vorrichtung zur Kalibrierung eines Kamerasystems eines Kraftfahrzeugs, wobei die Kalibrierparameter die Drehwinkel Nickwinkel, Gierwinkel und Rollwinkel sowie die Höhe der Kamera über der Fahrbahn umfassen, erfolgt die Bestimmung der Drehwinkel aus der Ermittlung des Fluchtpunktes aus einem ersten optischen Fluss zwischen einem ersten und einem zweiten aufeinanderfolgenden Kamerabild und die Bestimmung der Höhe der Kamera aus einem zweiten optischen Fluss zwischen einem ersten und einem zweiten aufeinanderfolgenden Kamerabild. Dabei wird zur Bestimmung des ersten optischen Flusses ein regelmäßiges Raster über das erste Kamerabild gelegt, im zweiten Kamerabild werden Korrespondenzen des regelmäßigen Rasters gesucht und der erste optische Fluss wird aus der Bewegung des Rasters über den Kamerabildern bestimmt.

## Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zur Kalibrierung eines Kamerasystems eines Kraftfahrzeugs

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Kalibrierung eines Kamerasystems eines Kraftfahrzeugs gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie eine entsprechende Vorrichtung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 11.

Heutige Kraftfahrzeuge mit Fahrerassistenzsystemen sind mit einer Vielzahl von Sensoren ausgestattet, wobei viele Fahrerassistenzsysteme auf die Daten von Kameras angewiesen sind. Um ein zuverlässiges Arbeiten der FAS zu gewährleisten, müssen diese Kameras kalibriert werden. Dazu wird, nach Stand der Technik, eine aufwendige statische Kalibrierung im Werk durchgeführt. Für die Einsparung der statischen Kalibrierung wird ein robustes Online-Kalibriersystem benötigt, das nach einer kurzen Fahrstrecke geeignete Kalibrierergebnisse wie die drei Orientierungswinkel der Kamera und deren Höhe über Grund zur Verfügung stellt.

In M. Siebeneicher: "Eine automatische Kalibrierung beliebiger Kameras in Fahrzeugen auf Grundlage von optischem Fluss und Fluchtpunktbestimmung", Masterarbeit, Freie Universität Berlin 2008, wird ein Verfahren erläutert, das die Orientierungswinkel der Kamera bestimmt, indem der optische Fluss auf Basis der Bewegung von prägnanten Merkmalspunkten ausgewertet und der Fluchtpunkt des optischen Flusses ermittelt wird. Zur Ermittlung des Fluchtpunktes werden die Bewegungsvektoren der Merkmalspunkte miteinander geschnitten, wobei die Schnittpunkte theoretisch mit dem Fluchtpunkt übereinstimmen sollten, was aber aufgrund von Messungenauigkeiten nur näherungsweise der Fall ist, so dass das Maximum aller Schnittpunkte als Fluchtpunkt genommen wird. Um Messungenauigkeiten zu verringern werden die Schnittpunkte über die Zeit mit einem Partikelfilter verfolgt und die sich bildweise daraus ergebenden Fluchtpunkte über eine RANSAC-Filterung stabilisiert.

Zur Bestimmung des Rollwinkels aus dem Horizont wird der zeitliche Verlauf des Fluchtpunktes ausgewertet. Sobald eine bestimmte Anzahl an Fluchtpunkten in Links- und Rechtskurvenfahrten ermittelt wurden, wird der Horizont mittels Hauptkomponentenanalyse aus einer Teilmenge aller bis dahin berechneten Fluchtpunkte bestimmt. Durch Vergleich der Geschwindigkeitsänderungen und des Gierwinkels wird ermittelt, ob sich das Fahrzeug gleichmäßig geradeaus bewegt und daher der Nick- und Gierwinkel bestimmt werden kann, oder ob eine Kurvenfahrt durchgeführt wird. Die Höhe wird in diesem Verfahren separat bestimmt. Allerdings ist das System sehr rechenaufwändig, insbesondere durch die Merkmalsbestimmung und der aufwändigen Filterung des Fluchtpunktes.

Das in J. Platonov et al: "Vollautomatische Kamera-zu-Fahrzeug-Kalibrierung", ATZ elektronik 2012, S. 120-123, vorgestellte Verfahren beschreibt eine Technik zur rein bildbasierten Bestimmung der Kameraorientierung ohne eine Bestimmung der Kamerahöhe. Dabei beruht das Verfahren auf der Technik der visuellen Bewegungsschätzung. Ein erstes Verfahren bestimmt die Fahrzeugbewegung zwischen zwei benachbarten Bildern und ein zweites Verfahren betrachtet die Punktkorrespondenzen zwischen sechs Bildern, wobei das zweite Verfahren genauer jedoch auch wesentlich rechenaufwändiger ist. Zur Bestimmung der Orientierungswinkel wird die Kamerabewegung in die Klassen "Geradlinige Bewegung" und "Manöver" unterteilt. Der Nick- und Gierwinkel wird während der geradlinigen Bewegung geschätzt, der Rollwinkel während des Manövers.

In E. Tapia et al: "A Note on Calibration of Video Cameras for Autonomous Vehicles with Optical Flow", Fachbereich Mathematik und Informatik, Serie B Informatik, Freie Universität Berlin, Februar 2013, wird ein Verfahren vorgestellt, dass nur auf Basis von Kamerabildern die Orientierung der Kamera und mit Zuhilfenahme der Fahrzeuggeschwindigkeit die Kamerahöhe bestimmt. Auf eine nicht näher beschriebene Weise wird der optische Fluss bestimmt und gezeigt, dass sich bei einer Geradeausfahrt die Flussvektoren im Fluchtpunkt schneiden. Zur Bestimmung des Horizonts wird die Bodenebene ermittelt, wobei mit Hilfe des Fluchtpunktes und des Horizontes sich die drei Eulerwinkel bestimmen lassen. Zur Bestimmung der Kamerahöhe fährt das Fahrzeug vorwärts, wobei die Kameraorientierung bekannt ist und die Kamera auf die Fahrbahn schaut, so dass sich die Fahrbahn im Kamerabild abbildet. Start- und Endpunkt eines Flussvektors im Bild werden in das Weltkoordinatensystem zurückprojiziert. Mit diesen Informationen unter Berücksichtigung der Fahrzeuggeschwindigkeit sowie der Fahrdauer kann die Kamerahöhe berechnet werden.

