

(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
2. April 2015 (02.04.2015)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2015/044280 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G02B 27/01 (2006.01) **G06T 5/00** (2006.01)

Wendelsweg 103, 60599 Frankfurt (DE). **GIEGERICH, Peter**; Unterm Hungerrain 21, 63853 Mömlingen (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2014/070511

(74) **Anwalt: PATENTANWÄLTE BRESSEL UND PARTNER MBB**; BRUNOTTE, Joachim, Potsdamer Platz 10, 10785 Berlin (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:
25. September 2014 (25.09.2014)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(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.

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2013 219 556.7
27. September 2013 (27.09.2013) DE

(71) **Anmelder: FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.** [DE/DE]; Hansastr. 27c, 80686 München (DE). **CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH** [DE/DE]; Vahrenwalder Str. 9, 30165 Hannover (DE).

(72) **Erfinder: WIENTAPPER, Folker**; Paul-Ehrlich-Str. 14, 60596 Frankfurt am Main (DE). **WUEST, Harald**;

(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,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** METHOD AND APPARATUS FOR CONTROLLING AN IMAGE GENERATING DEVICE OF A HEAD-UP DISPLAY

(54) **Bezeichnung :** VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR STEUERUNG EINER BILDERZEUGUNGSEINRICHTUNG EINES HEAD-UP-DISPLAYS

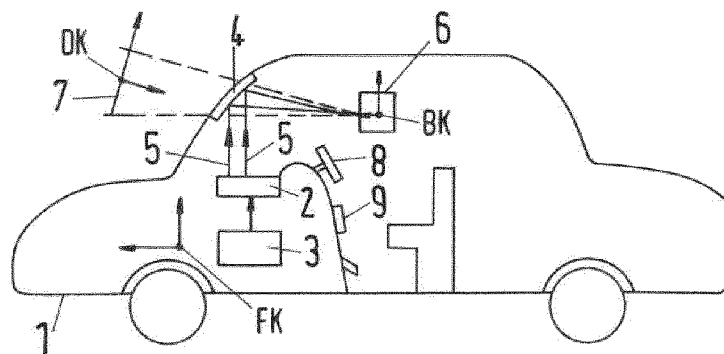


Fig.1

(57) **Abstract:** The invention relates to a method and an apparatus for controlling an image generating device (2) of a head-up display in a vehicle (1), wherein a two-dimensional reference pattern (RM) is generated by means of the image generating device (2) and is represented as projected reference pattern (RM) by means of a projection element of the head-up display, wherein a plurality of two-dimensional images from in each case mutually different positions and/or with mutually different orientations are generated by means of at least one image acquisition device (6), wherein the projected reference pattern (RM) is at least partly imaged into each image of the plurality of two-dimensional images, wherein coordinates of at least one imaged element of the reference pattern (RM) are in each case determined in an image, wherein the corresponding position and/or orientation of the at least one image acquisition device (6) in a reference coordinate system are/is acquired or determined for each image, wherein coordinates of the at least one imaged element are estimated at least depending on at least one imaging parameter of a first imaging function and depending on a second imaging function, wherein the first imaging function describes a mapping from a coordinate system (DK) of a virtual representation plane (7) of

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



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).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

— *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)*

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

the head-up display into the reference coordinate system, wherein the second imaging function describes a mapping from the reference coordinate system into a coordinate system (BK) of the image acquisition device (6) depending on the position and/or orientation of the at least one image acquisition device (6), wherein the at least one imaging parameter of the first imaging function is determined in such a way that a deviation between the determined and estimated coordinates of the imaged element is minimized, wherein a position and/or orientation of the virtual representation plane (7) of the head-up display in the reference coordinate system is determined depending on the at least one imaging parameter, wherein the image generating device (2) is controlled depending on the position and/or orientation of the virtual representation plane (7).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung einer Bilderzeugungseinrichtung (2) eines Head-Up-Displays in einem Fahrzeug (1), wobei mittels der Bilderzeugungseinrichtung (2) ein zweidimensionales Referenzmuster (RM) erzeugt und mittels eines Projektionselements des Head-Up-Displays als projiziertes Referenzmuster (RM) dargestellt wird, wobei mittels mindestens einer Bilderfassungseinrichtung (6) eine Mehrzahl von zweidimensionalen Abbildern aus jeweils voneinander verschiedenen Lagen und/oder mit voneinander verschiedenen Orientierungen erzeugt wird, wobei in jedes Abbild der Mehrzahl von zweidimensionalen Abbildern das projizierte Referenzmuster (RM) zumindest teilweise abgebildet wird, wobei in einem Abbild jeweils Koordinaten zumindest eines abgebildeten Elements des Referenzmusters (RM) bestimmt werden, wobei zu jedem Abbild die entsprechende Lage und/oder Orientierung der mindestens einen Bilderfassungseinrichtung (6) in einem Referenzkoordinatensystem erfasst oder bestimmt wird, wobei Koordinaten des mindestens einen abgebildeten Elements zumindest in Abhängigkeit von mindestens einem Abbildungsparameter einer ersten Abbildungsfunktion und in Abhängigkeit einer zweiten Abbildungsfunktion geschätzt werden, wobei die erste Abbildungsfunktion eine Abbildung von einem Koordinatensystem (DK) einer virtuellen Darstellungsebene (7) des Head-Up-Displays in das Referenzkoordinatensystem beschreibt, wobei die zweite Abbildungsfunktion eine Abbildung von dem Referenzkoordinatensystem in ein Koordinatensystem (BK) der Bilderfassungseinrichtung (6) in Abhängigkeit von der Lage und/oder Orientierung der mindestens einen Bilderfassungseinrichtung (6) beschreibt, wobei der mindestens eine Abbildungsparameter der ersten Abbildungsfunktion derart bestimmt wird, dass eine Abweichung zwischen den bestimmten und geschätzten Koordinaten des abgebildeten Elements minimiert wird, wobei in Abhängigkeit des mindestens einen Abbildungsparameters eine Lage und/oder Orientierung der virtuellen Darstellungsebene (7) des Head-Up-Displays im Referenzkoordinatensystem bestimmt wird, wobei in Abhängigkeit der Lage und/oder Orientierung der virtuellen Darstellungsebene (7) die Steuerung der Bilderzeugungseinrichtung (2) erfolgt.

Verfahren und Vorrichtung zur Steuerung einer Bilderzeugungseinrichtung eines Head-Up-Displays

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung einer Bilderzeugungseinrichtung eines Head-Up-Displays in einem Fahrzeug.

Mit so genannten Augmented Reality Technologien lassen sich computergenerierte zwei- oder dreidimensionale Grafiken lage- und orientierungsrichtig in einen visuellen Erfassungsbereich eines Beobachters einbetten.

So sind z.B. sogenannte Head-Up-Displays in einem Fahrzeug bekannt, die dazu genutzt werden, um einem Fahrzeugführer virtuelle dreidimensionale Grafiken in seinem Sichtfeld einzublenden. Diese können ihn beim Führen des Fahrzeuges unterstützen. Damit jedoch die generierten Grafiken für den Fahrzeugführer lage- und orientierungsrichtig in seinem Sichtfeld erscheinen, muss die Einblendung an aktuelle Rahmenbedingungen, insbesondere eine Geometrie des virtuellen Bildes und eine Position des Betrachters, angepasst werden. Insbesondere ist es erforderlich, ein Verzerrungsmuster, welches aus einer Spiegelung des virtuellen Bildes an einer nicht-planaren Windschutzscheibe des Fahrzeuges resultiert, zu berücksichtigen.

Die US 7,835,592 B2 beschreibt ein Verfahren zum Anpassen eines Bildes, welches auf eine krumme Oberfläche projiziert wird. Das Verfahren umfasst die Erfassung von Kalibrierpunkten in einem Kalibrierbild, welches auf die gekrümmte Oberfläche projiziert wird. Weiter umfasst das Verfahren die Analyse der Kalibrierpunkte, um relative Positionen der Kalibrierpunkte zueinander zu bestimmen.

Die US 2008/0088526 A1 offenbart ein Verfahren zum Rendern eines Bildes, welches auf eine nicht-planare Oberfläche auftrifft. Die Druckschrift beschreibt hierbei auch, dass eine neue Kalibrierung erforderlich ist, falls ein Betrachtungspunkt eines Betrachters verändert wird.

Es stellt sich das technische Problem, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung einer Bilderzeugungseinrichtung eines Head-Up-Displays in einem Fahrzeug zu schaffen, welche eine möglichst optimale lage- und orientierungsrichtige Anzeige von virtuellen

Objekten in einem Sichtfeld eines Fahrzeugführers ermöglichen. Weiter stellt sich das technische Problem, die lage- und orientierungsrichtige Anzeige in Abhängigkeit von einer veränderlichen Betrachterposition zu ermöglichen.

Die Lösung des technischen Problems ergibt sich durch die Gegenstände mit den Merkmalen der Ansprüche 1 und 10. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Es ist eine Grundidee der Erfindung, in einem Kalibriervorgang eine Lage und/oder Orientierung einer virtuellen Bildebene in einem Referenzkoordinatensystem zu bestimmen, wobei dem Fahrzeugführer virtuelle Objekte in dieser virtuellen Bildebene angezeigt werden. In Abhängigkeit der Lage und/oder Orientierung in dem Referenzkoordinatensystem kann dann eine lage- und orientierungsrichtige Darstellung von Objekten erfolgen, wobei Objektkoordinaten ebenfalls im Referenzkoordinatensystem bekannt oder zumindest bestimmbar sind. Das anzuzeigende virtuelle Objekt kann insbesondere ein dreidimensionales virtuelles Objekt sein. Eine weitere Grundidee ist es, dem Fahrzeugführer ein virtuelles Objekt derart darzustellen, dass der Fahrzeugführer das virtuelle Objekt aus einer beliebigen Betrachtungsposition heraus verzerrungsfrei wahrnehmen kann.

Vorgeschlagen wird ein Verfahren zur Steuerung einer Bilderzeugungseinrichtung eines Head-Up-Displays in einem Fahrzeug. Die Bilderzeugungseinrichtung kann auch als Projektor bezeichnet werden.

