



(10) **DE 10 2010 021 221 A1** 2011.06.22

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2010 021 221.0**

(22) Anmeldetag: **21.05.2010**

(43) Offenlegungstag: **22.06.2011**

(51) Int Cl.: **B60R 1/00 (2006.01)**

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

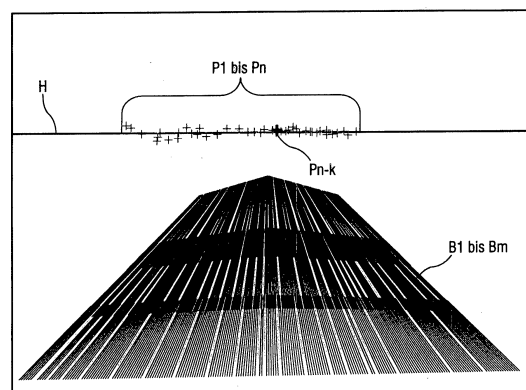
(71) Anmelder:  
**Daimler AG, 70327, Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:  
**Ruland, Thomas, 89077, Ulm, DE; Krüger, Lars,  
Dr., 89073, Ulm, DE**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Bestimmung einer Ausrichtung einer an einem Fahrzeug angeordneten Kamera**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung einer Ausrichtung einer an einem Fahrzeug (F) angeordneten Kamera mit einem zugehörigen Kamera-Koordinatensystem ( $KS_K$ ) relativ zu dem Fahrzeug (F) mit einem zugehörigen Fahrzeug-Koordinatensystem ( $KS_F$ ), wobei ein momentaner Lenkwinkel des Fahrzeugs (F) erfasst wird und von der Kamera eine Folge von Bildern aufgenommen wird und in zeitlich aufeinander folgenden Bildern korrespondierende Bildpunkte ermittelt werden. Erfindungsgemäß wird ein Lenkwinkelbereich zwischen einem positiven maximal möglichen und einem negativen maximal möglichen Lenkwinkel in mehrere Winkelteilbereiche unterteilt, wobei in einem gemeinsamen Bild-Koordinatensystem ( $KS_B$ ) der aufgenommenen Bilder in Abhängigkeit des momentanen Lenkwinkels für jeden Winkelteilbereich Bewegungsvektoren (B1 bis Bm) zwischen korrespondierenden Bildpunkten ermittelt werden, wobei jeweils aus zumindest zwei der Bewegungsvektoren (B1 bis Bm) für jeden Winkelteilbereich jeweils ein Fluchtpunkt (P1 bis Pn) im Bild-Koordinatensystem ( $KS_B$ ) ermittelt wird, wobei zumindest zwei der Fluchtpunkte (P1 bis Pn) in das Kamera-Koordinatensystem ( $KS_K$ ) projiziert werden und jeweils in einem projizierten Fluchtpunkt (P1', Pn-k') resultieren, wobei aus den projizierten Fluchtpunkten (P1', Pn-k') in dem Kamera-Koordinatensystem ( $KS_K$ ) das Fahrzeug-Koordinatensystem ( $KS_F$ ) rekonstruiert wird und wobei aus einer Rotation des Kamera-Koordinatensystems ( $KS_K$ ) relativ zum Fahrzeug-Koordinatensystem ( $KS_F$ ) die Ausrichtung der Kamera ermittelt wird.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung einer Ausrichtung einer an einem Fahrzeug angeordneten Kamera mit einem zugehörigen Kamera-Koordinatensystem relativ zu dem Fahrzeug mit einem zugehörigen Fahrzeug-Koordinatensystem, wobei ein momentaner Lenkwinkel des Fahrzeugs erfasst wird und von der Kamera eine Folge von Bildern aufgenommen wird und in zeitlich aufeinander folgenden Bildern korrespondierende Bildpunkte ermittelt werden.

**[0002]** Die noch nicht veröffentlichte Patentanmeldung DE 10 2009 057 996.6 der Anmelderin beschreibt ein Verfahren zur Bestimmung einer Position und/oder Ausrichtung einer Kamera mit einem zugehörigen Kamera-Koordinatensystem relativ zu einer Position eines Fahrzeuges oder Fahrzeuggespannes mit einem zugehörigen Fahrzeug-Koordinatensystem. Die Kamera ist an dem Fahrzeug bzw. Fahrzeuggespann angeordnet. Dabei wird von der Kamera eine Folge von Bildern aufgenommen und anhand eines ersten Bildpunktes eines ersten Bildes und eines korrespondierenden zweiten Bildpunktes eines nachfolgenden Bildes wird ein erster Bewegungsvektor im Kamera-Koordinatensystem ermittelt. Weiterhin wird im Fahrzeug-Koordinatensystem ein zweiter Bewegungsvektor ermittelt und der erste Bildpunkt im Kamera-Koordinatensystem wird in das Fahrzeug-Koordinatensystem projiziert und resultiert in einem projizierten Punkt. Der projizierte Punkt gemäß dem zweiten Bewegungsvektor im ersten Koordinatensystem wird verschoben, so dass ein Punkt erzeugt und in das Kamera-Koordinatensystem projiziert wird, wodurch ein transformierter Punkt entsteht. Im Kamera-Koordinatensystem werden aus einer Differenz zwischen dem transformierten Punkt und dem zweiten Bildpunkt Rotationsparameter und/oder Translationsparameter des Kamera-Koordinatensystems zu dem Fahrzeug-Koordinatensystem ermittelt.