Die Druckschrift EP 2 131 598 A2 betrifft ein Stereokamerasystem sowie ein Verfahren zum Ermitteln mindestens eines Kalibrierfehlers eines Stereokamerasystems. Mit Hilfe von mindestens zwei einzelnen Kameras des Stereokamerasystems wird jeweils eine Bildfolge mit Bildern mit Abbildungen eines Erfassungsbereichs vor einem Fahrzeug bei einer Fahrt des Fahrzeugs entlang einer Fahrbahn aufgenommen. Dabei werden den Bildern der Bildfolgen entsprechende Bilddaten erzeugt. Die erzeugten Bilddaten werden verarbeitet, wobei der Verlauf mindestens eines Fahrbahnrandes der Fahrbahn ermittelt wird. Ausgehend von dem ermittelten Verlauf des mindestens einen Fahrbahnrandes der Fahrbahn wird mindestens ein Kalibrierfehler ermittelt.

Die bekannten Systeme sind zur Bestimmung der Lage aller drei Winkel der Kameraorientierung sowie die Kamerahöhe über Grund rechenintensiv bei oftmals nicht ausreichender Genauigkeit insbesondere bei schlechten Witterungsbedingungen sowie bei kurzer Fahrtstrecke mit wenigen Kurvenfahrten.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Kalibrierung eines Kamerasystems eines Kraftfahrzeugs anzugeben, die eine schnellere Kalibrierung des Kamerasystems ermöglichen.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 11 gelöst. Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Kalibrierung eines Kamerasystems eines Kraftfahrzeugs, wobei die Kalibrierparameter die Drehwinkel Nickwinkel, Gierwinkel und Rollwinkel sowie die Höhe der Kamera über der Fahrbahn umfassen, erfolgt die Bestimmung der Drehwinkel aus der Ermittlung des Fluchtpunktes aus einem ersten optischen Fluss zwischen einem ersten und einem zweiten Kamerabild und die Bestimmung der Höhe der Kamera aus einem zweiten optischen Fluss zwischen einem ersten und einem zweiten aufeinanderfolgenden Kamerabild. Dabei wird zur Bestimmung des ersten optischen Flusses ein regelmäßiges Raster über das erste Kamerabild gelegt, im zweiten Kamerabild werden Korrespondenzen des regelmäßigen Rasters gesucht und der erste optische Fluss wird aus der Bewegung des Rasters über den Kamerabildern bestimmt.

Es wird also der optische Fluss jeweils zwischen zwei Bildern bestimmt, indem ein regelmäßiges Raster über das erste Bild gelegt wird und die Rasterpunkte dieses Raster werden beispielsweise mittels des Lucas-Kanade-Verfahrens im zweiten Bild gesucht.

Vorzugsweise sind die Abstände der Rasterpunkte parametrierbar. Auf diese Weise kann eine Skalierbarkeit der Berechnung des optischen Flusses erreicht werden. Je kleiner der Abstand zwischen den Rasterpunkten ist, umso länger dauert die Berechnung, allerdings ergibt sich auf diese Weise eine genauere Fluchtpunktschätzung.

Auf Basis des ermittelten ersten optischen Flusses werden die Epipole in beiden Kamerabildern errechnet und die Epipole bilden die Basis der Fluchtpunktschätzung. Die Ermittlung der Epipole kann über eine Berechnung der auf dem optischen Fluss basierenden Fundamentalmatrix erfolgen.

Weiter bevorzugt wird zur Nickwinkel und Gierwinkelbestimmung aus den beiden Epipolen der beiden Kamerabildern der Fluchtpunkt bestimmt, wenn der Abstand der Epipole innerhalb eines ersten vorgegebenen Intervalls liegt. Die Bestimmung des Nickwinkels und des Gierwinkels erfolgt während einer Geradeausfahrt, so dass die beiden Epipole nahe beieinander liegen. Aus den beiden Epipolen wird beispielsweise der Mittelwert gebildet, der dann als aktueller Fluchtpunkt in die Schätzung von Nick- und Gierwinkel eingeht.

Vorzugsweise werden die ermittelten Fluchtpunkte über die Zeit gespeichert und es wird aus der Menge der ermittelten Fluchtpunkte ein zeitstabiler Fluchtpunkt zu Bestimmung von Nickwinkel und Gierwinkel ermittelt. Dabei kann ein Speicherintervall vorgegeben werden, das sich mit der aktuellen Zeit mit bewegt. Auf diese Weise können alte Fluchtpunkte verworfen werden. Ferner kann über das Speicherintervall die Anzahl der zur Schätzung des zeitstabilen Fluchtpunktes notwendigen ermittelten Fluchtpunkte festgelegt werden.

Weiter bevorzugt werden die ermittelten Epipole zweier Kamerabilder zur Rollwinkelbestimmung verwendet, wenn der Abstand der Epipole innerhalb eines zweiten vorgegebenen Intervalls liegt, wobei aus der Lage der Epipole im jeweiligen Kamerabild ein Rollwinkel geschätzt wird. Mit anderen Worten, liegen die beiden Epipole "weit" auseinander, so befindet sich das Fahrzeug in einer Kurvenfahrt und es kann ein aktueller Rollwinkel bestimmt werden. Zur Unterscheidung für welche Drehwinkel die aktuellen Epipole verwendet werden, sind die beiden vorgegebenen Intervalle disjunkt.

Vorzugsweise werden die ermittelten Rollwinkel über die Zeit gesammelt und in vorgegebenen Gruppen als Funktion der Gierrate des Kraftfahrzeugs eingeteilt. Dabei ist vorzugsweise die Verfallszeit sowie die Anzahl und Definition der Gruppen parametrierbar.

Weiter bevorzugt wird pro vorgegebener Gruppe gespeicherten Rollwinkel ein mittlerer Gruppenrollwinkel gebildet, wenn die Anzahl der Messungen in jeder Gruppe eine Mindestanzahl erreicht hat. Der zur Kalibrierung verwendete endgültige Rollwinkel kann beispielsweise als Durchschnitt der mittleren Gruppenrollwinkeln über die Gruppen gebildet werden.