Das Head-Up-Display bezeichnet hierbei ein System oder eine Vorrichtung zur Anzeige von insbesondere virtuellen Objekten, insbesondere virtuellen dreidimensionalen Objekten, in einem Sichtfeld eines Fahrzeugführers. Das Head-Up-Display kann neben der Bilderzeugungseinrichtung auch Mittel zur Strahlführung bzw. -lenkung umfassen, mittels derer von der Bilderzeugungseinrichtung erzeugte Strahlen in einer gewünschten Weise geführt bzw. gelenkt werden. Weiter kann das Head-Up-Display auch ein, insbesondere semitransparentes, Projektionselement umfassen, welches z.B. eine Projektionsfläche ausbildet, auf die das von der Bilderzeugungseinrichtung erzeugte Bild projiziert wird. Dieses Projektionselement kann hierbei derart angeordnet sein, dass von der Bilderzeugungseinrichtung erzeugte Strahlen derart von dem Projektionselement

reflektiert werden, dass sie von einem Fahrzeugführer nach der Projektion erfasst werden können.

Mittels der Bilderzeugungseinrichtung wird ein zweidimensionales Referenzmuster erzeugt. Dieses zweidimensionale Referenzmuster wird mittels des Projektionselements des Head-Up-Displays als projiziertes Referenzmuster dargestellt. Das zweidimensionale Referenzmuster kann also in Form eines zweidimensionalen Bildes durch die Bilderzeugungseinrichtung erzeugt werden.

Mittels mindestens einer Bilderfassungseinrichtung wird eine Mehrzahl von zweidimensionalen Abbildern aus jeweils voneinander verschiedenen Lagen und/oder mit jeweils voneinander verschiedenen Orientierungen der mindestens einen Bilderfassungseinrichtung erzeugt. Dies bedeutet, dass mindestens zwei, vorzugsweise eine Sequenz von mehr als zwei, zweidimensionale(n) Abbilder(n) erzeugt wird, wobei die Lage und/oder Orientierung der mindestens einen Bilderfassungseinrichtung derart verändert wird, dass jedes Abbild mit einer abbildspezifischen Lage und/oder Orientierung erzeugt wird, die sich von abbildspezifischen Lagen und/oder Orientierungen der Bilderfassungseinrichtung bei der Erzeugung der weiteren Abbilder der Sequenz unterscheidet.

Die Bilderfassungseinrichtung kann insbesondere als Kamera, beispielsweise als Webcam, ausgebildet sein. Selbstverständlich können auch mehrere Bilderfassungseinrichtungen zur Erzeugung der Abbilder verwendet werden. Vorzugsweise jedoch werden die Abbilder von genau einer Bilderfassungseinrichtung erzeugt.

Weiter wird zu jedem Abbild die entsprechende Lage und/oder Orientierung der mindestens einen Bilderfassungseinrichtung in einem Referenzkoordinatensystem erfasst oder bestimmt. Im Sinne der Erfindung bedeutet Erfassen, dass eine Lage und/oder Orientierung mittels entsprechender Erfassungseinrichtungen, beispielsweise Sensoren, erfasst wird. So können z.B. bekannte Lage- und/oder Orientierungserfassungssysteme, beispielsweise optische, magnetische oder mechanische Erfassungssysteme, verwendet werden, um die Lage und/oder Orientierung der Bilderfassungseinrichtung zu erfassen.

Im Sinne der Erfindung bedeutet Bestimmen, dass die Lage und/oder Orientierung der Bilderfassungseinrichtung nicht unmittelbar erfasst, sondern in Abhängigkeit von Informationen, die zumindest teilweise abhängig von einer Lage und/oder Orientierung der Bilderfassungseinrichtung sind, bestimmt werden, insbesondere rechnerisch bestimmt werden. Insbesondere kann eine Lage und/oder Orientierung der Bilderfassungseinrichtung in Abhängigkeit von Bildinformationen der Abbilder bestimmt werden, die von der Bilderfassungseinrichtung aus der jeweiligen Lage und/oder Orientierung erzeugt wurden. Dies wird nachfolgend näher erläutert.

In jedes Abbild der Mehrzahl von zweidimensionalen Abbildern ist das projizierte Referenzmuster zumindest teilweise, vorzugsweise vollständig, abgebildet. Dies bedeutet, dass zumindest ein Teil des Referenzmusters aus verschiedenen Lagen und/oder mit verschiedenen Orientierungen der Bilderfassungseinrichtung erfasst und abgebildet wird. Selbstverständlich ist es vorstellbar, dass in der Mehrzahl von zweidimensionalen Abbildern einzelne Abbilder existieren, in welche das projizierte Referenzmuster nicht abgebildet ist. Diese können jedoch bei der nachfolgend beschriebenen Auswertung nicht berücksichtigt werden.

In jedem Abbild werden jeweils Koordinaten zumindest eines abgebildeten Elements des Referenzmusters bestimmt. Somit kann das zweidimensionale Referenzmuster Elemente, insbesondere als Bildobjekt oder Bildpunkt ausgebildete Referenzelemente, enthalten, die derart ausgebildet sind, dass eine elementspezifische Bezugsordinate möglichst eindeutig bestimmbar ist. So kann dem mindestens einen Element eine einzelne Bezugsordinate zugeordnet sein, beispielsweise eine Koordinate eines geometrischen Mittelpunkts, wobei in Abhängigkeit dieser Bezugsordinate die Koordinate des Elements bestimmbar ist. Vorzugsweise entspricht die Bezugsordinate der erfindungsgemäß zu bestimmenden Koordinate des zumindest einen Elements. Das Element kann beispielsweise kreis- oder kreuzförmig ausgebildet sein. Vorzugsweise ist das Element derart ausgebildet, dass es möglichst einfach und eindeutig bildbasiert detektierbar ist. Eindeutig bedeutet in diesem Zusammenhang, dass eine eindeutige Zuordnung eines abgebildeten Elements zu einem tatsächlichen Element im Referenzmuster existiert. Eine solche eindeutige Zuordnung kann z.B. auch in Abhängigkeit einer vorbestimmten Anordnung und/oder Gestaltung von Elementen im Referenzmuster bestimmt werden. So kann das Referenzmuster oder können die

Elemente des Referenzmusters z.B. Farb- oder Helligkeitseigenschaften oder -verläufe aufweisen, die eine eindeutige Zuordnung ermöglichen.

Weiter vorzugsweise ist das Element rotationsinvariant. Auch kann das Element eine eindeutig identifizierbare Farbcodierung aufweisen. Weiter kann das Element derart ausgebildet sein, dass es möglichst unabhängig von einer Bildschärfe oder Auflösung einer Anzeigeeinrichtung bildbasiert detektierbar ist. Ein weiteres Beispiel für ein Element kann eine weichgezeichnete Kreisform sein. Auch kann ein Element eine kartoffelähnliche, z.B. ovale, Form aufweisen.

Auch vorstellbar ist, dass die Elemente durch ein das Referenzmuster bildende Schachbrettmuster bereitgestellt werden, in welchem z.B. Schnittpunkte von Kanten zwischen weißen und schwarzen Feldern des Schachbrettmusters oder Punkte auf diesen Kanten die Elemente bereitstellen können. Die Verwendung derartiger Schachbrettmuster und die Identifikation von Elementen oder Punkten des Schachbrettmusters ist dem Fachmann aus dem Feld der Kamerakalibrierung, insbesondere zur Bestimmung von intrinsischen Parametern einer Kamera, bekannt.

Um die vorhergehend erläuterte eindeutige Zuordnung zu ermöglichen, kann/können zumindest ein oder zwei Feld(er) des Schachbrettmusters farblich mit einer Farbe, die von Schwarz und Weiß verschieden ist, ausgestaltet werden.

Das Bestimmen der Koordinaten erfolgt bildbasiert. Die Koordinaten des abgebildeten Elements werden hierbei in einem (zweidimensionalen) Koordinatensystem der Bilderfassungseinrichtung bestimmt, welches auch als Bildkoordinatensystem bezeichnet werden kann.

Weiter werden Koordinaten des mindestens einen abgebildeten Elements zumindest in Abhängigkeit von mindestens einem Abbildungsparameter einer ersten Abbildungsfunktion und in Abhängigkeit einer zweiten Abbildungsfunktion geschätzt. Die Koordinaten können hierbei ebenfalls im Koordinatensystem der Bilderfassungseinrichtung geschätzt werden. Die erste Abbildungsfunktion beschreibt eine Abbildung von einem Koordinatensystem einer virtuellen Darstellungsebene, das auch als Ebenenkoordinatensystem beschrieben werden kann, des Head-Up-Displays in das

Referenzkoordinatensystem. Abbildungsparameter der ersten Abbildungsfunktion können insbesondere eine Rotation, eine Translation und/oder eine Skalierung, insbesondere ein zweifache Skalierung, bei der Abbildung beschreiben. Eine zweifache Skalierung kann hierbei eine heterogene Skalierung mit zwei Skalierungsparametern sein, die eine Skalierung entlang zweier orthogonaler Achsen beschreiben, beispielsweise eine Skalierung in horizontaler und vertikaler Bildrichtung.

Hierbei bezeichnet die virtuelle Darstellungsebene eine Ebene, in welcher die von der Bilderzeugungseinrichtung erzeugten Bilder für den Betrachter, insbesondere den Fahrzeugführer, erscheinen. Diese virtuelle Darstellungsebene muss nicht zwingend mit der Ebene des vorhergehend erläuterten Projektionselements korrespondieren.

Die zweite Abbildungsfunktion beschreibt eine Abbildung von dem Referenzkoordinatensystem in das Koordinatensystem der Bilderfassungseinrichtung in Abhängigkeit von der Lage und/oder Orientierung der mindestens einen Bilderfassungseinrichtung. Durch die zweite Abbildungsfunktion werden intrinsische und/oder extrinsische Abbildungsparameter der Bilderfassungseinrichtung berücksichtigt. Extrinsische und intrinsische Abbildungsparameter der Bilderfassungseinrichtung beschreiben hierbei Parameter der Bilderfassungseinrichtung, die die Abbildung von Objekten im Erfassungsbereich in das zweidimensionale Abbild beeinflussen. Hierbei beschreiben die extrinsischen Abbildungsparameter die Lage und/oder Orientierung der Bilderfassungseinrichtung. Diese werden, wie vorhergehend erläutert, für jedes Abbild bestimmt oder erfasst.