**[0003]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein gegenüber dem Stand der Technik verbessertes Verfahren zur Bestimmung einer Ausrichtung einer an einem Fahrzeug angeordneten Kamera anzugeben.

**[0004]** Die Aufgabe wird erfindungsgemäß mit einem Verfahren gelöst, welches die im Anspruch 1 angegebenen Merkmale aufweist.

**[0005]** Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

**[0006]** In dem Verfahren zur Bestimmung einer Ausrichtung einer an einem Fahrzeug angeordneten Kamera mit einem zugehörigen Kamera-Koordinatensystem relativ zu dem Fahrzeug mit einem zugehörigen Fahrzeug-Koordinatensystem wird ein momentaner Lenkwinkel des Fahrzeugs erfasst und von der

Kamera wird eine Folge von Bildern aufgenommen und in zeitlich aufeinander folgenden Bildern korrespondierende Bildpunkte werden ermittelt.

**[0007]** Erfindungsgemäß wird ein Lenkwinkelbereich zwischen einem positiven maximal möglichen und einem negativen maximal möglichen Lenkwinkel in mehrere Winkelteilbereiche unterteilt, wobei in einem gemeinsamen Bild-Koordinatensystem der aufgenommenen Bilder in Abhängigkeit des momentanen Lenkwinkels für jeden Winkelteilbereich Bewegungsvektoren zwischen korrespondierenden Bildpunkten ermittelt werden, wobei jeweils aus zumindest zwei der Bewegungsvektoren für jeden Winkelteilbereich jeweils ein Fluchtpunkt im Bild-Koordinatensystem ermittelt wird, wobei zumindest zwei der Fluchtpunkte in das Kamera-Koordinatensystem projiziert werden und jeweils in einem projizierten Fluchtpunkt resultieren, wobei aus den projizierten Fluchtpunkten in dem Kamera-Koordinatensystem das Fahrzeug-Koordinatensystem rekonstruiert wird und wobei aus einer Rotation des Kamera-Koordinatensystems relativ zum Fahrzeug-Koordinatensystem die Ausrichtung der Kamera ermittelt wird.

**[0008]** Unter einem Fluchtpunkt wird dabei ein Punkt verstanden, in welchem sich in einer perspektivischen Abbildung Bilder von Geraden schneiden, die im Original zueinander parallel verlaufen.

**[0009]** Die Erfindung ermöglicht, dass innerhalb einer kurzen Zeit und innerhalb einer kurzen Wegstrecke eine Orientierung oder Ausrichtung der Erfassungseinheit ohne Zuhilfenahme von Kalibrierobjekten während eines Fahrbetriebs des Fahrzeugs ermittelt werden kann. Somit können Schwankungen einer Haltevorrichtung der Erfassungseinheit, insbesondere bei einer mechanisch bewegten Haltevorrichtung, wie z. B. an einem Außenspiegel, ausgeglichen werden.

**[0010]** Auch ist zur Durchführung des Verfahrens als Fahrzeugparameter lediglich der momentane Lenkwinkel erforderlich. Durch weitere Fahrzeugparameter, wie beispielsweise eine Fahrdistanz, wird die Leistung des Verfahrens zusätzlich verbessert.

**[0011]** Durch das Sammeln von Korrespondenzen über die Zeit können ferner kurzzeitige Nickbewegungen des Fahrzeugs ausgeglichen werden.

**[0012]** Weiterhin entfällt in vorteilhafter Weise eine manuelle Kalibrierung, insbesondere Werkskalibrierung der Erfassungseinheit. Daraus resultiert eine Verringerung des Zeit- und Materialaufwands für die Montage der Erfassungseinheit bei der Herstellung des Fahrzeugs.

**[0013]** Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im Folgenden anhand von Zeichnungen näher erläutert.

**[0014]** Dabei zeigen:

**[0015]** **Fig. 1** schematisch ein mittels einer Kamera erfasstes Bild einer Umgebung eines Fahrzeugs,

**[0016]** **Fig. 2A** schematisch Bewegungsvektoren zwischen korrespondierenden Bildpunkten auf einem Bild der Kamera,

**[0017]** **Fig. 2B** schematisch auf ein Bild einer virtuellen Kamera projizierte Bewegungsvektoren und

**[0018]** **Fig. 3** schematisch ein Fahrzeug mit einem Fahrzeug-Koordinatensystem sowie ein Bild-Koordinatensystem und ein Kamera-Koordinatensystem.

**[0019]** Einander entsprechende Teile sind in allen Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

**[0020]** **Fig. 1** zeigt ein mittels einer nicht dargestellten Kamera erfasstes Bild einer Umgebung eines in **Fig. 3** näher dargestellten Fahrzeugs F.