Vorzugsweise wird zur Bestimmung des zweiten optischen Flusses in einem Ausschnitt eines ersten Bildes der Fahrbahn vor dem Kraftfahrzeug in Draufsicht ein Rechteck platziert, dessen Position im zweiten Bild ermittelt wird, wobei der zweite optische Fluss durch die Bewegung des Rechtecks in den beiden Bildern gebildet und aus der Rechteckbewegung die Höhe der Kamera berechnet wird. Auf diese Weise wird ein stark vereinfachter zweiter optischer Fluss bestimmt, wobei das Auffinden des Rechtecks im zweiten Bild mittels Blockmatching erfolgen kann, so dass die Bewegung des Rechtecks und damit der zweite optische Fluss bestimmt werden kann. Das Rechteck ist parametrierbar mit den Parametern Höhe und Breite des Rechtecks.

Weiter bevorzugt wird ein zeitliches Histogramm der ermittelten Höhen der Kamera für eine Vielzahl von ersten und zweiten Kamerabildern erstellt, wobei mit dem Erreichen einer Mindestanzahl von Messungen aus dem Histogramm eine geschätzte Höhe abgeleitet wird. Durch die Verwendung eines Histogramms wird die Höhenschätzung verbessert, da die ermittelte Bewegung des Rechtecks stark mit Rauschen unterlegt ist.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Kalibrierung eines Kamerasystems eines Kraftfahrzeugs, welche zur Durchführung des im Vorangegangenen erläuterten Verfahrens eingerichtet und ausgelegt ist, umfasst:

- eine Einrichtung zur Bestimmung eines ersten optischen Flusses zwischen einem ersten und einem zweiten aufeinanderfolgenden Kamerabild,
- eine Einrichtung zur Bestimmung von Fluchtpunkten aus dem ersten optischen Fluss,
- eine Einrichtung zur Bestimmung der Drehwinkel aus ermittelten Fluchtpunkten,

- eine Einrichtung zur Bestimmung eines zweiten optischen Flusses zwischen einem ersten und einem zweiten aufeinanderfolgenden Kamerabild, und
- eine Einrichtung zur Bestimmung der Höhe der Kamera aus einem zweiten optischen Fluss, wobei zur Bestimmung des ersten optischen Flusses ein regelmäßiges Raster über das erste Kamerabild gelegt wird, im zweiten Kamerabild Korrespondenzen des regelmäßigen Rasters gesucht werden und der erste optische Fluss aus der Bewegung des Rasters über den Kamerabild bestimmt wird.

Weiter bevorzugt errechnet die Einrichtung zur Bestimmung des Fluchtpunktes auf Basis des ermittelten ersten optischen Flusses die Epipole in beiden Kamerabildern und verwendet die Epipole zur Fluchtpunktschätzung.

Vorzugsweise wird zur Bestimmung des zweiten optischen Flusses in einem Ausschnitt eines ersten Bildes der Fahrbahn vor dem Kraftfahrzeug in Draufsicht ein Rechteck platziert, welches im zweiten Bild ermittelt wird, wobei der zweite optischen Fluss durch die Bewegung des Rechtecks in den beiden Bildern gebildet wird und aus der Rechteckbewegung die Höhe der Kamera berechnet wird.

Weiter bevorzugt erstellt die Einrichtung zur Bestimmung der Kamerahöhe ein zeitliches Histogramm der gemessenen Höhen der Kamera für eine Vielzahl von ersten und zweiten Kamerabildern und leitet mit dem Erreichen einer Mindestanzahl von Messungen aus dem Histogramm eine geschätzte Höhe ab.

Vorteilhafterweise ist das erfindungsgemäße Verfahren bzw. die entsprechende Vorrichtung in der Lage nach kurzer Fahrstrecke bei Geradeausfahrt die Gier- und Nickwinkel sowie nach kurzer Fahrstrecke mit mindestens einer Link- und einer Rechtskurve den Rollwinkel robust zu bestimmen. Ferner wird parallel dazu die Kamerahöhe über Grund bestimmt, so dass eine Kalibrierung der Kamera bei einer signifikant kürzeren Konvergenzzeit erfolgt. Dabei bestehen keine Abhängigkeiten zu vorgegebenen Markierungen, Strukturen oder Formen, mit anderen Worten, das beschriebene Verfahren bzw. die Vorrichtung funktioniert in beliebiger Umgebung. Die Umgebung muss nur ein Mindestmaß an Struktur aufweisen, die von der Kamera erfasst werden kann, sowie mindestens ein Lenkmanöver des Fahrzeuges erlauben.

Darüber hinaus wird keine aufwändige Merkmalsextraktion durchgeführt und der erläuterte Lösungsansatz ist so aufgebaut, dass er sich steuergerätetauglich implementieren lässt.

Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnungen erläutert. Dabei zeigt

Fig. 1 die Koordinatensysteme zur Definition der extrinsischen Kameraparameter,

Fig. 2 den Aufbau des Kalibriersystems in schematischer Darstellung, und

Fig. 3 eine schematische Darstellung der Höhenschätzung.

Fig. 1 zeigt das Weltkoordinatensystem  $(O, X, Y, Z)$  mit dem Nullpunkt  $O$  und den Raumachsen  $X, Y$  und  $Z$ , in dem sich das Kraftfahrzeug bewegt, und das Koordinatensystem  $(C, X_C, Y_C, Z_C)$  der Kamera  $K$ , die in Fig. 1 schematisch dargestellt ist, mit dem Nullpunkt  $C$  und den Achsen  $X_C, Y_C$  und  $Z_C$ . Dabei kann das Kamerakoordinatensystem  $(C, X_C, Y_C, Z_C)$  gegenüber dem Weltkoordinatensystem  $(O, X, Y, Z)$  des Fahrzeugs verschoben und um die drei Achsen  $X_C, Y_C$  und  $Z_C$  verdreht sein. Die möglichen Drehwinkel sind in Fig. 1 als Nickwinkel  $\theta$ , Gierwinkel  $\phi$  und Rollwinkel  $\psi$  dargestellt. Zur Kalibrierung der Kamera eines Kraftfahrzeugs müssen, wie bereits erwähnt, die Parameter Höhe der Kamera über der Fahrbahn, Nickwinkel  $\theta$ , Gierwinkel  $\phi$  und Rollwinkel  $\psi$  bestimmt werden.