Die intrinsischen Abbildungsparameter können beispielsweise in einem separat durchgeführten Kalibrierschritt bestimmt werden. Intrinsische Abbildungsparameter umfassen beispielsweise alle Eigenschaften, welche die Optik der Kamera beschreiben, z.B. Brennweite, Bildmittelpunkt, Bildscherung, nichtlineare Verzerrungen durch die Linse und weitere Eigenschaften.

Somit kann jedes der mehreren Abbilder mit den gleichen intrinsischen Parametern, jedoch mit unterschiedlichen extrinsischen Parametern erzeugt werden.

Weiter wird der mindestens eine Abbildungsparameter der ersten Abbildungsfunktion

derart bestimmt werden, dass eine Abweichung zwischen den bestimmten und geschätzten Koordinaten des abgebildeten Elements minimiert wird. Somit erfolgt also das Bestimmen des mindestens einen Parameters der ersten Abbildungsfunktion im Rahmen einer Minimierung, wobei eine Kostenfunktion abhängig von der Differenz zwischen den bestimmten und geschätzten Koordinaten ist. Beispielsweise kann die Kostenfunktion als Abstand oder quadrierte Differenz zwischen den bestimmten und geschätzten Koordinaten beschrieben werden.

Vorzugsweise werden in jedem Abbild bzw. für jedes Abbild die Koordinaten mehrerer, vorzugsweise aller abgebildeten, Elemente des Referenzmusters bestimmt und geschätzt. Entsprechend kann dann der mindestens eine Abbildungsparameter der ersten Abbildungsfunktion derart bestimmt werden, dass eine Summe der Abweichung zwischen den bestimmten und geschätzten Koordinaten für alle Elemente, deren Koordinaten bestimmt und geschätzt wurden und für alle betrachteten Abbilder minimiert wird.

In Abhängigkeit des mindestens einen Abbildungsparameters wird dann eine Lage und/oder Orientierung der virtuellen Darstellungsebene des Head-Up-Displays im Referenzkoordinatensystem bestimmt. Die virtuelle Darstellungsebene stellt bildlich gesprochen ein Fenster dar, durch welches der Betrachter, insbesondere der Fahrzeugführer, aus seiner Betrachtungsposition heraus in eine virtuelle Welt blickt. In der virtuellen Welt vorhandene Objekte erfasst der Betrachter somit durch die virtuelle Darstellungsebene hindurch. Die virtuelle Welt kann hierbei im Referenzkoordinatensystem referenziert sein. Dies bedeutet, dass Koordinaten von Objekten der virtuellen Welt im Referenzkoordinatensystem bekannt oder bestimmbar sind. Somit kann vorteilhafterweise in Abhängigkeit der Lage und/oder Orientierung der virtuellen Darstellungsebene bestimmt werden, welche Objekte der virtuellen Welt der Betrachter aus einer bestimmten Betrachtungsposition heraus wahrnehmen kann. Weiter kann bestimmt werden, wie Objekte der virtuellen Welt durch die Bilderzeugungseinrichtung zur Anzeige gebracht werden müssen, damit sie aus Sicht des Betrachters perspektivisch korrekt erscheinen.

Objekte der virtuellen Welt können beispielsweise farbige virtuelle Markierungen von tatsächlichen Fahrbahnmarkierungen sein. So kann es beispielsweise wünschenswert sein, seitliche oder mittige Fahrbahnmarkierungen zur besseren visuellen Erfassung

durch den Fahrzeugführer zusätzlich farbig zu markieren. Beispielsweise können diese tatsächlichen Fahrbahnmarkierungen durch ein geeignetes Erfassungssystem, beispielsweise ein optisches Erfassungssystem, erfasst und eine Lage und Orientierung der tatsächlichen Fahrbahnmarkierung im Referenzkoordinatensystem bestimmt werden. In Abhängigkeit dieser Lage und Orientierung kann dann die Bilderzeugungseinrichtung des Head-Up-Displays derart angesteuert werden, dass eine zusätzliche farbige Markierung der tatsächlichen Fahrbahnmarkierung lage- und orientierungsrichtig in der virtuellen Darstellungsebene dargestellt wird.

In Abhängigkeit der Lage und/oder Orientierung der virtuellen Darstellungsebene erfolgt dann die Steuerung der Bilderzeugungseinrichtung. Somit bildet das erfindungsgemäße Verfahren ein Verfahren zur Kalibrierung des Head-up-Displays, insbesondere zur Kalibrierung der Bilderzeugungseinrichtung.

Insbesondere kann in Abhängigkeit der Lage und/oder Orientierung der virtuellen Darstellungsebene die Ansteuerung der Bilderzeugungseinrichtung derart erfolgen, dass eine lage- und/oder orientierungsrichtige Anzeige von insbesondere virtuellen Objekten in der virtuellen Darstellungsebene erfolgt. Insbesondere kann in Abhängigkeit der Lage und/oder Orientierung der virtuellen Darstellungsebene im Referenzkoordinatensystem bestimmt werden, an welcher/n (zweidimensionalen) Bildkoordinate/n des von der Bilderzeugungseinrichtung erzeugten Bildes ein darzustellendes virtuelles Objekt mit im Referenzkoordinatensystem bekannten Koordinaten dargestellt werden muss, um die vorhergehend erläuterte lage- und/oder orientierungsrichtige Darstellung in der virtuellen Darstellungsebene zu erreichen. Somit dient die Kalibrierung beispielsweise der Bestimmung von Parametern zur Erzeugung des Bildes der Bilderzeugungseinrichtung.

Wie vorhergehend erläutert, ermöglicht das vorgeschlagene Verfahren somit in vorteilhafter Weise eine möglichst optimale lage- und/oder orientierungsrichtige Darstellung von Objekten in der virtuellen Darstellungsebene eines Head-Up-Displays im Fahrzeug.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist das Referenzkoordinatensystem ein Fahrzeugkoordinatensystem. Dies ermöglicht in vorteilhafter Weise eine insbesondere rechentechnisch einfach zu implementierende Darstellung von virtuellen Objekten, da

diese in der Regel im fahrzeugspezifischen Fahrzeugkoordinatensystem bekannt sind oder bestimmt werden.

In einer weiteren Ausführungsform wird in jedes Abbild der Mehrzahl von zweidimensionalen Abbildern zumindest ein Teil des Fahrzeugs, insbesondere des Fahrzeuginnenraums, abgebildet. Die Lage und/oder Orientierung der Bilderfassungseinrichtung im Referenzkoordinatensystem wird dann in Abhängigkeit des abgebildeten Teils des Fahrzeugs und einem im Referenzkoordinatensystem referenzierten Modell des Fahrzeugs bestimmt. Das im Referenzkoordinatensystem referenzierte Modell kann beispielsweise ein CAD-Modell des Fahrzeugs, insbesondere des Fahrzeuginnenraums, sein.

So können beispielsweise zueinander korrespondierende Bereiche oder Elemente in einem von der Bilderfassungseinrichtung erzeugten Abbild und im Modell bestimmt werden. Da Koordinaten von Bereichen oder Elementen des Modells im Referenzkoordinatensystem bekannt sind, kann in Abhängigkeit dieser Koordinaten und der vorhergehend erläuterten, insbesondere intrinsischen, Abbildungsparameter der Bilderfassungseinrichtung eine Lage und/oder Orientierung der Bilderfassungseinrichtung bestimmt werden. Dies kann z.B. in Abhängigkeit einer bekannten oder bestimmbaren Abbildungsvorschrift einer Abbildung von im Erfassungsbereich der Bilderfassungseinrichtung angeordneten Objekten in ein zweidimensionales, von der Bilderfassungseinrichtung erfasstes Abbild erfolgen.

Insbesondere können sowohl in den von der Bilderfassungseinrichtung erzeugten Abbildern als auch im Modell so genannte Landmarken identifiziert werden, die zueinander korrespondieren. Landmarken bezeichnen hierbei Elemente oder Objekte, die bildbasiert einfach und vorzugsweise eindeutig zu identifizieren sind. Beispielsweise können Landmarken durch Lüftungsgitter ausgebildet werden. Landmarken können aber auch von Kanten und Ecken im Modell, die auch im Abbild sichtbar sind, gebildet werden. Diese können z.B. von Bedien- und/oder Zierelementen, wie z.B. Knöpfen, Leisten, Hebeln gebildet werden. Auch kann auf einer weiteren Anzeigeeinrichtung des Fahrzeugs, beispielsweise auf einem Multifunktionsdisplay, welches auch von einem Navigationssystem genutzt wird, ein vorbekanntes Muster dargestellt werden, das mindestens eine Landmarke bereitstellt. Auch können künstliche Muster oder Marker im

Fahrzeug angeordnet werden, deren Lage und/oder Orientierung vorab vermessen wird, beispielsweise ebenfalls kamerabasiert, und dann in das Modell integriert werden.

Derartige Muster oder Marker können z.B. auf oder an einer Windschutzscheibe angebracht werden.

Somit wird also eine bildbasierte Bestimmung der Lage und/oder Orientierung der Bilderfassungseinrichtung vorgeschlagen.

In einer weiteren Ausführungsform wird zusätzlich eine weitere Abbildungsvorschrift bestimmt, wobei die weitere Abbildungsvorschrift eine Abbildung von dem Koordinatensystem der virtuellen Darstellungsebene in das Koordinatensystem der Bilderfassungseinrichtung beschreibt. Diese weitere Abbildungsvorschrift kann auch als eine so genannte 2D-2D-Transformation beschrieben werden.

Die weitere Abbildungsvorschrift kann für ein Abbild in Abhängigkeit des vorhergehend erläuterten mindestens einen Abbildungsparameters der ersten Abbildungsvorschrift, der nunmehr bekannt ist, der vorhergehend erläuterten, insbesondere intrinsischen, Abbildungsparameter der Bilderfassungseinrichtung sowie der Lage und/oder Orientierung der Bilderfassungseinrichtung bei der Erzeugung des Abbilds beschrieben werden.

Dies ermöglicht in vorteilhafter Weise eine unmittelbare Transformation zwischen den vorhergehend erläuterten Koordinatensystem, welche, wie nachfolgend näher erläutert, zur Bestimmung eines Verzerrungsfehlers genutzt werden kann.