**[0021]** Die Kamera ist beispielsweise in einem Außenspiegel des Fahrzeugs F angeordnet, wobei mittels der Kamera die hinter, seitlich und/oder vor dem Fahrzeug F befindliche Umgebung erfassbar ist. Die Kamera ist eine Infrarot-Kamera oder eine im Lichtspektrum empfindliche Kamera. Bei der Kamera kann es sich um jede bekannte Kamera handeln, beispielsweise auch um eine Kamera mit einem so genannten Fischaugenobjektiv. Anhand der mittels der Kamera erfassten Bilder ist eine Unterstützung eines Fahrers des Fahrzeugs F möglich, wobei die Kamera insbesondere Bestandteil eines Fahrerassistenzsystems, wie beispielsweise eines so genannten Toten-Winkel-Assistenten oder einer Einparkhilfe ist.

**[0022]** In einem nicht dargestellten Ausführungsbeispiel ist alternativ oder zusätzlich die Umgebung vor dem Fahrzeug F erfassbar und/oder die Kamera ist an einer anderen Position am oder im Fahrzeug F angeordnet.

**[0023]** Zur uneingeschränkten Funktion des Fahrerassistenzsystems ist es erforderlich, dass eine Ausrichtung der Kamera relativ zum Fahrzeug F bekannt ist, d. h. dass die Kamera kalibriert ist.

**[0024]** Das erfindungsgemäße Verfahren und dessen Weiterbildungen dienen der Bestimmung einer Kameraorientierung bzw. Kamerarotation, d. h. einer Ermittlung einer Ausrichtung der Kamera relativ zum Fahrzeug F während dessen Fahrbetriebs.

**[0025]** Zur Ermittlung der Ausrichtung wird zunächst ein momentaner Lenkwinkel des Fahrzeugs F erfasst. Diese Erfassung erfolgt insbesondere mittels im Fahrzeug F vorhandener Erfassungseinheiten.

**[0026]** Weiterhin wird ein Lenkwinkelbereich zwischen einem positiven maximal möglichen und einem negativen maximal möglichen Lenkwinkel in mehrere Winkelteilbereiche unterteilt. Ein Mittelpunkt des Lenkwinkelbereichs wird, wenn der positive maximal mögliche und der negative maximal mögliche Lenkwinkel gleich groß sind, durch den Lenkwinkel mit dem Wert "Null" gebildet.

**[0027]** Um ferner zu erreichen, dass der Lenkwinkel mit dem Wert "Null" den Mittelpunkt eines Winkelteilbereiches bildet, wird der Lenkwinkelbereich vorzugsweise in eine ungerade Anzahl von Winkelteilbereichen, beispielsweise 31, unterteilt.

**[0028]** Zusätzlich wird zur Ermittlung der Ausrichtung der Kamera von der Kamera eine Folge von Bildern aufgenommen. In zeitlich aufeinanderfolgenden Bildern werden für jeden Winkelteilbereich des Lenkwinkels jeweils nicht näher dargestellte korrespondierende Bildpunkte ermittelt.

**[0029]** Anschließend werden in einem Bild-Koordinatensystem  $KS_B$  einer virtuellen Kamera, welches in **Fig. 3** näher dargestellt ist, in Abhängigkeit des erfassten Lenkwinkels für jeden Winkelteilbereich Bewegungsvektoren  $B_1$  bis  $B_m$  zwischen den korrespondierenden Bildpunkten ermittelt.

**[0030]** Hierzu werden die korrespondierenden Bildpunkte, so genannte temporale Korrespondenzen, zunächst aus den Bildern extrahiert. Die Extraktion der Korrespondenzen und die Ermittlung der Bewegungsvektoren  $B_1$  bis  $B_m$  erfolgt insbesondere mittels des aus "Stein, F u. a.: Efficient Computation of Optical Flow Using the Census Transform; In: Lecture Notes in Computer Science, Springer Berlin/Heidelberg, 2004, Seiten 79 bis 86" bekannten Census-Flow-Verfahrens, in dem lokale Bildmerkmale aus Abbildungen extrahiert werden. Dieses Census-Flow-Verfahren basiert auf einer Census-Transformation lokaler Bildregionen, wobei nicht nur einzelne Bildpunkte, sondern Bildbereiche verarbeitet werden. Das Census-Flow-Verfahren eignet sich speziell zur Ermittlung und Verarbeitung langer Bewegungsvektoren  $B_1$  bis  $B_m$ .

**[0031]** Je nach eingestelltem Lenkwinkel zum Zeitpunkt der Korrespondenzextraktion werden die Korrespondenzen mit den Bewegungsvektoren  $B_1$  bis  $B_m$  dem entsprechenden Lenkwinkel zugeordnet und gespeichert. Die Ermittlung und Speicherung der Korrespondenzen über die Zeit ermöglicht es, während des Fahrbetriebs des Fahrzeugs F auftretende Nick- und Wankbewegungen auszugleichen, so dass ei-

ne Verfälschung des Ergebnisses der Ermittlung der Ausrichtung der Kamera vermieden wird.

**[0032]** Parallel zur Ermittlung der Korrespondenzen und der Bewegungsvektoren  $B_1$  bis  $B_m$  wird für jeden Winkelteilbereich des Lenkwinkels jeweils ein Fluchtpunkt  $P_1$  bis  $P_n$  bestimmt.