Das Weltkoordinatensystem  $(O, X, Y, Z)$  und das Kamerakoordinatensystem  $(C, X_C, Y_C, Z_C)$  können sich in Position und Orientierung voneinander unterscheiden. Der Unterschied in der Orientierung wird durch eine Rotation um die jeweilige Achse angegeben, wobei die Kamera  $K$  um drei Achsen  $X_C, Y_C, Z_C$  rotieren und jede Rotation durch eine entsprechende Rotationsmatrix  $R_{\text{Nick}}$ ,  $R_{\text{Gier}}$  und  $R_{\text{Roll}}$  in üblicher Weise beschrieben werden kann. Die vollständige Rotationsmatrix  $R$  ist eine Hintereinanderausführung der einzelnen Rotationsmatrizen und wird wie folgt gebildet:

$$R = R_{\text{Roll}} R_{\text{Nick}} R_{\text{Gie}}$$

und entspricht einer Rotation um die  $Y$ -Achse, gefolgt von einer Rotation um die  $X$ -Achse und abschließend um die  $Z$ -Achse.

Zusammen mit dem Translationsvektor  $C = (C_x, C_y, C_z)^T$ , der den Nullpunkt des Kamerakoordinatensystems im Weltkoordinatensystem beschreibt und den Unterschied der Positionen der beiden Koordinatensysteme angibt, kann die einheitliche Transformationsmatrix gebildet werden, die das Weltkoordinatensystem in das Kamerakoordinatensystem überführt.

Mittels des Fluchtpunktes lassen sich Gierwinkel  $\theta$  und Nickwinkel  $\phi$  aus der vollständigen Rotationsmatrix  $R$  bei einer geradlinigen Bewegung bestimmen, da der Rollwinkel  $\psi$  bei einer geradlinigen Bewegung Null ist. Für eine Bestimmung des Rollwinkels  $\psi$  reicht ein Fluchtpunkt nicht aus, allerdings kann der Rollwinkel  $\psi$  aus dem Verlauf des Fluchtpunktes während einer Kurvenfahrt bestimmt werden, da der Fluchtpunkt seine Position proportional zum Rollwinkel  $\psi$  verändert. Details der theoretischen Grundlagen können beispielsweise der oben genannten Masterarbeit von M. Siebeneicher entnommen werden.

Eine Bestimmung der Orientierungs- oder Drehwinkel setzt daher eine möglichst genaue Bestimmung der verwendeten Fluchtpunkte und deren Bewegung voraus, deren Bestimmung wiederum von einer optimalen Bestimmung des optischen Flusses abhängt.

Fig. 2 ist eine schematische Darstellung des Kalibriersystems  $KP$  zur Bestimmung der oben genannten Kalibrierparameter der Kamera eines Kraftfahrzeugs, wobei zu Beginn eine kurze Übersicht über die Komponenten des Kalibriersystems  $KP$  erfolgt und nachfolgend die einzelnen Komponenten im Detail erläutert werden.

Eingangsgrößen des Kalibriersystems  $KP$  sind die aufgenommenen Kamerabilder  $B1$  und  $B2$  sowie die EgoDaten  $ED$  des Fahrzeugs. Dabei werden unter EgoDaten des Fahrzeugs allgemeine Fahrzeugdaten wie beispielsweise Tachometerwerte, Lenkeinschlagswinkel, Odometriedaten und Positionsdaten, sowie Daten über die Beschleunigung den Gierwinkel und Nickraten sein. Die Aufzählung ist nicht als vollständig zu betrachten. Dabei können die EgoDaten unterstützend für das Kalibriersystem sein, um beispielsweise Fahrzustände zu identifizieren, die für den Kalibriervorgang besonders günstig sind.

Die Kalibrierung der Fahrzeugkamera mit Hilfe des Kalibriersystems KP basiert auf der Bestimmung des optischen Flusses innerhalb der Bilder der Kamera. Dazu werden mit Hilfe von Merkmalen der Kamerabilder B1, B2 im ersten optischen Flussmodul O1 des Kalibriersystems KP Bewegungsvektoren über das Bild bestimmt, wobei die Bewegungsvektoren basierend auf einem gleichmäßig über dem ersten Bild angeordneten Raster bestimmt werden.

Basierend auf den im ersten optischen Flussmodul O1 ermittelten Bewegungsvektoren erfolgt im Fluchtpunktmodul FP eine Schätzung des Fluchtpunktes anhand geometrischer Eigenschaften. Die Fluchtpunktschätzung des Fluchtpunktmoduls FP wird in einem nachfolgenden Winkelbestimmungsmodul WB zur Bestimmung der drei Drehwinkel eingesetzt, wobei das Winkelbestimmungsmodul WB die untereinander verbundenen Module Gierwinkelbestimmung GW, Rollwinkelbestimmung RW und Nickwinkelbestimmung NW aufweist.

Separat erfolgt in einem zweiten optischen Flussmodul die Bestimmung von Bewegungsvektoren eines stark vereinfachten optischen Flusses in einer Draufsicht eines Bildausschnitts der Fahrbahn vor dem Fahrzeug. Aus den ermittelten Bewegungsvektoren der Fahrbahnmerkmale sowie Egodaten und dem ermittelten Nickwinkel  $\theta$  kann die Höhe der Kamera über der Fahrbahn in dem Höhenschätzungsmodul HS geschätzt werden.

Im Folgenden werden die Details der einzelnen Komponenten näher erläutert:

#### ERSTER OPTISCHER FLUSS:

Die Bestimmung des ersten optischen Flusses O1 erfolgt jeweils zwischen zwei Bildern B1, B2 der Kamera. Dabei wird kein dichtes Flussfeld bestimmt, sondern es wird ein regelmäßiges Raster über das erste Bild B1 gelegt. Mittels beispielsweise des bekannten Lucas-Kanade-Verfahrens werden Korrespondenzen zu dem Raster im zweiten Bild B2 gesucht. Dabei können die Abstände der Rasterpunkte parametrisiert werden, wodurch die Berechnung des optischen Flusses sehr skalierbar ist. Mit anderen Worten, umso kleiner der Abstand der Rasterpunkte, umso größer ist zwar die Laufzeit der Berechnung, allerdings erhöht sich die Genauigkeit der darauf aufbauenden Fluchtpunktschätzung.

Ein weiter Vorteil des Rasteransatzes gegenüber einer merkmalsbasierten Flussbestimmung liegt darin, dass auffällige Merkmale meist an den Konturen sich bewegender Objekte gefunden werden und diese fremdbewegten Objekte dann den Fluchtpunkt verzerren.