In einer weiteren Ausführungsform wird für mehrere, also mindestens zwei, vorzugsweise für jedes, Abbild(er) ein Abbildungsfehler zumindest eines Elements, vorzugsweise aller Elemente, des Referenzmusters bestimmt. Der Abbildungsfehler bezeichnet hierbei eine Abweichung einer Lage des tatsächlich erfassten Elements des Referenzmusters von einer theoretisch richtigen Lage des Elements des Referenzmusters aus Sicht des Betrachters. Der Betrachter kann hierbei insbesondere ein Kraftfahrzeugführer oder Nutzer sein. Der Abbildungsfehler beruht z.B. auf Verzerrungseffekten, insbesondere durch eine gekrümmte Windschutzscheibe des Fahrzeugs, und/oder der Verstärkungsoptik des Head-Up-Displays. Die Verzerrung ist hierbei in der Regel betrachtungspositionsabhängig sowie abhängig von einer Lage des Elements in der

virtuellen Darstellungsebene (und somit auch einer Lage des Elements in der vorhergehend erläuterten Bildebene des Projektionselements). In anderen Worten bedeutet dies, dass der Abbildungsfehler für jeden Punkt in der virtuellen Darstellungsebene und für jede Betrachtungsposition verschieden sein kann.

Beispielsweise kann der Abbildungsfehler als Differenz oder Abstand zwischen bildbasiert bestimmten tatsächlichen Koordinaten zumindest eines Elements des Referenzmusters und theoretisch korrekten Koordinaten des Elements des Referenzmusters berechnet werden. Theoretische korrekte Koordinaten können Koordinaten des Elements bei einer Abbildung ohne Abbildungsfehler, also einer unverfälschten Abbildung, bezeichnen.

Zur Bestimmung des Abbildungsfehlers können die tatsächlichen und theoretisch korrekten Koordinaten des Elements des Referenzmusters vorzugsweise in einem Koordinatensystem der virtuellen Darstellungsebene bestimmt werden. Es ist aber auch möglich, diese Koordinaten in einem anderen Koordinatensystem, beispielsweise in einem Koordinatensystem der Bilderfassungseinrichtung, zu bestimmen.

Beispielsweise kann im Abbild eine Koordinate eines abgebildeten Elements des Referenzmusters bestimmt werden. Diese Koordinate kann dann mittels der vorhergehend erläuterten weiteren Abbildungsvorschrift in das Koordinatensystem der virtuellen Darstellungsebene transformiert werden. Hierdurch ergibt sich eine geschätzte Koordinate des abgebildeten Elements im Koordinatensystem der virtuellen Darstellungsebene. Z.B. in Abhängigkeit von vorbekannten (geometrischen) Eigenschaften des Referenzmusters kann dann eine theoretisch korrekte Koordinate des abgebildeten Elements bestimmt werden.

Weiter wird in Abhängigkeit der Lage des Elements und einer Lage und/oder Orientierung der Bilderzeugungseinrichtung bei der Erzeugung des Abbilds ein Zusammenhang zwischen dem Abbildungsfehler, einer Betrachtungsposition und einer Lage eines anzuzeigenden Elements bestimmt. Die Lage des Elements bzw. des anzuzeigenden Elements kann beispielsweise als Koordinate des Elements im Koordinatensystem der virtuellen Darstellungsebene angegeben werden.

Der derart bestimmte Zusammenhang ermöglicht, dass zur Laufzeit in Abhängigkeit der

Lage eines anzuzeigenden Elements und einer Betrachtungsposition eine Steuerung der Bilderzeugungseinrichtung derart erfolgen kann, dass der Abbildungsfehler minimiert wird. Selbstverständlich kann die Steuerung der Bilderzeugungseinrichtung auch in Abhängigkeit einer Betrachtungsrichtung derart erfolgen, dass der Abbildungsfehler minimiert wird. Die Betrachtungsrichtung kann beispielsweise als Richtung eines Vektors von der Betrachtungsposition zu einem Mittelpunkt der virtuellen Darstellungsebene bestimmt werden. Selbstverständlich ist auch eine alternative Bestimmung der Betrachtungsrichtung möglich.

Beispielsweise kann eine Koordinate eines anzuzeigenden Elements im von der Bilderzeugungseinrichtung erzeugten Bild derart verändert werden, dass der Abbildungsfehler minimiert wird. Zusammenfassend wird also eine Steuerung der Bilderzeugungseinrichtung derart ermöglicht, dass in Abhängigkeit einer Betrachtungsposition und gegebenenfalls einer Betrachtungsrichtung ein Abbildungsfehler minimiert und somit eine möglichst verzerrungsfreie Darstellung erfolgt.

Somit wird zur Laufzeit eine betrachterlage- und betrachterorientierungsabhängige Korrektur des Abbildungsfehlers ohne erneute Kalibrierung ermöglicht.

Durch die Steuerung der Bilderzeugungseinrichtung derart, dass der Abbildungsfehler minimiert wird, erfolgt somit eine betrachtungspositions- und lageabhängige Entzerrung des in der virtuellen Darstellungsebene anzuzeigenden Elements.

Für das vorgeschlagene Verfahren kann es erforderlich sein, die Betrachtungsposition und gegebenenfalls auch eine Blickrichtung des Betrachters, insbesondere des Fahrzeugführers, zu erfassen oder zu bestimmen. Beispielsweise kann eine Kopfposition und/oder Kopforientierung des Betrachters durch ein geeignetes Erfassungssystem, beispielsweise ein optisches Erfassungssystem, erfasst werden, wobei in Abhängigkeit der Kopfposition und/oder Kopforientierung eine Betrachtungsposition und gegebenenfalls eine Blickrichtung des Betrachters im Referenzkoordinatensystem bestimmt werden kann.

Alternativ ist es auch möglich, ein Entzerrungsmodell rechnerisch aus Konstruktionsdaten des Head-Up-Displays und des Fahrzeugs zu bestimmen. Hierzu können beispielsweise Parameter des Head-Up-Displays und des Fahrzeugs, wie z.B. eine Spiegelkrümmung

des Projektionselements des Head-up-Displays und eine Scheibenkrümmung der Windschutzscheibe des Fahrzeugs, berücksichtigt werden. Dies ermöglicht somit eine modellbasierte Steuerung der Bilderzeugungseinrichtung derart, dass der Abbildungsfehler in Abhängigkeit der Betrachtungsposition und der Koordinate des zumindest einen Elements minimiert wird. Allerdings können bei einer solchen rechnerischen Bestimmung Abweichungen durch Fertigungstoleranzen und Einbaufehler nicht erfasst werden. Diese können aber in vorteilhafter Weise durch das vorgeschlagene Verfahren bestimmt werden.

Somit wird in vorteilhafter Weise die Anzahl von erzeugten Abbildern genutzt, um eine bildbasierte Entzerrung bei einem späteren Einsatz des Head-Up-Display zu ermöglichen.

Dies ermöglicht wiederum, zu jeder beliebigen Betrachtungsposition ein verzerrungsfreies Bild zu generieren, was insbesondere dann von Vorteil ist, wenn der Betrachter seine Betrachtungsposition verändert, insbesondere kontinuierlich verändert.

In einer weiteren Ausführungsform wird ein Zusammenhang zwischen der Betrachtungsposition, der Lage des anzuzeigenden Elements und dem in der jeweiligen Betrachtungsposition vorhandenen Abbildungsfehler als parametrisiertes Modell bestimmt, wobei die Parameter des parametrisierten Modells derart bestimmt werden, dass der Abbildungsfehler für eine Mehrzahl von Lagen der Bilderfassungseinrichtung und/oder eine Mehrzahl von Elementen des Referenzmusters minimal ist. Hierbei entspricht die Lage der Bilderfassungseinrichtung einer möglichen Betrachtungsposition eines Betrachters.

Beispielsweise können die Parameter derart bestimmt werden, dass die Summe von quadrierten Abbildungsfehlern für eine Mehrzahl von Lagen der Bilderfassungseinrichtung und/oder für eine Mehrzahl von Elementen des Referenzmusters minimal ist. Selbstverständlich können jedoch auch andere Kostenfunktionen zur Optimierung verwendet werden.

Das vorgeschlagene Verfahren ermöglicht in vorteilhafter Weise, dass zur Laufzeit des Verfahrens eine möglichst zeitlich schnelle und einfache Berechnung des Abbildungsfehlers und somit auch eine möglichst schnelle Anpassung der Steuerung der

Bilderzeugungseinrichtung erfolgen kann. In anderen Worten bedeutet dies, dass ein Entzerrungsmuster, welches für eine bestimmte Betrachtungsposition die Abbildungsfehler für eine Mehrzahl oder alle Bildpunkte des in der virtuellen Darstellungsebene dargestellten Abbilds beschreibt, in Abhängigkeit des parametrisierten Modells generiert werden kann. In Abhängigkeit des Entzerrungsmusters kann dann wiederum die Bilderzeugungseinrichtung derart angesteuert werden, dass der Abbildungsfehler minimiert wird.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist das parametrisierte Modell durch ein Polynom mit einer vorbestimmten Anzahl von unabhängigen Variablen gegeben. Die Variablen können insbesondere die Koordinaten der Betrachtungsposition sein (x-Position, y-Position, z-Position des Kopfes) sowie eine horizontale Koordinate und eine vertikale Koordinate des betrachteten Bildpunkts in der virtuellen Bildebene.

Dieser Grad ist zur Laufzeit dann vorbestimmt, aber zum Zeitpunkt der Kalibrierung beliebig wählbar.

Der Grad des Polynoms kann jedoch beliebig sein. Je höher er ist, desto besser kann die Nichtlinearität der Verzerrung abgebildet werden. Allerdings sind dann mehr Messungen erforderlich, um alle Koeffizienten hinreichend genau bestimmen zu können.

Durch die Verwendung von Polynomen ergibt sich in vorteilhafter Weise eine Approximierung der nichtlinearen Verzerrung mit einer gewünschten Genauigkeit. Weiter lassen sich Polynome mit geringem Rechenaufwand auswerten und sind daher rechentechnisch effizient.