**[0033]** Diese Bestimmung erfolgt mittels eines robusten Schätzverfahrens, insbesondere mittels des so genannten RANSAC-Algorithmus.

**[0034]** Dabei werden für jeden Winkelteilbereich aus den ermittelten Bewegungsvektoren  $B_1$  bis  $B_m$  jeweils zumindest zwei zufällig ausgewählt. Die zumindest zwei der Bewegungsvektoren  $B_1$  bis  $B_m$  werden anschließend verlängert und es wird ein Schnittpunkt der zumindest zwei Bewegungsvektoren  $B_1$  bis  $B_m$  ermittelt. Dieser Schnittpunkt der verlängerten Bewegungsvektoren  $B_1$  bis  $B_m$  ergibt einen vorläufigen Fluchtpunkt der zwei Bewegungsvektoren  $B_1$  bis  $B_m$ .

**[0035]** Anschließend wird ein Punkt-Gerade-Abstand des vorläufigen Fluchtpunkts und jeder der verbleibenden und ebenfalls verlängerten Bewegungsvektoren  $B_1$  bis  $B_m$  berechnet. Ist der Abstand unter einem vorgegebenen Maximalabstand, unterstützt der entsprechende Bewegungsvektor  $B_1$  bis  $B_m$  die Hypothese, dass der vorläufige Fluchtpunkt ein endgültiger Fluchtpunkt  $P_1$  bis  $P_n$  ist. Die Anzahl der Bewegungsvektoren  $B_1$  bis  $B_m$ , deren Abstand kleiner als der Maximalabstand ist, wird bestimmt und gespeichert.

**[0036]** Darauf folgend wird das Verfahren, d. h. der RANSAC-Algorithmus neu gestartet, indem wiederum zwei der ermittelten Bewegungsvektoren  $B_1$  bis  $B_m$  für den gleichen Winkelteilbereich zufällig ausgewählt werden, wobei das Verfahren mehrfach, beispielsweise 100 Mal, für jeden Winkelteilbereich wiederholt wird. Dabei wird der vorläufige Fluchtpunkt ermittelt, welcher von der größten Anzahl der Bewegungsvektoren  $B_1$  bis  $B_m$  unterstützt wird. Dieser Fluchtpunkt bildet den endgültigen Fluchtpunkt  $P_1$  bis  $P_n$  des jeweiligen Winkelteilbereichs. Daraus resultiert für jeden Winkelteilbereich ein Fluchtpunkt  $P_1$  bis  $P_n$ . Der Winkelteilbereich, welcher den Lenkwinkel mit dem Wert "Null" umfasst, weist den Fluchtpunkt  $P_{n-k}$  auf.

**[0037]** Mittels gewichteter Regression der Fluchtpunkte  $P_1$  bis  $P_n$  wird weiterhin eine Horizontlinie  $H$  bestimmt. Ein Gewicht jedes einzelnen Fluchtpunkts  $P_1$  bis  $P_n$  entspricht dabei der Anzahl der Bewegungsvektoren  $B_1$  bis  $B_m$ , welche diesen unterstützen bzw. welche die Hypothese unterstützen, dass dieser der endgültige Fluchtpunkt  $P_1$  bis  $P_n$  des jeweiligen Winkelteilbereichs ist. Zu einer besonders genauen Ermittlung der Horizontlinie  $H$  ist es vor-

teilhaft, die Anzahl der Winkelteilbereiche möglichst groß zu wählen.

**[0038]** Um den Schnittpunkt der zumindest zwei Bewegungsvektoren  $B_1$  bis  $B_m$  mittels des RANSAC-Algorithmus auf eine besonders zuverlässige bzw. stabile Weise zu ermitteln, ist es erforderlich, dass der Schnittpunkt innerhalb des Bildbereichs der jeweiligen Bewegungsvektoren  $B_1$  bis  $B_m$  liegt.

**[0039]** Handelt es sich bei der Kamera um eine Kamera, welche Bilder seitlich neben dem Fahrzeug  $F$  erfasst, wie beispielsweise die genannte Kamera mit dem Fischaugenobjektiv im Außenspiegel des Fahrzeugs  $F$ , verlaufen die Bewegungsvektoren  $B_1$  bis  $B_m$  im Bild der Kamera nahezu parallel.

**[0040]** In [Fig. 2A](#) ist ein Bild der Kamera dargestellt, auf die Bewegungsvektoren  $B_1$  bis  $B_m$  nahezu parallel verlaufen. Der parallele Verlauf der Bewegungsvektoren  $B_1$  bis  $B_m$  resultiert daraus, dass der zugehörige Fluchtpunkt  $P_1$  bis  $P_n$  außerhalb des Bildes und weit entfernt von den Bewegungsvektoren  $B_1$  bis  $B_m$  liegt. Ursache hierfür ist wiederum, dass eine Blickrichtung der Kamera weit von einer Fahrtrichtung des Fahrzeugs  $F$  abweicht.

**[0041]** Aus diesem Grund werden die Bewegungsvektoren  $B_1$  bis  $B_m$  vor der Ermittlung der Schnittpunkte mittels des RANSAC-Algorithmus von einem Kamera-Koordinatensystem  $KS_K$  auf das Bildkoordinatensystem  $KS_B$  der virtuellen Kamera, beispielsweise einer so genannten Pinhole-Kamera, projiziert.