#### FLUCHTPUNKTSCHÄTZUNG:

Auf Basis des optischen Flusses wird die Fundamentalmatrix der Epipolargeometrie berechnet. Diese liefert jeweils den jeweiligen Epipol in beiden betrachteten Bildern B1, B2. Bei einer Geradeausfahrt müssen sich die beiden Epipole sehr nah beieinander befinden, wobei der Abstand parametrierbar ist. Es wird der Mittelwert der beiden Epipole gebildet, der den aktuellen Fluchtpunkt bildet und an die Nick- und Gierwinkelschätzung weitergegeben wird .

Dabei gelten folgende Bedingungen für den Abstand "sehr nah beieinander" der beiden Epipole für die Nick- und Gierwinkelbestimmung:

minimaler X-Abstand der Pixel relativ zur Bildbreite = 0,  
maximaler X-Abstand der Pixel relativ zur Bildbreite = ca. 0,02,  
minimaler Y-Abstand der Pixel relativ zur Bildhöhe = 0,  
maximaler Y-Abstand der Pixel relativ zur Bildhöhe = ca. 0,01.

Ist der Abstand der Epipole größer als die oben genannten maximalen Abstände, so ist die Bestimmung der Mittelwerte von Nick- und Gierwinkel wesentlich schwieriger bis unmöglich, da mehr und stärkere Ausreißer berücksichtigt werden müssen.

Befindet sich das Fahrzeug in einer Kurvenfahrt, dann müssen sich die beiden Epipole der Bilder B1, B2 weiter auseinander befinden. Ist diese Bedingung erfüllt, dann werden die beiden Epipole an die Rollwinkelschätzung RW weitergegeben.

Für die Rollwinkelbestimmung müssen die Abstände der Epipole die folgenden Bedingungen erfüllen:

minimaler X-Abstand der Pixel relativ zur Bildbreite = ca. 0,02

maximaler X-Abstand der Pixel relativ zur Bildbreite = ca. 0,1

minimaler Y-Abstand der Pixel relativ zur Bildhöhe = 0,01

maximaler Y-Abstand der Pixel relativ zur Bildhöhe = ca. 0,05

Dieses Vorgehen ist im Vergleich zu bekannten Verfahren mit wesentlich weniger Laufzeit und in weniger Schritten durchführbar.

#### WINKELBESTIMMUNG:

#### BESTIMMUNG VON NICKWINKEL UND GIERWINKEL.

Die in der Fluchtpunktschätzung bestimmten Fluchtpunkte werden über die Zeit gesammelt, wobei alte Fluchtpunkte verworfen werden. Dabei ist die Anzahl und Verfallszeit parametrierbar. Liegen genügend Fluchtpunkte vor, wird ein zeitstabiler Fluchtpunkt mittels beispielsweise dem bekannten RANSAC-Algorithmus aus der Menge hochdynamischer Fluchtpunkte geschätzt. Dieser zeitstabile Fluchtpunkt wird zur Bestimmung des Nickwinkels  $\theta$  und des Gierwinkels  $\psi$  in den entsprechenden Modulen NW, GW verwendet.

#### ROLLWINKELSCHÄTZUNG

Die in der Kurvenfahrt gesammelten Epipole werden direkt genutzt, um über ihre Lage im Bild einen möglichen Rollwinkel zu bestimmen. Diese hochdynamischen Rollwinkel werden über die Zeit gesammelt und in Gruppen eingeteilt, wobei die Verfallszeit, Anzahl und Gruppen parametrierbar sind. Vorzugsweise werden vier Gruppen verwendet, nämlich:

- hohe Gierrate nach links,
- mittlere Gierrate nach links,
- hohe Gierrate nach rechts, und
- mittlere Gierrate nach rechts.

Dabei haben sich die unten angegebenen Bereiche der Gierrate  $\alpha$  zur Definition der vier oben genannten Gruppen bewährt:

Bereich für langsame Kurvenfahrten links:  $0 \text{ }^\circ/\text{s} \leq \alpha < 8 \text{ }^\circ/\text{s}$  (mittlere Gierrate links)

Bereich für schnelle Kurvenfahrten links:  $8 \text{ }^\circ/\text{s} \leq \alpha < 45 \text{ }^\circ/\text{s}$  (hohe Gierrate links)

Bereich für langsame Kurvenfahrten rechts:  $0 \text{ }^\circ/\text{s} \geq \alpha > -8 \text{ }^\circ/\text{s}$  (mittlere Gierrate rechts)

Bereich für schnelle Kurvenfahrten rechts:  $-8 \text{ }^\circ/\text{s} \geq \alpha > -45 \text{ }^\circ/\text{s}$  (hohe Gierrate rechts)

In jeder Gruppe muss sich eine Mindestanzahl an Messungen befinden. Ist dies der Fall, wird für jede Gruppe der Mittelwert berechnet und anschließend über diese vier Mittelwerte noch einmal der Durchschnitt gebildet. Dieser Durchschnitt wird zur Bestimmung des Rollwinkel RW verwendet.

## HÖHENSCHÄTZUNG

In der Standardimplementierung wird ein sehr vereinfachter optischer Fluss bestimmt. Im ersten Schritt wird eine Draufsicht aus einem Bildausschnitt direkt vor dem Fahrzeug berechnet, wobei der Bildausschnitt parametrierbar ist. Innerhalb dieses Ausschnittes wird im ersten Bild ein Rechteck platziert, welches mittels Blockmatching im zweiten Bild wieder gefunden werden muss unter Berücksichtigung der Parameter Höhe und Breite des Rechteckes. Die Bewegung des Rechteckes im Bild bildet den optischen Fluss.

Für das als Template-Box bezeichnete Rechteck gelten in der Standardimplementierung die folgenden Randbedingungen:

Template-Box-Breite relativ zur TopView-Breite = ca. 0,9

Template-Box-Höhe relativ zur Template-Box-Breite = ca. 0,4

Die Template-Box wird im TopView-Bild der ersten Frames so positioniert, dass die obere Kante der Template-Box mittig am oberen Bildrand liegt, d.h. links und rechts bleiben ca. 5 % Rand im Vergleich zur Top-View-Breite.

## HÖHENBESTIMMUNG

Die im ersten Schritt ermittelte Bewegung des Rechteckes im Bild wird direkt in eine reale Bewegung des Fahrzeuges umgerechnet, wobei der Wert jedoch stark von Rauschen unterlegt ist. Daher wird über die Zeit ein Histogramm aufgebaut mit den Parametern niedrigster und höchster Wert der Histogramms sowie Anzahl der Bins. Auch hier können die Messungen mit ihrem Alter verfallen. Ist eine Mindestanzahl an Messungen im Histogramm vorhanden, so werden die N benachbarten Bins gesucht, die die meisten Messungen enthalten. Anschließend wird der Median über diese Bins gebildet. Das Ergebnis ist dann die geschätzte Höhe.