In einer weiteren Ausführungsform wird der Abbildungsfehler als Koordinatendifferenz zwischen theoretisch korrekten Koordinaten eines Elements des Referenzmusters in der virtuellen Darstellungsebene in einem Koordinatensystem der virtuellen Darstellungsebene und Koordinaten eines aus dem Abbild der Bilderfassungseinrichtung in die virtuelle Darstellungsebene transformierten korrespondierenden Elements bestimmt. Dies wurde vorhergehend erläutert. Die Koordinatendifferenz kann auch als Abstand zwischen einer theoretisch korrekten Lage des Elements und der Lage eines transformierten Elements bestimmt werden.

Die Transformation vom Abbild der Bilderfassungseinrichtung in die virtuelle Darstellungsebene bezeichnet hierbei eine Berechnung von Koordinaten eines transformierten Bildpunkts im Koordinatensystem der virtuellen Darstellungsebene in Abhängigkeit von Koordinaten eines Bildpunkts im Koordinatensystem der Bilderfassungseinrichtung. Der Bildpunkt im Koordinatensystem der Bilderfassungseinrichtung und der ins Koordinatensystem der virtuellen Darstellungsebene transformierte Bildpunkt korrespondieren hierbei zueinander. Die Transformation kann insbesondere durch die vorhergehend erläuterte weitere Abbildungsvorschrift beschrieben werden.

Dies erlaubt eine möglichst einfache Bestimmung des Abbildungsfehlers.

In einer weiteren Ausführungsform weist das Referenzmuster eine Vielzahl von in einer Matrixform angeordneten verschwommenen Tropfen auf. Verschwommene Tropfen bezeichnen hierbei kreisförmige Elemente, die jedoch keinen eindeutig identifizierbaren Objektrand aufweisen. Ein eindeutig identifizierbarer Rand ist beispielsweise gegeben, falls ein Betrag einer Intensitätsdifferenz zwischen Bildpunkten des Objekts und Bildpunkten außerhalb des Objekts größer als ein vorbestimmter Schwellwert ist oder falls ein Betrag eines Intensitätsgradienten zwischen zwei benachbarten Bildpunkten oder zwischen zwei mit einem vorbestimmten Abstand beabstandeten Bildpunkten größer als ein vorbestimmter Schwellwert ist.

In Matrixform bedeutet hierbei, dass Mittelpunkte der verschwommenen Tropfen in einer horizontalen und vertikalen Bildrichtung jeweils untereinander bzw. nebeneinander angeordnet sind.

Dies ermöglicht in vorteilhafter Weise eine möglichst einfache bildbasierte Bestimmung einer Bezugsordinate eines Elements des Referenzmusters, wobei die Bezugsordinate insbesondere einem Mittelpunkt eines verschwommenen Tropfens entspricht.

Weiter vorgeschlagen wird eine Vorrichtung zur Steuerung einer Bilderzeugungseinrichtung eines Head-up-Displays in einem Fahrzeug. Die Vorrichtung umfasst mindestens eine Steuereinrichtung.

Mittels einer Bilderzeugungseinrichtung ist ein zweidimensionales Referenzmuster erzeugbar und mittels eines Projektionselements des Head-up-Displays als projiziertes Referenzmuster darstellbar. Hierbei können die Bilderzeugungseinrichtung und das Projektionselement Teil der vorgeschlagenen Vorrichtung sein.

Weiter ist mittels mindestens einer Bilderfassungseinrichtung eine Mehrzahl von zweidimensionalen Abbildern mit jeweils voneinander verschiedenen Lagen und/oder Orientierungen der Bilderfassungseinrichtung erzeugbar und zu jedem Abbild die entsprechende Lage und/oder Orientierung der mindestens einen Bilderfassungseinrichtung in einem Referenzkoordinatensystem erfassbar oder bestimmbar. Hierbei kann die mindestens eine Bilderfassungseinrichtung Teil der vorgeschlagenen Vorrichtung sein.

Weiter ist in jedes Abbild der Mehrzahl von zweidimensionalen Abbildern das projizierte Referenzmuster zumindest teilweise abbildbar.

Weiter sind mittels der Steuereinrichtung oder einer weiteren Steuer- und Auswerteeinrichtung in einem Abbild Koordinaten zumindest eines abgebildeten Elements des Referenzmusters bestimmbar. Weiter sind Koordinaten des mindestens einen abgebildeten Elements zumindest in Abhängigkeit von mindestens einem Abbildungsparameter einer ersten Abbildungsfunktion und in Abhängigkeit einer zweiten Abbildungsfunktion schätzbar, wobei die erste Abbildungsfunktion eine Abbildung von einem Koordinatensystem einer virtuellen Darstellungsebene des Head-Up-Displays in das Referenzkoordinatensystem beschreibt, wobei die zweite Abbildungsfunktion eine Abbildung von dem Referenzkoordinatensystem in ein Koordinatensystem der Bilderfassungseinrichtung in Abhängigkeit von der Lage und/oder Orientierung der mindestens einen Bilderfassungseinrichtung beschreibt.

Der mindestens eine Abbildungsparameter der ersten Abbildungsfunktion ist derart bestimmbar, dass eine Abweichung, insbesondere ein Abstand, zwischen den

bestimmten und geschätzten Koordinaten des abgebildeten Elements minimiert wird. Weiter ist in Abhängigkeit des mindestens einen Abbildungsparameters eine Lage und/oder Orientierung der virtuellen Darstellungsebene des Head-Up-Displays im Referenzkoordinatensystem bestimmbar.

Auch die weitere Steuer- und Auswerteeinrichtung kann Teil der vorgeschlagenen Vorrichtung sein.

Mittels der Steuereinrichtung erfolgt in Abhängigkeit der Lage und/oder Orientierung der virtuellen Darstellungsebene die Steuerung der Bilderzeugungseinrichtung.

Mittels der vorgeschlagenen Vorrichtung ist in vorteilhafter Weise eines der vorhergehend erläuterten Verfahren durchführbar. Somit kann die vorgeschlagene Vorrichtung insbesondere derart ausgebildet sein, dass eines der vorhergehend erläuterten Verfahren mittels der Vorrichtung durchführbar ist.

In einer weiteren Ausführungsform ist ein Zusammenhang zwischen einem Abbildungsfehler, einer Betrachtungsposition und einer Lage eines anzuzeigenden Elements bestimmbar. Dies kann beispielsweise, wie vorhergehend erläutert, erfolgen, indem für mehrere, insbesondere jedes, Abbild(er) ein Abbildungsfehler zumindest eines Elements des Referenzmusters bestimmt wird, wobei in Abhängigkeit einer Lage des Elements und einer Lage und/oder Orientierung der Bilderzeugungseinrichtung der Zusammenhang zwischen dem Abbildungsfehler, einer Betrachtungsposition und einer Lage eines anzuzeigenden Elements bestimmt wird.

Dann ist, insbesondere zu einem späteren Zeitpunkt, insbesondere zur Laufzeit, mittels der Steuereinrichtung in Abhängigkeit der Lage eines anzuzeigenden Elements und der Betrachtungsposition der Abbildungsfehler bestimmbar, wobei die Steuerung der Bilderzeugungseinrichtung in Abhängigkeit des Abbildungsfehlers erfolgt. Die Steuerung erfolgt insbesondere derart, dass ein Abbildungsfehler minimiert wird.

Dies ermöglicht in vorteilhafter Weise eine möglichst verzerrungsfreie Darstellung für eine Vielzahl von Betrachtungspositionen.

Die Erfindung wird anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert. Die Figuren zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Seitenansicht eines Fahrzeugs mit einer Vorrichtung zur Steuerung einer Bilderzeugungseinrichtung,
- Fig. 2 eine perspektivische Ansicht eines Fahrzeugs und
- Fig. 3 ein beispielhaftes Referenzmuster.

Nachfolgend bezeichnen gleiche Bezugszeichen Elemente mit gleichen oder ähnlichen technischen Merkmalen.

In Fig. 1 ist eine schematische Seitenansicht eines Fahrzeugs 1 mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Steuerung einer Bilderzeugungseinrichtung 2 eines Head-Up-Displays in dem Fahrzeug 1 dargestellt. Die Vorrichtung umfasst eine Steuereinrichtung 3 zur Steuerung der Bilderzeugungseinrichtung 2. Die Bilderzeugungseinrichtung 2 erzeugt in Abhängigkeit von Steuersignalen der Steuereinrichtung 3 ein Bild, welches auf einen gekrümmten, semitransparenten Spiegel 4 projiziert wird. Der Spiegel 4 reflektiert Lichtstrahlen 5, die von der Bilderzeugungseinrichtung 2 erzeugt werden, in einen Erfassungsbereich einer Bilderfassungseinrichtung 6. In Fig. 1 ist der Spiegel 4 als separates Bauteil dargestellt. Selbstverständlich kann der Spiegel 4 jedoch auch Teil der Windschutzscheibe sein oder von dieser ausgebildet werden. Die Steuereinrichtung 3 steuert hierbei die Bilderzeugungseinrichtung 2 derart an, dass ein Bildobjekt im von der Bilderzeugungseinrichtung 2 erzeugten Bild für einen nicht dargestellten Betrachter, insbesondere einen Fahrzeugführer, in einer virtuellen Darstellungsebene 7 erscheint.

Weiter dargestellt ist ein Fahrzeugkoordinatensystem FK, welches ortsfest in Bezug auf das Fahrzeug 1 angeordnet ist. Ein Ursprung des Fahrzeugkoordinatensystems FK kann beispielsweise ein Mittelpunkt einer Vorderachse des Fahrzeugs 1 sein.

Weiter dargestellt ist ein Koordinatensystem BK der Bilderfassungseinrichtung 6. In ein zweidimensionales Abbild, welches von der Bilderfassungseinrichtung 6 erzeugt wird,

abgebildete Objekte können beispielsweise in diesem Koordinatensystem BK der Bilderfassungseinrichtung 6 referenziert werden. Weiter dargestellt ist ein Koordinatensystem DK der virtuellen Darstellungsebene. Objekte, die in der virtuellen Darstellungsebene 7 dargestellt werden, können beispielsweise in diesem Koordinatensystem BK der virtuellen Darstellungsebene 7 referenziert werden.

Es ist ein Ziel der Erfindung, die Lage und Orientierung der virtuellen Darstellungsebene 7 im Fahrzeugkoordinatensystem FK zu bestimmen.