**[0042]** [Fig. 2B](#) zeigt das Bild der virtuellen Kamera mit den projizierten Bewegungsvektoren  $B_1$  bis  $B_m$ . Die Bewegungsvektoren  $B_1$  bis  $B_m$  verlaufen derart, dass diese sich im Fluchtpunkt  $P_{n-k}$  schneiden bzw. deren Punkt-Gerade-Abstand kleiner als der vorgegebene Maximalabstand ist.

**[0043]** Damit die Bewegungsvektoren  $B_1$  bis  $B_m$  den Fluchtpunkt  $P_{n-k}$  innerhalb des Bildes schneiden, wird die virtuelle Kamera derart ausgerichtet, dass ein Winkel zwischen einer optischen Achse der virtuellen Kamera und einer Fahrtrichtung des Fahrzeugs möglichst klein gewählt wird, vorzugsweise kleiner als  $90^\circ$  ist, idealerweise im Bereich zwischen  $0^\circ$  und  $20^\circ$  liegt. Die Fahrtrichtung des Fahrzeugs  $F$  bzw. der Fluchtpunkt  $P_{n-k}$  sollte in einem Erfassungsbereich der virtuellen Kamera liegen, wobei der Winkel zwischen einer optischen Achse der virtuellen Kamera und einer Fahrtrichtung des Fahrzeugs vorzugsweise in Abhängigkeit des Öffnungswinkels der verwendeten Kamera gewählt wird. Mit anderen Worten: Die virtuelle Kamera blickt zumindest teilweise in Fahrtrichtung des Fahrzeugs  $F$ . Dabei muss die virtuelle Kamera nicht zwangsläufig dieselbe Blickrichtung aufweisen, wie die reale Kamera.

**[0044]** Die Blickrichtung der virtuellen Kamera kann dabei entweder manuell oder aber auch automatisch gewählt werden. Im Fall einer automatischen Auswahl die Bewegungsvektoren B1 bis Bm sich in gewinnbringender Weise in wenigstens einem Fluchtpunkt P1–Pn innerhalb des Bildes schneiden bzw. die Bewegungsvektoren möglichst stark konvergieren.

**[0045]** Die Projektion der Bewegungsvektoren B1 bis Bm von der Kamera auf die virtuelle Kamera erfolgt anhand einer Rektifizierung mit Hilfe der bekannten intrinsischen Parameter der Kamera.

**[0046]** Aus dieser Projektion der Bewegungsvektoren B1 bis Bm ergibt sich in vorteilhafter Weise, dass die Ausrichtung der Kamera auch dann ermittelbar ist, wenn die Fluchtpunkte P1 bis Pn sich nicht innerhalb des Bildes befinden und die temporalen Korrespondenzen, d. h. die Bewegungsvektoren B1 bis Bm nahezu parallel verlaufen.

**[0047]** In **Fig. 3** ist das Fahrzeug F mit einem zugehörigen Fahrzeug-Koordinatensystems  $KS_F$  sowie dem Bild-Koordinatensystem  $KS_B$  und dem Kamera-Koordinatensystem  $KS_K$  dargestellt. Das Fahrzeug-Koordinatensystem  $KS_F$  und das Kamera-Koordinatensystem  $KS_K$  weisen jeweils eine x-Achse  $x_F, x_K$ , y-Achse  $y_F, y_K$  und eine z-Achse  $z_F, z_K$  auf. Das Bild-Koordinatensystem  $KS_B$  ist zweidimensional aus Spalten und Zeilen, d. h. aus einer ersten Koordinate u und einer zweiten Koordinate v gebildet.

**[0048]** Zur Ermittlung der Ausrichtung der Kamera auf Basis der Fluchtpunkte P1 bis Pn wird im Bild eine Orientierung oder Ausrichtung des Fahrzeugkoordinatensystems  $KS_F$  rekonstruiert.

**[0049]** Zur Rekonstruktion einer z-Achse  $z_F$  des Fahrzeug-Koordinatensystems  $KS_F$  wird der Fluchtpunkt Pn-k, welcher zum Winkelteilbereich mit dem Lenkwinkel, der den Wert "Null" aufweist, aus dem Bild-Koordinatensystem  $KS_B$  in das Kamera-Koordinatensystem  $KS_K$  rückprojiziert. Aufgrund der bekannten intrinsischen Parameter der Kamera ist auch die Lage des Kamera-Koordinatensystems  $KS_K$  relativ zum Bild-Koordinatensystem  $KS_B$  bekannt.

**[0050]** Diese Rückprojektion resultiert im projizierten Fluchtpunkt Pn-k' und dem mit diesem gebildeten Vektor im Kamera-Koordinatensystem  $KS_K$ , aus welchem die z-Achse  $z_F$  des Fahrzeugkoordinatensystems  $KS_F$  ermittelt wird. An dieser Stelle muss bekannt sein, ob die Kamera nach vorne oder nach hinten blickt. Blickt die Kamera nach vorne, muss bezüglich des Fahrzeug-Koordinatensystems  $KS_F$  der mit Hilfe des projizierten Fluchtpunkts Pn-k' gebildete Vektor bzw. die gebildete Achse gespiegelt werden, um die z-Achse  $z_F$  des Fahrzeug-Koordinatensystems  $KS_F$  zu rekonstruieren.