Das prinzipielle Vorgehen zur Bestimmung der Höhe wird anhand der Fig. 3 erläutert, wobei der Fig. 3 ein einfaches Lochkameramodell zugrunde liegt und die Höhenbestimmung hier anhand der Bewegung des mittleren Pixels diskutiert wird. Bewegt sich das Fahrzeug (nicht dargestellt) geradlinig bei einer bekannten aktuellen Geschwindigkeit  $v$  und ist der Nickwinkel  $\theta$  der Kamera bekannt, so kann mit Hilfe des optischen Flusses die Kamerahöhe  $h$  relativ zur Fahrbahn  $F$  bestimmt werden. Der optische Fluss liefert die Geschwindigkeit  $v_P$ , mit der sich der Pixel in der Bildmitte der Kamera bewegt. Fig. 3 zeigt die Geometrie zur Bestimmung der Kamerahöhe  $h$  und stellt zwei unterschiedliche Zeitpunkte  $t$  und  $t+1$  dar, zu denen der projizierte Bildmittelpunkt in der schematisch zu den Zeitpunkten  $t$  und  $t+1$  dargestellten Kamerabildebene  $k(t)$  und  $K(t+1)$  betrachtet wird, wobei die Kamera die Brennweite  $f$  besitzt. Bekannt sind die Werte für den zurückgelegten Weg  $v$ , den Nickwinkel  $\theta$  der Kamera, die Brennweite  $f$  der Kamera sowie die Geschwindigkeit  $v_P$  des Mittenpixel im Bild. Aus der offensichtlichen Beziehung

$$\frac{v'}{f'} = \frac{v_P}{f}$$

kann durch die Anwendung einfacher Trigonometrie aus den bekannten Größen die Höhe  $h$  zu

$$h = \sin\theta \left( \frac{fv \sin\theta}{v_P} + \cos\theta \right)$$

bestimmt werden.

**Bezugszeichenliste**

O	Nullpunkt Weltsystem
X	X-Achse
Y	Y-Achse
Z	Z-Achse
C	Nullpunkt Kamerasystem = Translationsvektor
$C_x$	X-Komponente Translationsvektor
$C_y$	Y-Komponente Translationsvektor
$C_z$	Z-Komponente Translationsvektor
$X_c$	X-Achse Kamera
$Y_c$	Y-Achse Kamera
$Z_c$	Z-Achse Kamera
$\theta$	Nickwinkel
$\phi$	Gierwinkel
$\psi$	Rollwinkel
KP	Bestimmung Kalibrierparameter
ED	Ego-Daten
B2	Kamerabild 1
B1	Kamerabild 2
O1	Optischer Fluss 1
O2	Optischer Fluss 2
FP	Fluchtpunktschätzung
WB	Winkelbestimmung
GW	Gierwinkelbestimmung

RW	Rollwinkelbestimmung
NW	Nickwinkelbestimmung
Hs	Höhenschätzung
F	Fahrbahn
h	Höhe der Kamera über der Fahrbahn
v	Fahrzeuggeschwindigkeit
$v_p$	Pixelgeschwindigkeit
f	Brennweite
$K(t)$	Bildebene der Kamera zum Zeitpunkt t
$K(t+1)$	Bildebene der Kamera zum Zeitpunkt t+1
$v'$	Hilfsgröße
$f'$	Hilfsgröße

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Kalibrierung eines Kamerasystems eines Kraftfahrzeugs, wobei die Kalibrierparameter die Drehwinkel Nickwinkel, Gierwinkel und Rollwinkel sowie die Höhe der Kamera über der Fahrbahn umfassen, wobei die Bestimmung der Drehwinkel aus der Ermittlung des Fluchtpunktes aus einem ersten optischen Fluss zwischen einem ersten und einem zweiten Kamerabild abgeleitet werden und die Bestimmung der Höhe der Kamera aus einem zweiten optischen Fluss zwischen einem ersten und einem zweiten Kamerabild angeleitet wird,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass  
zur Bestimmung des ersten optischen Flusses ein regelmäßiges Raster über das erste Kamerabild gelegt wird, im zweiten Kamerabild Korrespondenzen des regelmäßigen Rasters gesucht werden und der erste optische Fluss aus der Bewegung des Rasters über den Kamerabildern bestimmt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abstände der Rasterpunkte parametrierbar sind.
3. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass auf Basis des ermittelten ersten optischen Flusses die Epipole in beiden Kamerabildern errechnet und die Epipole zur Fluchtpunktschätzung verwendet werden.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Nickwinkel und Gierwinkelbestimmung aus den beiden Epipolen der beiden Kamerabildern der Fluchtpunkt bestimmt wird, wenn der Abstand der Epipole innerhalb eines ersten vorgegebene Intervalls liegt.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die ermittelten Fluchtpunkte für ein vorgegebenes Zeitintervall gesammelt werden und aus der Menge der ermittelten Fluchtpunkte ein zeitstabiler Fluchtpunkt zu Bestimmung von Nickwinkel und Gierwinkel ermittelt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die beiden Epipole zweier Kamerabilder zur Rollwinkelbestimmung verwendet werden, wenn der Abstand der Epipole innerhalb eines zweiten vorgegebenen Intervalls liegt, wobei aus der Lage der Epipole im jeweiligen Kamerabild ein Rollwinkel geschätzt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die ermittelten Rollwinkel über die Zeit gesammelt und in vorgegebenen Gruppen als Funktion der Gierrate des Kraftfahrzeugs eingeteilt werden.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass pro Gruppe der gespeicherten Rollwinkel ein mittlerer Gruppenrollwinkel gebildet wird, wenn die Anzahl der Messungen in jeder Gruppe eine Mindestanzahl erreicht, wobei der endgültige Rollwinkel aus den mittleren Gruppenrollwinkel der Gruppen gebildet wird.
9. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Bestimmung des zweiten optischen Flusses in einem Ausschnitt eines ersten Bildes der Fahrbahn vor dem Kraftfahrzeug Draufsicht ein Rechteck platziert wird, welches im zweiten Bild ermittelt wird, wobei der zweite optische Fluss durch die Bewegung des Rechtecks in den beiden Bildern gebildet wird und aus der Rechteckbewegung die Höhe der Kamera berechnet wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein zeitliches Histogramm der gemessenen Höhen der Kamera für eine Vielzahl von ersten und zweiten Kamerabildern erstellt wird und mit dem Erreichen einer Mindestanzahl von Messungen aus dem Histogramm eine Höhenschätzung abgeleitet wird.
11. Vorrichtung zur Kalibrierung eines Kamerasystems eines Kraftfahrzeugs, welche zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorangegangenen Ansprüche eingerichtet und ausgelegt ist, mit  
einer Einrichtung zur Bestimmung eines ersten optischen Flusses zwischen einem ersten und einem zweiten aufeinanderfolgenden Kamerabildern,  
einer Einrichtung zur Bestimmung von Fluchtpunkten aus dem ersten optischen Fluss,  
einer Einrichtung zur Bestimmung der Drehwinkel aus den ermittelten Fluchtpunkten,  
einer Einrichtung zur Bestimmung eines zweiten optischen Flusses zwischen einem ersten und einem zweiten aufeinanderfolgenden Kamerabildern, und