Hierzu erzeugt die Bilderzeugungseinrichtung 2 ein zweidimensionales Referenzmuster RM, welches beispielsweise in Fig. 3 dargestellt ist. Dieses erscheint in der virtuellen Darstellungsebene 7. Weiter erzeugt die Bilderfassungseinrichtung 6 aus verschiedenen Lagen und mit verschiedenen Orientierungen im Fahrzeugkoordinatensystem FK jeweils Abbilder der virtuellen Darstellungsebene 7, in der das projizierte Referenzmuster RM erscheint.

Gleichzeitig werden in die Abbilder der Mehrzahl von Abbildungen Elemente des Fahrzeugs, insbesondere des Fahrzeuginnenraums, beispielsweise ein Lenkrad 8 und ein Lüftungsgitter 9, abgebildet. Eine Lage und gegebenenfalls eine Orientierung des Lenkrads 8 und des Lüftungsgitters 9 im Fahrzeugkoordinatensystem FK ist vorbekannt, beispielsweise aus einem im Fahrzeugkoordinatensystem FK referenzierten CAD-Modell.

Weiter kann eine Abbildungsfunktion der Bilderfassungseinrichtung 6 bekannt sein, die eine Abbildung von Objekten im Erfassungsbereich der Bilderfassungseinrichtung 6 in ein zweidimensionales Abbild der Bilderfassungseinrichtung 6 beschreibt. Diese kann z.B. in Abhängigkeit der vorhergehend erläuterten Abbildungsparameter der Bilderfassungseinrichtung 6 beschrieben werden, wobei insbesondere intrinsische Abbildungsparameter z.B. durch eine entsprechende Kalibrierung der Bilderfassungseinrichtung 6 bestimmt werden. Insbesondere kann die Abbildungsvorschrift der Bilderfassungseinrichtung 6 als perspektivische Projektion beschrieben werden.

In Abhängigkeit der im Fahrzeugkoordinatensystem FK bekannten Koordinaten des Lenkrads 8 und des Lüftungsgitters 9 sowie in Abhängigkeit der Abbildungsvorschrift der

Bilderfassungseinrichtung 6 kann dann eine Lage und/oder Orientierung der Bilderfassungseinrichtung 6 im Fahrzeugkoordinatensystem FK bestimmt werden, aus/mit der die Bilderfassungseinrichtung 6 das entsprechende Abbild erzeugt hat.

Ist eine Lage und Orientierung der Bilderfassungseinrichtung 6 bekannt, so kann in Abhängigkeit der vorhergehend erläuterten Abbildungsvorschrift der Bilderfassungseinrichtung 6 auch eine Abbildungsvorschrift bzw. Transformation vom Fahrzeugkoordinatensystem FK in das Koordinatensystem BK der Bilderfassungseinrichtung 6 bzw. vom Koordinatensystem BK der Bilderfassungseinrichtung 6 ins Fahrzeugkoordinatensystem FK bestimmt werden.

Gesucht wird eine Abbildungsvorschrift von dem Koordinatensystem DK der virtuellen Darstellungsebene 7 in das Fahrzeugkoordinatensystem FK.

Beispielsweise können Elementen des in der virtuellen Darstellungsebene 7 erscheinenden oder in die virtuelle Darstellungsebene 7 abgebildeten Referenzmusters RM normalisierte Koordinaten im Koordinatensystem DK der virtuellen Darstellungsebene 7 zugeordnet werden. Die gesuchte Abbildungsvorschrift beschreibt dann die Transformation vom Koordinatensystem DK der virtuellen Darstellungsebene 7 in das Fahrzeugkoordinatensystem FK. Die gesuchte Abbildungsvorschrift kann beispielsweise in Form einer skalierten euklidischen Transformation beschrieben werden, welche jedem Punkt im Referenzmuster RM, also im Referenzbild, in der virtuellen Darstellungsebene 7 einen Punkt im Fahrzeugkoordinatensystem FK zuordnet.

Weiter kann angenommen werden, dass auch die Punkte der virtuellen Darstellungsebene 7 durch die vorhergehend erläuterte Abbildungsvorschrift der Bilderfassungseinrichtung 6 in eine zweidimensionale Abbildung der Bilderfassungseinrichtung 6 abgebildet werden.

Im Abbild der Bilderfassungseinrichtung 6 können Bildkoordinaten von Elementen des Referenzmusters RM im Koordinatensystem BK der Bilderfassungseinrichtung 6 bildbasiert bestimmt werden. Diese können auch als erfasste Koordinaten bezeichnet werden. Weiter können in Abhängigkeit der, wie vorhergehend erläutert, bekannten Abbildungsvorschrift für eine Abbildung vom Fahrzeugkoordinatensystem FK in das

Koordinatensystem BK der Bilderfassungseinrichtung 6 und der gesuchten Abbildungsvorschrift von dem Koordinatensystem DK der virtuellen Darstellungsebene 7 in das Fahrzeugkoordinatensystem FK berechnete Bildkoordinaten von Elementen des Referenzmusters RM im Koordinatensystem BK der Bilderfassungseinrichtung 6 bestimmt werden.

Die Parameter der gesuchten Abbildungsvorschrift von dem Koordinatensystem DK der virtuellen Darstellungsebene 7 in das Fahrzeugkoordinatensystem FK können insbesondere als Parameter bestimmt werden, die die Summe der quadrierte Differenz oder des Abstands zwischen den bildbasiert bestimmten und berechneten Bildkoordinaten der Elemente des Referenzmusters RM minimieren.

Somit können in vorteilhafter Weise Parameter der gesuchten Abbildungsvorschrift vom Koordinatensystem DK der virtuellen Darstellungsebene 7 in das Fahrzeugkoordinatensystem FK bestimmt werden. Hieraus ergibt sich dann eine auch eine Lage und Orientierung der virtuellen Darstellungsebene 7 im Fahrzeugkoordinatensystem FK.

Das Koordinatensystem DK der virtuellen Darstellungsebene 7 kann beispielsweise derart aufgebaut sein, dass den vier äußeren Eckpunkte x_{TL} , x_{TR} , x_{BL} , x_{BR} des Referenzmusters RM (siehe Fig. 3) die (nominierten) Koordinaten $(-1, 1)$, $(1, 1)$, $(-1, -1)$, $(1, -1)$ in diesem Koordinatensystem DK zugeordnet werden. Um Berechnungen bei einer Transformation zu vereinfachen kann eine dritte Koordinate eines Punktes in der virtuellen Darstellungsebene als vorbestimmter Wert, beispielsweise 1, angenommen werden. Somit kann das Koordinatensystem DK der virtuellen Darstellungsebene 7 ein durch das Referenzmuster RM, insbesondere einen geometrischen Aufbau des Referenzmusters RM, eindeutig festgelegtes Koordinatensystem sein.

Weiter kann für jede Lage und Orientierung der Bilderfassungseinrichtung 6 ein Abbildungsfehler bestimmt werden. Der Abbildungsfehler ist hierbei abhängig von der Betrachtungsposition, die der Lage der Bilderfassungseinrichtung 6 bei Erzeugung eines Abbildes entspricht. Weiter ist der Abbildungsfehler abhängig von einer Koordinate eines betrachteten Punktes in der virtuellen Darstellungsebene 7.

Der Abbildungsfehler kann somit als Koordinatendifferenz oder Abstand zwischen der Bildkoordinate eines im Abbild der Bilderfassungseinrichtung 6 abgebildeten und in das Koordinatensystem DK der virtuellen Darstellungsebene 7 transformierten Bildpunkts und einer theoretisch korrekten Bildkoordinate dieses Bildpunktes in dem Koordinatensystem DK der virtuellen Darstellungsebene 7 bestimmt werden.

Beispielsweise kann angenommen werden, dass ein linker oberer Punkt x_{TL} im Koordinatensystem DK der virtuellen Darstellungsebene 7 die theoretisch korrekten Bildkoordinaten (-1) aufweist. In der zweidimensionalen Abbildung der Bilderfassungseinrichtung 6 kann dann der korrespondierende, abgebildete obere linke Eckpunkt bildbasiert identifiziert werden, wobei auch dessen Bildkoordinaten im Koordinatensystem BK der Bilderfassungseinrichtung 6 bestimmt werden. Diese Koordinaten können dann mittels der entsprechenden Abbildungsvorschrift, die vorhergehend bestimmt wurde, vom Koordinatensystem BK der Bilderfassungseinrichtung 6 in das Koordinatensystem DK der virtuellen Darstellungsebene 7 transformiert werden.

Dieser Abbildungsfehler kann insbesondere als Polynom mit fünf unabhängigen Variablen beschrieben werden, wobei Koeffizienten dieser Variablen des Polynoms derart bestimmt werden, dass z.B. eine quadrierte Abbildungsfehler oder ein Abstand für alle Elemente des Referenzmusters über alle erzeugten Abbilder der Bilderfassungseinrichtung 6 minimiert wird. Die Variablen umfassen die drei Raumkoordinaten der Kopfposition des Betrachters und die zwei Bildkoordinaten des betrachteten Punktes in der virtuellen Darstellungsebene 7 im Koordinatensystem DK der virtuellen Darstellungsebene 7.

Die derart bestimmten Parameter können dann zur Laufzeit verwendet werden, um eine einfache und zeitlich schnelle Berechnung des Abbildungsfehlers für eine bestimmte Betrachtungsposition und einen bestimmten Bildpunkt in der virtuellen Darstellungsebene 7 zu ermöglichen. Dann wiederum kann die Steuereinrichtung 3 die Bilderzeugungseinrichtung 2 derart ansteuern, dass der berechnete Abbildungsfehler minimiert wird.

Fig. 2 zeigt eine perspektivische Ansicht eines Fahrzeugs 1 mit den verschiedenen Koordinatensystemen. So ist ein Fahrzeugkoordinatensystem FK dargestellt. Weiter ist ein Koordinatensystem BK einer Bilderfassungseinrichtung 6 (siehe Fig. 1) dargestellt.

Ebenfalls dargestellt ist ein Koordinatensystem DK der virtuellen Darstellungsebene 7. Ebenfalls dargestellt sind Eckpunkte x_{BL} , x_{TL} , x_{TR} , x_{BR} , die jeweils Eckpunkte eines Referenzmusters RM (siehe Fig. 3) darstellen. Diese Eckpunkte x_{TL} , x_{TR} , x_{BL} , x_{BR} weisen die vorhergehend erläuterten Koordinaten im Koordinatensystem DK der virtuellen Darstellungsebene 7 auf.