**[0051]** Um die zweite notwendige Achse, d. h. die x-Achse  $x_F$  des Fahrzeug-Koordinatensystems  $KS_F$  zu rekonstruieren, wird ein weiterer beliebiger Fluchtpunkt P1 bis Pn von der Horizontlinie H gewählt und rückprojiziert. Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist dieser Punkt der Fluchtpunkt P1, welcher im projizierten Fluchtpunkt P1' resultiert. Die aus den mittels der Fluchtpunkte P1 und Pn-k gebildeten Vektoren bzw. Achsen rekonstruieren eine x-z-Ebene des Fahrzeug-Koordinatensystems  $KS_F$ .

**[0052]** Daraus resultiert, dass die x-Achse  $x_F$  und die z-Achse  $z_F$  und somit die x-z-Ebene des Fahrzeug-Koordinatensystems  $KS_F$  bekannt sind, so dass mathematisch die Rotation des Kamera-Koordinatensystems  $KS_K$  relativ zum Fahrzeugkoordinatensystem  $KS_F$  bestimmt werden kann.

**[0053]** Aus dieser Rotation des Kamera-Koordinatensystems  $KS_K$  relativ zum Fahrzeug-Koordinatensystem  $KS_F$  wird die relative Orientierung der Kamera, d. h. die Ausrichtung der Kamera ermittelt.

**[0054]** Das beschriebene Verfahren zur Bestimmung der Ausrichtung der Kamera wird vorzugsweise mittels eines in der Kamera integrierten elektronischen Steuergeräts oder mittels eines separaten Steuergeräts ausgeführt. Das Steuergerät ist dabei insbesondere mit einem Datenbus des Fahrzeugs F verbunden, um relevante Informationen und Fahrzeugdaten, wie beispielsweise den Lenkwinkel, zu erhalten.

**[0055]** Eine vorteilhafte Ausführungsform verwendet Informationen von weiteren Fahrzeugsensoren, welche ebenfalls über den Datenbus übertragen werden, um die Nick- und Wankbewegungen, Beschleunigungen und Bremsvorgänge des Fahrzeugs F zu detektieren. Korrespondenzen und Bewegungsvektoren B1 bis Bm während der Nick- und Wankbewegungen werden dann vorzugsweise nicht gespeichert, damit Ergebnisse bei der Ermittlung der Fluchtpunkte P1 bis Pn nicht beeinflusst werden.

**[0056]** Ferner wird das Verfahren verwendet, um eine manuelle und automatische Justierung der Kamera auszuführen. Insbesondere eine automatische Justierung der Kamera während des Fahrbetriebs des Fahrzeugs F ermöglicht, dass stets ein optimiertes Sichtfeld für die Kamera eingestellt wird und sich sowohl ein Zeit- als auch ein Materialaufwand bei der Montage der Kamera am Fahrzeug F verringert.

#### Bezugszeichenliste

<b>B1 bis Bm</b>	Bewegungsvektor
<b>F</b>	Fahrzeug
<b>H</b>	Horizontlinie
<b><math>KS_B</math></b>	Bild-Koordinatensystem
<b><math>KS_F</math></b>	Fahrzeug-Koordinatensystem

<b>KS<sub>K</sub></b>	Kamera-Koordinatensystem
<b>O</b>	Objekt
<b>P1 bis Pn</b>	Fluchtpunkt
<b>Pn-k</b>	Fluchtpunkt
<b>P1'</b>	projizierter Fluchtpunkt
<b>Pn-k'</b>	projizierter Fluchtpunkt
<b>u</b>	Koordinate des Bild-Koordinatensystems
<b>v</b>	Koordinate des Bild-Koordinatensystems
<b>x<sub>F</sub></b>	x-Achse des Fahrzeug-Koordinatensystems
<b>x<sub>K</sub></b>	x-Achse des Kamera-Koordinatensystems
<b>y<sub>F</sub></b>	y-Achse des Fahrzeug-Koordinatensystems
<b>y<sub>K</sub></b>	y-Achse des Kamera-Koordinatensystems
<b>z<sub>F</sub></b>	z-Achse des Fahrzeug-Koordinatensystems
<b>z<sub>K</sub></b>	z-Achse des Kamera-Koordinatensystems

**ZITATE ENHALTEN 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**

- DE 102009057996 [\[0002\]](#)

**Zitierte Nicht-Patentliteratur**

- Stein, F u. a.: Efficient Computation of Optical Flow Using the Census Transform; In: Lecture Notes in Computer Science, Springer Berlin/Heidelberg, 2004, Seiten 79 bis 86 [\[0030\]](#)