einer Einrichtung zur Bestimmung der Höhe der Kamera aus einem zweiten optischen Fluss,

**dadurch gekennzeichnet**, dass

zur Bestimmung des ersten optischen Flusses ein regelmäßiges Raster über das erste Kamerabild gelegt wird, im zweiten Kamerabild Korrespondenzen des regelmäßigen Rasters gesucht werden und der erste optische Fluss aus der Bewegung des Rasters über den Kamerabildern bestimmt wird.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einrichtung zur Bestimmung des Fluchtpunktes auf Basis des ermittelten ersten optischen Flusses die Epipole in beiden Kamerabildern errechnet und die Epipole zur Fluchtpunktschätzung verwendet.
13. Vorrichtung nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Bestimmung des zweiten optischen Flusses in einem Ausschnitt eines ersten Bildes der Fahrbahn vor dem Kraftfahrzeug in Draufsicht ein Rechteck platziert wird, welches im zweiten Bild ermittelt wird, wobei der zweite optischen Fluss durch die Bewegung des Rechtecks in den beiden Bilder gebildet und aus der Rechteckbewegung die Höhe der Kamera berechnet wird.
14. Vorrichtung nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einrichtung zur Bestimmung der Kamerahöhe ein zeitliches Histogramm der ermittelten Höhen der Kamera für eine Vielzahl von ersten und zweiten Kamerabildern erstellt und mit dem Erreichen eines Mindestanzahl von Messungen aus dem Histogramm eine Höhenschätzung ableitet.