In Fig. 3 ist exemplarisch ein Referenzmuster RM dargestellt, welches in die virtuelle Darstellungsebene 7 projiziert ist. Ebenfalls ist ein entsprechendes Koordinatensystem DK der virtuellen Darstellungsebene 7 dargestellt. Ferner dargestellt sind die Eckpunkte x_{TL} , x_{TR} , x_{BL} , x_{BR} . Das Referenzmuster RM umfasst oder enthält eine Anzahl von verschwommenen Tropfen 10, wobei der Einfachheit halber nur ein Tropfen mit einem Bezugszeichen 10 versehen ist. Verschwommen bedeutet hierbei, dass eine Objektgrenze des verschwommenen Tropfens 10 nicht eindeutig identifizierbar ist. Dies ist durch eine gepunktete Kreislinie um den verschwommenen Tropfen 10 herum angedeutet. Ein c bildet hierbei ein Element des Referenzmusters RM.

Eine Koordinate eines solchen Elements entspricht einer Koordinate eines geometrischen Mittelpunktes eines verschwommenen Tropfens 10. Eine Koordinate eines abgebildeten verschwommenen Tropfens 10 im Koordinatensystem BK der Bilderfassungseinrichtung 6 kann beispielsweise durch Minimierung einer Differenz zwischen einem koordinatenabhängigen tatsächlichen Intensitätsverlauf und einem angenommenen gaußförmigen Intensitätsverlauf erfolgen, wobei eine Lage eines Maximalwerts der Gaußverteilung verändert wird, bis die vorhergehend erläuterte Differenz minimal ist. Die Lage des Mittelpunkts entspricht dann der Lage des Maximalwerts, die die vorhergehend erläuterte Differenz minimiert. Dies ermöglicht in vorteilhafter Weise die Bestimmung der Lagen der Mittelpunkte mit Subpixelgenauigkeit.

Hierfür kann in einem ersten Schritt eine Grobdetektion eines Elements erfolgen. In einem weiteren Schritt kann dann die vorhergehend erläuterte Bestimmung der Lage nur in dem in der Grobdetektion bestimmten Bereich erfolgen.

Sind die Koordinaten verschwommenen Tropfen 10, also der Elemente des Referenzmusters RM, bestimmt, so können in Abhängigkeit der vorbekannten geometrischen Eigenschaften des Referenzmusters RM, beispielsweise der Abstände

zwischen den Koordinaten der verschwommenen Tropfen 10 und deren Abstände zu den Eckpunkten x_{TL} , x_{TR} , x_{BL} , x_{BR} , die Koordinaten der Eckpunkte x_{TL} , x_{TR} , x_{BL} , x_{BR} bestimmt werden. Sind diese Koordinaten der Eckpunkte x_{TL} , x_{TR} , x_{BL} , x_{BR} bestimmt, so kann auch eine Größe der virtuellen Darstellungsebene 7 bestimmt werden.

Insgesamt ergeben sich somit ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung einer Bilderzeugungseinrichtung 2 eines Head-up-Displays in einem Fahrzeug 1, welche eine Kalibrierung des Head-up-Displays ohne Vorkenntnisse ermöglicht. Insbesondere ist es somit möglich, Fehler, die aufgrund von Fertigungs- und Produktionsungenauigkeiten entstehen, zu kompensieren.

Bezugszeichenliste

1	Fahrzeug
2	Bilderzeugungseinrichtung
3	Steuereinrichtung
4	Spiegel
5	Lichtstrahl
6	Bilderfassungseinrichtung
7	virtuelle Darstellungsebene
8	Lenkrad
9	Lüftungsgitter
10	verschwommener Tropfen
DK	Koordinatensystem der virtuellen Darstellungsebene
BK	Koordinatensystem der Bilderfassungseinrichtung
FK	Fahrzeugkoordinatensystem
x_{TL}	Eckpunkt
x_{TR}	Eckpunkt
x_{BL}	Eckpunkt
x_{BR}	Eckpunkt
RM	Referenzmuster

Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung einer Bilderzeugungseinrichtung (2) eines Head-Up-Displays in einem Fahrzeug (1), wobei mittels der Bilderzeugungseinrichtung (2) ein zweidimensionales Referenzmuster (RM) erzeugt und mittels eines Projektionselements des Head-Up-Displays als projiziertes Referenzmuster (RM) dargestellt wird, wobei mittels mindestens einer Bilderfassungseinrichtung (6) eine Mehrzahl von zweidimensionalen Abbildern aus jeweils voneinander verschiedenen Lagen und/oder mit voneinander verschiedenen Orientierungen erzeugt wird, wobei in jedes Abbild der Mehrzahl von zweidimensionalen Abbildern das projizierte Referenzmuster (RM) zumindest teilweise abgebildet wird, wobei in einem Abbild jeweils Koordinaten zumindest eines abgebildeten Elements des Referenzmusters (RM) bestimmt werden, dadurch gekennzeichnet, dass zu jedem Abbild die entsprechende Lage und/oder Orientierung der mindestens einen Bilderfassungseinrichtung (6) in einem Referenzkoordinatensystem erfasst oder bestimmt wird, wobei Koordinaten des mindestens einen abgebildeten Elements zumindest in Abhängigkeit von mindestens einem Abbildungsparameter einer ersten Abbildungsfunktion und in Abhängigkeit einer zweiten Abbildungsfunktion geschätzt werden, wobei die erste Abbildungsfunktion eine Abbildung von einem Koordinatensystem (DK) einer virtuellen Darstellungsebene (7) des Head-Up-Displays in das Referenzkoordinatensystem beschreibt, wobei die zweite Abbildungsfunktion eine Abbildung von dem Referenzkoordinatensystem in ein Koordinatensystem (BK) der Bilderfassungseinrichtung (6) in Abhängigkeit von der Lage und/oder Orientierung der mindestens einen Bilderfassungseinrichtung (6) beschreibt, wobei der mindestens eine Abbildungsparameter der ersten Abbildungsfunktion derart bestimmt wird, dass eine Abweichung zwischen den bestimmten und geschätzten Koordinaten des abgebildeten Elements minimiert wird, wobei in Abhängigkeit des mindestens einen Abbildungsparameters eine Lage und/oder Orientierung der virtuellen Darstellungsebene (7) des Head-Up-Displays im Referenzkoordinatensystem bestimmt wird, wobei in Abhängigkeit der Lage und/oder Orientierung der virtuellen Darstellungsebene (7) die Steuerung der Bilderzeugungseinrichtung (2) erfolgt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Referenzkoordinatensystem ein Fahrzeugkoordinatensystem (FK) ist.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass in jedes Abbild der Mehrzahl von zweidimensionalen Abbildern zumindest ein Teil des Fahrzeugs (1) abgebildet wird, wobei die Lage und/oder Orientierung der Bilderfassungseinrichtung (6) in Abhängigkeit des abgebildeten Teils des Fahrzeugs (1) und einem im Referenzkoordinatensystem referenzierten Modell des Fahrzeugs (1) bestimmt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich eine weitere Abbildungsvorschrift bestimmt wird, wobei die weitere Abbildungsvorschrift eine Abbildung von dem Koordinatensystem (DK) der virtuellen Darstellungsebene (7) in das Koordinatensystem (BK) der Bilderfassungseinrichtung (6) beschreibt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass für mehrere Abbilder ein Abbildungsfehler zumindest eines Elements des Referenzmusters (RM) bestimmt wird, wobei in Abhängigkeit einer Lage des Elements und einer Lage und/oder Orientierung der Bilderzeugungseinrichtung (6) ein Zusammenhang zwischen dem Abbildungsfehler, einer Betrachtungsposition und einer Lage eines anzuzeigenden Elements bestimmt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Zusammenhang zwischen der Betrachtungsposition, der Lage des anzuzeigenden Elements und dem in der jeweiligen Betrachtungsposition vorhandenen Abbildungsfehler als parametrisiertes Modell bestimmt wird, wobei die Parameter des parametrisierten Modells derart bestimmt werden, dass der Abbildungsfehler für eine Mehrzahl von Lagen der Bilderfassungseinrichtung (6) und/oder eine Mehrzahl von Elementen des Referenzmusters (RM) minimal ist.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das parametrisierte Modell durch ein Polynom mit einer vorbestimmten Anzahl von unabhängigen

Variablen gegeben ist.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Abbildungsfehler als Koordinatendifferenz zwischen theoretisch korrekten Koordinaten eines Elements des Referenzmusters (RM) in der virtuellen Darstellungsebene (7) in einem Koordinatensystem der virtuellen Darstellungsebene (7) und Koordinaten eines aus dem Abbild der Bilderfassungseinrichtung (6) in die virtuelle Darstellungsebene (7) transformierten korrespondierenden Elements bestimmt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Referenzmuster (RM) eine Vielzahl von in einer Matrixform angeordneten verschwommenen Tropfen (10) aufweist.
10. Vorrichtung zur Steuerung einer Bilderzeugungseinrichtung (2) eines Head-Up-Displays in einem Fahrzeug (1), wobei die Vorrichtung mindestens eine Steuereinrichtung (3) umfasst, wobei mittels einer Bilderzeugungseinrichtung (2) ein zweidimensionales Referenzmuster (RM) erzeugbar und mittels eines Projektionselements des Head-Up-Displays als projiziertes Referenzmuster (RM) darstellbar ist, wobei mittels mindestens einer Bilderfassungseinrichtung (6) eine Mehrzahl von zweidimensionalen Abbildern mit jeweils voneinander verschiedenen Lagen und/oder Orientierungen der Bilderfassungseinrichtung (6) erzeugbar ist, wobei in jedes Abbild der Mehrzahl von zweidimensionalen Abbildern das projizierte Referenzmuster (RM) zumindest teilweise abbildbar ist, wobei mittels der Steuereinrichtung (3) oder einer weiteren Steuer- und Auswerteeinrichtung in einem Abbild jeweils Koordinaten zumindest eines abgebildeten Elements des Referenzmusters (RM) bestimmbar sind, dadurch gekennzeichnet, dass zu jedem Abbild die entsprechende Lage und/oder Orientierung der mindestens einen Bilderfassungseinrichtung (6) in einem Referenzkoordinatensystem erfassbar oder bestimmbar ist, wobei Koordinaten des mindestens einen abgebildeten Elements zumindest in Abhängigkeit von mindestens einem Abbildungsparameter einer ersten Abbildungsfunktion und in Abhängigkeit einer zweiten Abbildungsfunktion schätzbar sind, wobei die erste Abbildungsfunktion eine Abbildung von einem