**Patentansprüche**

1. Verfahren zur Bestimmung einer Ausrichtung einer an einem Fahrzeug (F) angeordneten Kamera mit einem zugehörigen Kamera-Koordinatensystem ( $KS_K$ ) relativ zu dem Fahrzeug (F) mit einem zugehörigen Fahrzeug-Koordinatensystem ( $KS_F$ ), wobei ein momentaner Lenkwinkel des Fahrzeugs (F) erfasst wird und von der Kamera eine Folge von Bildern aufgenommen wird und in zeitlich aufeinander folgenden Bildern korrespondierende Bildpunkte ermittelt werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Lenkwinkelbereich zwischen einem positiven maximal möglichen und einem negativen maximal möglichen Lenkwinkel in mehrere Winkelteilbereiche unterteilt wird, wobei in einem gemeinsamen Bild-Koordinatensystem ( $KS_B$ ) der aufgenommenen Bilder in Abhängigkeit des momentanen Lenkwinkels für jeden Winkelteilbereich Bewegungsvektoren (B1 bis Bm) zwischen korrespondierenden Bildpunkten ermittelt werden, wobei jeweils aus zumindest zwei der Bewegungsvektoren (B1 bis Bm) für jeden Winkelteilbereich jeweils ein Fluchtpunkt (P1 bis Pn) im Bild-Koordinatensystem ( $KS_B$ ) ermittelt wird, wobei zumindest zwei der Fluchtpunkte (P1 bis Pn) in das Kamera-Koordinatensystem ( $KS_K$ ) projiziert werden und jeweils in einem projizierten Fluchtpunkt (P1', Pn-k') resultieren, wobei aus den projizierten Fluchtpunkten (P1', Pn-k') in dem Kamera-Koordinatensystem ( $KS_K$ ) das Fahrzeug-Koordinatensystem ( $KS_F$ ) rekonstruiert wird und wobei aus einer Rotation des Kamera-Koordinatensystems ( $KS_K$ ) relativ zum Fahrzeug-Koordinatensystem ( $KS_F$ ) die Ausrichtung der Kamera ermittelt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Bewegungsvektoren (B1 bis Bm) zur Ermittlung der Fluchtpunkte (P1 bis Pn) auf eine virtuelle Kamera projiziert werden.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die virtuelle Kamera derart ausgerichtet wird, dass ein Winkel zwischen einer optischen Achse der virtuellen Kamera und einer Fahrtrichtung des Fahrzeugs (F) kleiner als  $90^\circ$  ist, vorzugsweise im Bereich zwischen  $0^\circ$  und  $20^\circ$  liegt,

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die virtuelle Kamera derart ausgerichtet wird, dass eine Fahrtrichtung des Fahrzeugs (F) in einem Erfassungsbereich der virtuellen Kamera liegt.

5. Verfahren nach Anspruch 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die virtuelle Kamera in Abhängigkeit vom Verlauf der Bewegungsvektoren (B1 bis Bm) automatisch ausgerichtet wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der jeweilige

Fluchtpunkt (P1 bis Pn) aus einem Schnittpunkt der zumindest zwei der Bewegungsvektoren (B1 bis Bm) gebildet wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass anhand der Fluchtpunkte (P1 bis Pn) der Winkelteilbereiche eine Horizontlinie (H) ermittelt wird.

8. Verwendung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Kamera in Abhängigkeit der Ausrichtung relativ zum Fahrzeug (F) manuell und/oder automatisch justiert wird.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen