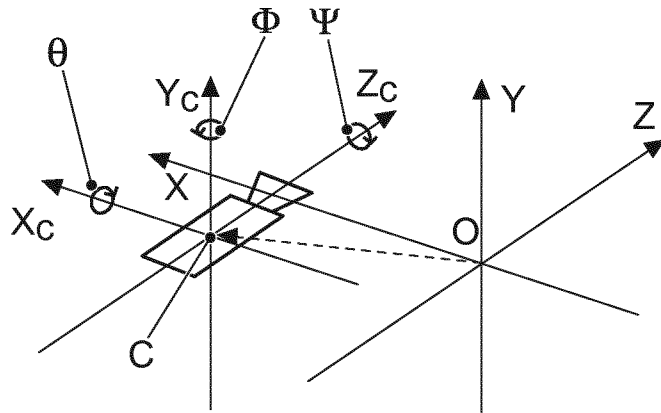


FIG. 1

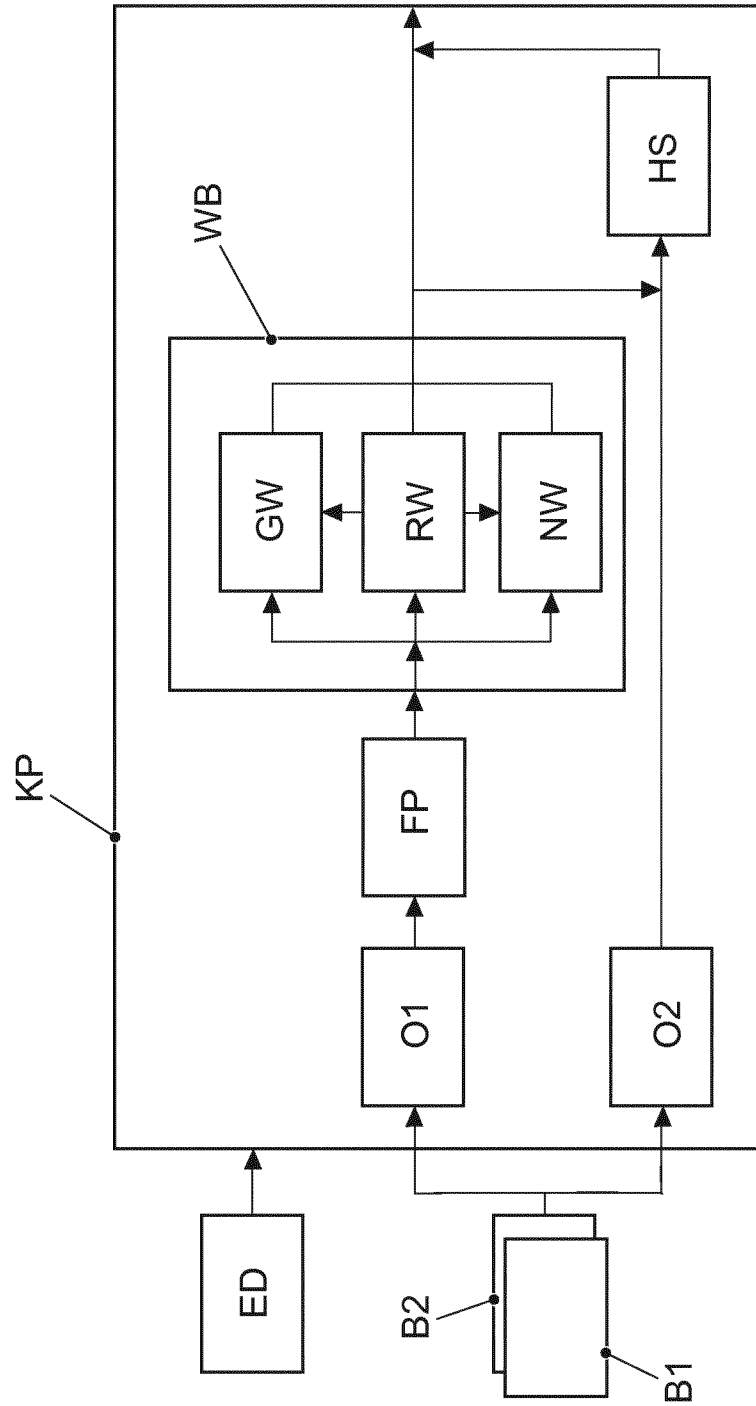


FIG. 2

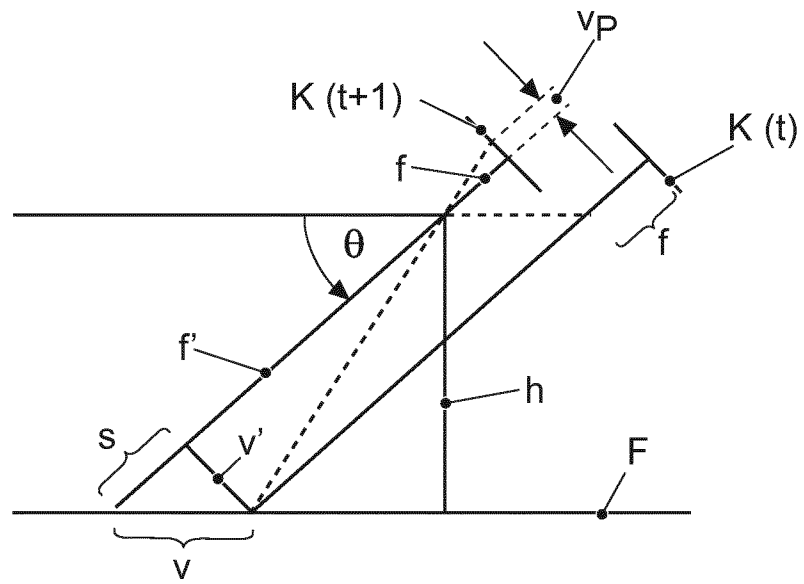


FIG. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2015/059991

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. G06T7/00 G06T7/20  
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)  
G06T G06K B60R

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, 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	Ernesto Tapia ET AL: "A Note on Calibration of Video Cameras for Autonomous Vehicles with Optical Flow", February 2013 (2013-02), pages 1-4, XP055204795, Berlin Retrieved from the Internet: URL: <a href="http://www.mi.fu-berlin.de/inf/groups/ag-ki/publications/B-13-02/TR-Ernesto.pdf">http://www.mi.fu-berlin.de/inf/groups/ag-ki/publications/B-13-02/TR-Ernesto.pdf</a> [retrieved on 2015-07-27]	1-3,9-14
A	the whole document ----- -/--	4-8

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  28 July 2015	Date of mailing of the international search report  05/08/2015
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  Borotschnig, Hermann

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2015/059991

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	GONZALO R. RODRÍGUEZ-CANOSA ET AL: "A Real-Time Method to Detect and Track Moving Objects (DATMO) from Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) Using a Single Camera", REMOTE SENSING, vol. 4, no. 12, 20 April 2012 (2012-04-20) , pages 1090-1111, XP055204829, DOI: 10.3390/rs4041090 page 1095 - page 1096; figure 2(a) abstract -----	1-14
A	KITT B ET AL: "Block-matching based optical flow estimation with reduced search space based on geometric constraints", INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS (ITSC), 2010 13TH INTERNATIONAL IEEE CONFERENCE ON, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 19 September 2010 (2010-09-19), pages 1104-1109, XP031792710, ISBN: 978-1-4244-7657-2 the whole document -----	1-14
A	EP 2 618 305 A1 (ESG ELEKTRONIKSYSTEM UND LOGISTIK GMBH [DE]) 24 July 2013 (2013-07-24) the whole document -----	1-14

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2015/059991

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 2618305	A1	24-07-2013	
		CN 104246825 A	24-12-2014
		EP 2618305 A1	24-07-2013
		US 2015036885 A1	05-02-2015
		WO 2013107814 A1	25-07-2013
-----			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G06T7/00 G06T7/20 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G06T G06K B60R		
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, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	Ernesto Tapia ET AL: "A Note on Calibration of Video Cameras for Autonomous Vehicles with Optical Flow", Februar 2013 (2013-02), Seiten 1-4, XP055204795, Berlin Gefunden im Internet: URL: <a href="http://www.mi.fu-berlin.de/inf/groups/ag-ki/publications/B-13-02/TR-Ernesto.pdf">http://www.mi.fu-berlin.de/inf/groups/ag-ki/publications/B-13-02/TR-Ernesto.pdf</a> [gefunden am 2015-07-27]	1-3,9-14
A	das ganze Dokument ----- -/-	4-8
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> 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	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts	
28. Juli 2015	05/08/2015	
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  Borotschnig, Hermann	

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	GONZALO R. RODRÍGUEZ-CANOSA ET AL: "A Real-Time Method to Detect and Track Moving Objects (DATMO) from Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) Using a Single Camera", REMOTE SENSING, Bd. 4, Nr. 12, 20. April 2012 (2012-04-20) , Seiten 1090-1111, XP055204829, DOI: 10.3390/rs4041090 Seite 1095 - Seite 1096; Abbildung 2(a) Zusammenfassung -----	1-14
A	KITT B ET AL: "Block-matching based optical flow estimation with reduced search space based on geometric constraints", INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS (ITSC), 2010 13TH INTERNATIONAL IEEE CONFERENCE ON, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 19. September 2010 (2010-09-19), Seiten 1104-1109, XP031792710, ISBN: 978-1-4244-7657-2 das ganze Dokument -----	1-14
A	EP 2 618 305 A1 (ESG ELEKTRONIKSYSTEM UND LOGISTIK GMBH [DE]) 24. Juli 2013 (2013-07-24) das ganze Dokument -----	1-14

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2015/059991

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung	
EP 2618305	A1	24-07-2013	CN 104246825 A	24-12-2014
			EP 2618305 A1	24-07-2013
			US 2015036885 A1	05-02-2015
			WO 2013107814 A1	25-07-2013
-----				