Koordinatensystem (DK) einer virtuellen Darstellungsebene (7) des Head-Up-Displays in das Referenzkoordinatensystem beschreibt, wobei die zweite Abbildungsfunktion eine Abbildung von dem Referenzkoordinatensystem in ein Koordinatensystem (BK) der Bilderfassungseinrichtung (6) in Abhängigkeit von der Lage und/oder Orientierung der mindestens einen Bilderfassungseinrichtung (6) beschreibt, wobei der mindestens eine Abbildungsparameter der ersten Abbildungsfunktion derart bestimmbar ist, dass eine Abweichung zwischen den bestimmten und geschätzten Koordinaten des abgebildeten Elements minimiert wird, wobei in Abhängigkeit des mindestens einen Abbildungsparameters eine Lage und/oder Orientierung der virtuellen Darstellungsebene (7) des Head-Up-Displays im Referenzkoordinatensystem bestimmbar ist, wobei mittels der Steuereinrichtung (3) in Abhängigkeit der Lage und/oder Orientierung der virtuellen Darstellungsebene (7) die Steuerung der Bilderzeugungseinrichtung (2) erfolgt.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass ein Zusammenhang zwischen einem Abbildungsfehler, einer Betrachtungsposition und einer Lage eines anzuzeigenden Elements bestimmbar ist, wobei mittels der Steuereinrichtung (3) in Abhängigkeit der Lage eines anzuzeigenden Elements und der Betrachtungsposition der Abbildungsfehler bestimmbar ist, wobei die Steuerung der Bilderzeugungseinrichtung (2) in Abhängigkeit des Abbildungsfehlers erfolgt.

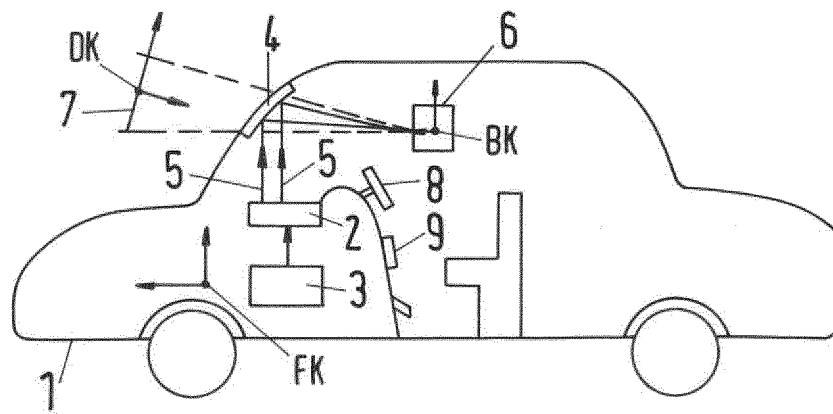


Fig.1

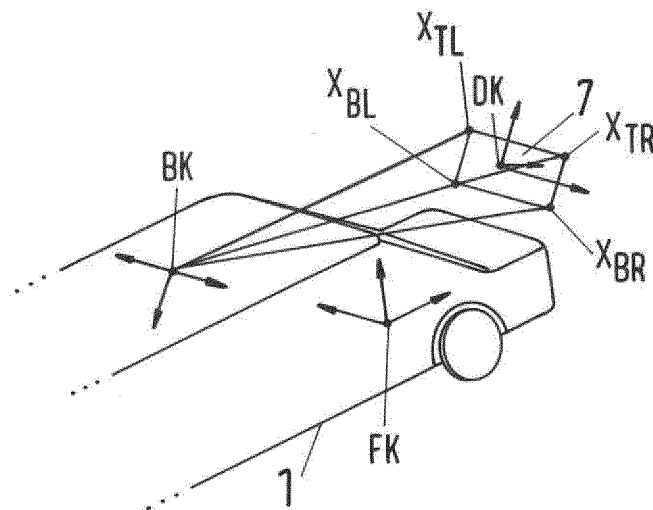


Fig.2

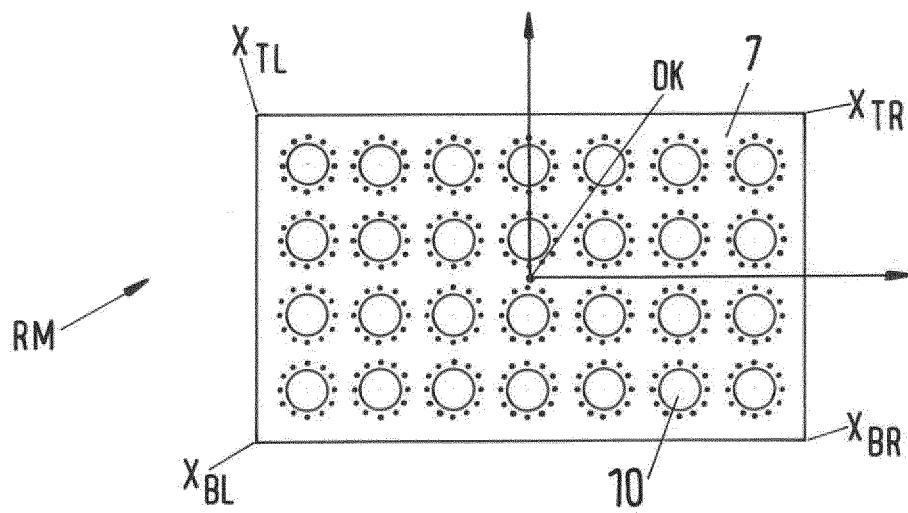


Fig.3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2014/070511

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G02B27/01 G06T5/00
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)

G02B G06T

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	DE 10 2005 037797 A1 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]) 8 February 2007 (2007-02-08) figures 1, 5, 6, 11C, 14 pages 1,58,76, -----	1-11
A	FR 2 860 601 A1 (THALES SA [FR]) 8 April 2005 (2005-04-08) figures 3, 4 page 3, lines 20-33 -----	1-11
A	EP 1 956 413 A2 (GM GLOBAL TECH OPERATIONS INC [US]) 13 August 2008 (2008-08-13) figure 3 ----- -/-	1-11



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

18 December 2014

Date of mailing of the international search report

07/01/2015

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

Serbin, Jesper

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/070511

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2006/072527 A1 (SIEMENS AG [DE]; LIND BRITTA [DE]; LUDEWIG BERND [DE]; MAYER RALF [DE]) 13 July 2006 (2006-07-13) figure 1 -----	1-11
A	DE 100 46 019 A1 (ESG ELEKTRONIKSYSTEM UND LOGIS [DE]) 28 March 2002 (2002-03-28) figure 9 paragraph [0046] -----	1-11
A	DE 10 2007 045301 A1 (ZEISS CARL AG [DE]) 2 April 2009 (2009-04-02) figure 1 -----	1-11
A	WO 2007/083215 A2 (FERRARI SPA [IT]; STEFANI GIOVANNI [IT]) 26 July 2007 (2007-07-26) figure 2 -----	1-11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2014/070511

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102005037797 A1	08-02-2007	NONE	
FR 2860601 A1	08-04-2005	FR 2860601 A1 WO 2005033774 A1	08-04-2005 14-04-2005
EP 1956413 A2	13-08-2008	CN 101241234 A DE 102007007162 A1 EP 1956413 A2 JP 2008233875 A KR 20080074785 A US 2008192312 A1	13-08-2008 14-08-2008 13-08-2008 02-10-2008 13-08-2008 14-08-2008
WO 2006072527 A1	13-07-2006	NONE	
DE 10046019 A1	28-03-2002	NONE	
DE 102007045301 A1	02-04-2009	NONE	
WO 2007083215 A2	26-07-2007	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. G02B27/01 G06T5/00
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 G02B G06T

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	DE 10 2005 037797 A1 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]) 8. Februar 2007 (2007-02-08) Abbildungen 1, 5, 6, 11C, 14 Seiten 1,58,76, -----	1-11
A	FR 2 860 601 A1 (THALES SA [FR]) 8. April 2005 (2005-04-08) Abbildungen 3, 4 Seite 3, Zeilen 20-33 -----	1-11
A	EP 1 956 413 A2 (GM GLOBAL TECH OPERATIONS INC [US]) 13. August 2008 (2008-08-13) Abbildung 3 -----	1-11
	-/-	

☒ 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

18. Dezember 2014

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

07/01/2015

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

Serbin, Jesper

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 2006/072527 A1 (SIEMENS AG [DE]; LIND BRITTA [DE]; LUDEWIG BERND [DE]; MAYER RALF [DE]) 13. Juli 2006 (2006-07-13) Abbildung 1 -----	1-11
A	DE 100 46 019 A1 (ESG ELEKTRONIKSYSTEM UND LOGIS [DE]) 28. März 2002 (2002-03-28) Abbildung 9 Absatz [0046] -----	1-11
A	DE 10 2007 045301 A1 (ZEISS CARL AG [DE]) 2. April 2009 (2009-04-02) Abbildung 1 -----	1-11
A	WO 2007/083215 A2 (FERRARI SPA [IT]; STEFANI GIOVANNI [IT]) 26. Juli 2007 (2007-07-26) Abbildung 2 -----	1-11

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2014/070511

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102005037797 A1	08-02-2007	KEINE	
FR 2860601 A1	08-04-2005	FR 2860601 A1	08-04-2005
		WO 2005033774 A1	14-04-2005
EP 1956413 A2	13-08-2008	CN 101241234 A	13-08-2008
		DE 102007007162 A1	14-08-2008
		EP 1956413 A2	13-08-2008
		JP 2008233875 A	02-10-2008
		KR 20080074785 A	13-08-2008
		US 2008192312 A1	14-08-2008
WO 2006072527 A1	13-07-2006	KEINE	
DE 10046019 A1	28-03-2002	KEINE	
DE 102007045301 A1	02-04-2009	KEINE	
WO 2007083215 A2	26-07-2007	KEINE	