Anhängende Zeichnungen

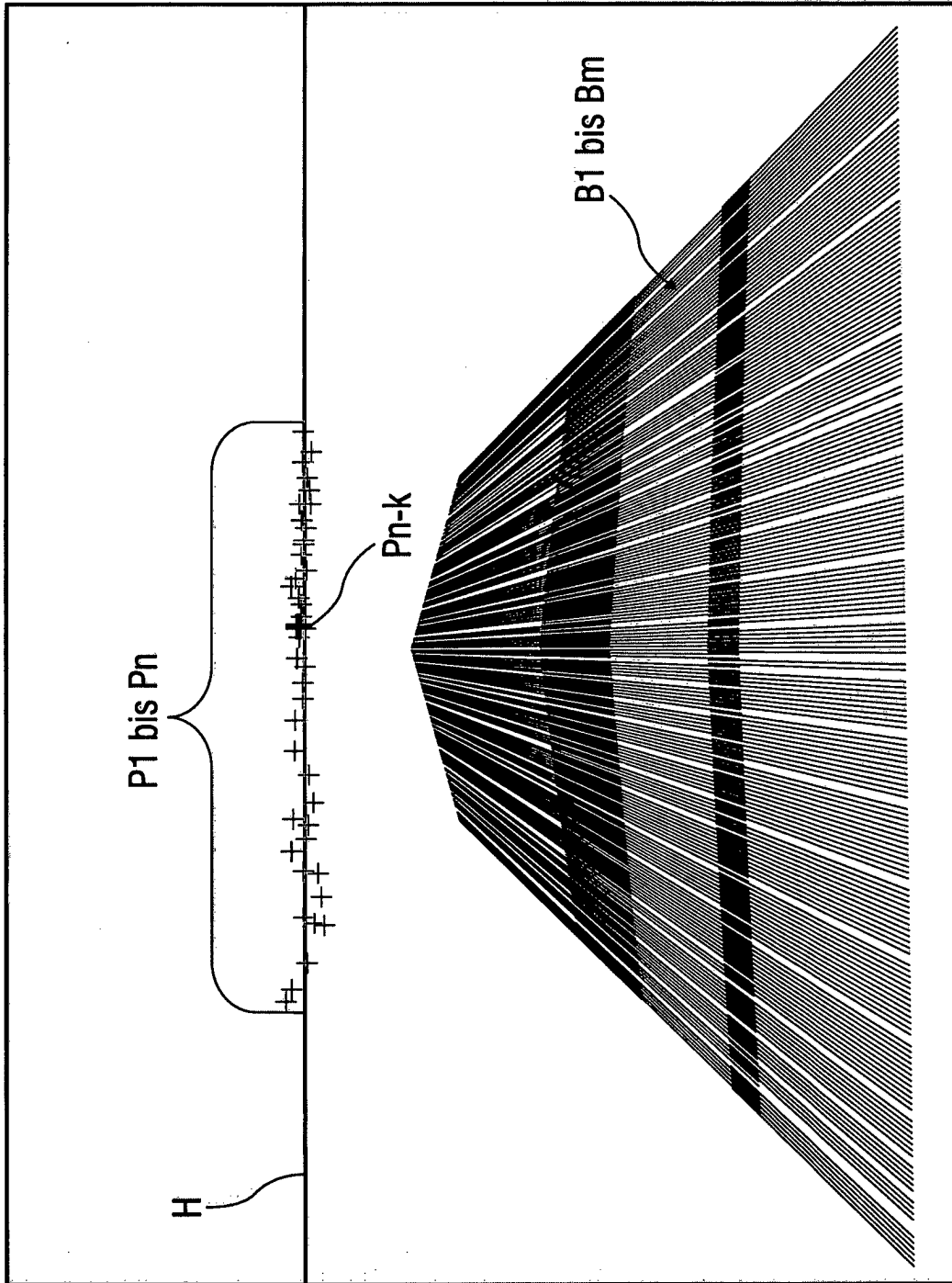


FIG 1

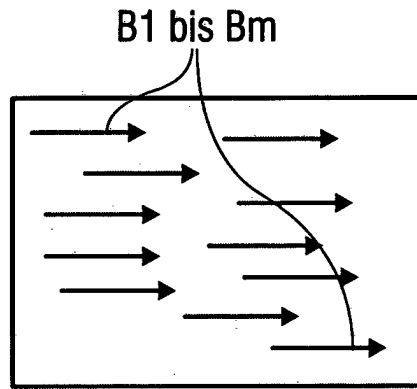


FIG 2A

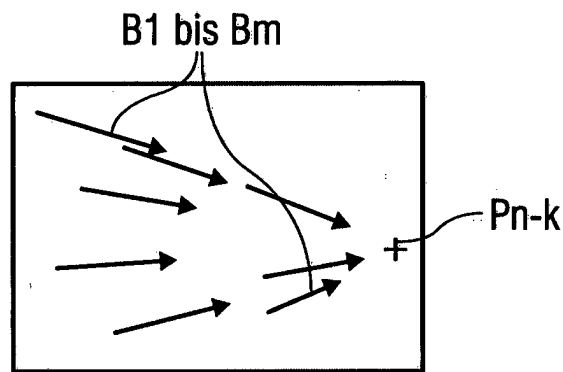


FIG 2B

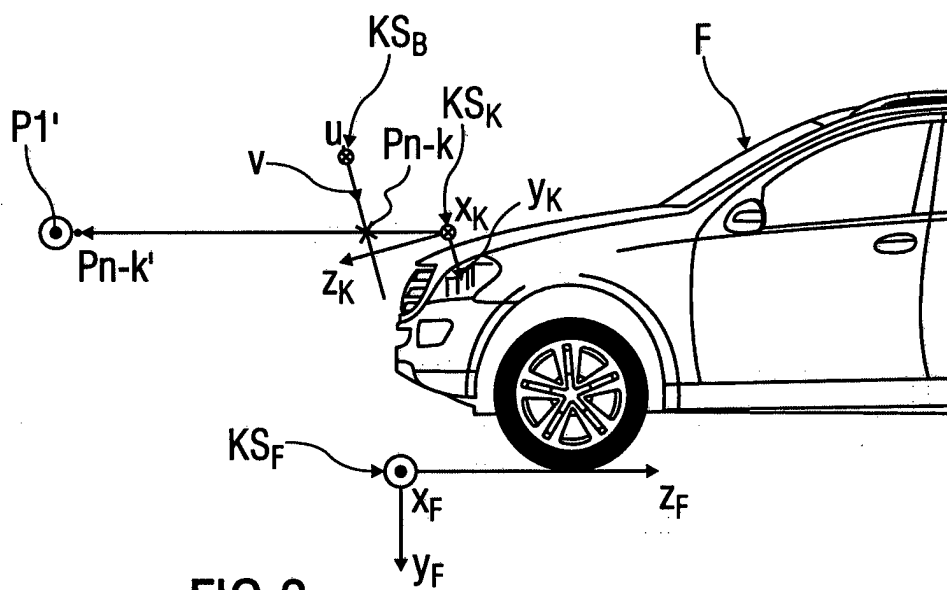


FIG 3