

(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
17. Oktober 2019 (17.10.2019)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/197230 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G06T 5/00 (2006.01)

(72) Erfinder: WEINLICH, Andreas; Schwenninger Str. 11/3,
78048 Villingen-Schwenningen (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/058348

(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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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.

(22) Internationales Anmeldedatum:
03. April 2019 (03.04.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2018 205 399.5
10. April 2018 (10.04.2018) DE

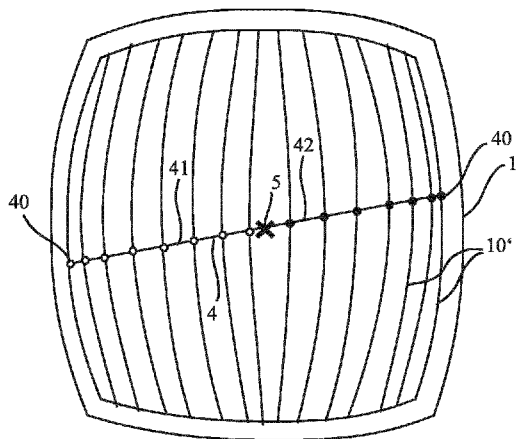
(71) Anmelder: CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH
[DE/DE]; Vahrenwalder Straße 9, 30165 Hannover (DE).

(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,

(54) Title: CORRECTION METHOD, AND DEVICE FOR CORRECTING IMAGE DATA

(54) Bezeichnung: KORREKTURVERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR KORREKTUR VON BILDDATEN

Fig. 2



(57) Abstract: The invention relates to a correction method, comprising the steps A), B), C), D), E), F). In step A), image data are read in, wherein the image data are representative of a calibration image (1') of a calibration pattern (1) recorded by means of an optics system (2). The calibration pattern comprises a plurality of structures (10), and the calibration image comprises correspondingly imaged structures (10'). In step B), a line (4) is simulated such that the line extends through a reference point (5), which subdivides the line into a first half-line (41) and a second half-line (42), and the first and second half-lines intersect the imaged structures at one or more intersection points (40). In step C), a first and a second sequence of measured values are determined, which represent the intersection points on the first half-line and the second half-line to the reference point. In step D), a third and a fourth sequence of target values are predetermined or determined, wherein the target values represent target distances of the intersection points on the first half-line and on the second half-line as reference point. In step E), a mapping rule is determined, which at least approximately maps the target values of the third and fourth sequences to the measured values of the first and second sequence. In step F), image data of an image recorded via an optics system are corrected by means of the mapping rule determined in step E).

(57) Zusammenfassung: Das Korrekturverfahren umfasst Schritte A), B), C), D), E), F). Im Schritt A) werden Bilddaten eingelesen, wobei die Bilddaten repräsentativ für ein über eine Optik (2) aufgenommenes Kalibrierbild (1') eines Kalibriermodells (1) sind. Das Kalibriermodell umfasst eine Mehrzahl von Strukturen (10) und das Kalibrierbild umfasst entsprechend abgebildete Strukturen (10'). Im Schritt B) wird eine Gerade (4)



WO 2019/197230 A1

SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

simuliert, so dass die Gerade durch einen Referenzpunkt (5) verläuft, der die Gerade in eine erste (41) und eine zweite (42) Halbgerade (41) unterteilt und die erste und zweite Halbgerade jeweils die abgebildeten Strukturen in einem oder mehreren Schnittpunkten (40) schneiden. Im Schritt C) werden eine erste und eine zweite Folge von Messwerten ermittelt, die die Schnittpunkte auf der ersten Halbgeraden und der zweiten Halbgeraden zum Referenzpunkt repräsentieren. Im Schritt D) werden eine dritte und eine vierte Folge von Sollwerten vorgegeben oder ermittelt, wobei die Sollwerte Sollabstände der Schnittpunkte auf der ersten Halbgeraden und auf der zweiten Halbgeraden zum Referenzpunkt repräsentieren. Im Schritt E) wird eine Abbildungsvorschrift ermittelt, die die Sollwerte der dritten und vierten Folge zumindest näherungsweise auf die Messwerte der ersten und zweiten Folge abbildet. Im Schritt F) werden Bilddaten eines über eine Optik aufgenommenen Bildes mittels der im Schritt E) ermittelten Abbildungsvorschrift korrigiert.

Beschreibung

Korrekturverfahren und Vorrichtung zur Korrektur von Bilddaten

5 Es wird ein Korrekturverfahren angegeben. Darüber hinaus wird eine Vorrichtung zur Korrektur von Bilddaten angegeben.

Eine zu lösende Aufgabe besteht darin, ein Korrekturverfahren zur Korrektur von über eine Optik aufgenommene Bilddaten anzugeben.

10 Eine weitere zu lösende Aufgabe besteht darin, eine Vorrichtung anzugeben, mit der ein solches Korrekturverfahren durchgeführt werden kann.

Diese Aufgaben werden unter anderem durch die Gegenstände der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das Korrekturverfahren einen Schritt A), in dem Bilddaten eingelesen werden. Die Bilddaten sind repräsentativ für ein über eine Optik aufgenommenes Kalibrierbild eines Kalibrieramusters. Das Kalibrieramuster umfasst eine Mehrzahl von Strukturen, insbesondere Linien oder Punkte, wie zum Beispiel Gitterlinien oder Gitterpunkte, und das Kalibrierbild umfasst entsprechend abgebildete Strukturen.

Beispielsweise ist das Kalibrierbild in eine Mehrzahl von Pixel unterteilt, wobei die Bilddaten Intensitäten für Farbwerte in den einzelnen Pixeln repräsentieren.

Bei der Optik handelt es sich beispielsweise um eine Linse oder ein Linsensystem, zum Beispiel einer Kamera oder eines Mikroskops oder eines Objektivs.

35 Die Strukturen des Kalibrieramusters heben sich von dem Hintergrund des Kalibrieramusters bevorzugt optisch deutlich ab.

Beispielsweise ist das Kalibriermuster ein Schwarz-Weiß-Muster. Die Strukturen sind beispielsweise in einem regelmäßigen Muster angeordnet. Die Strukturen des Kalibrierusters sind bevorzugt gerade und/oder zueinander parallel verlaufende Linien. Umfasst
5 das Kalibriermuster Punkte, so sind diese bevorzugt in einem regelmäßigen Gitter angeordnet. Es kann das Kalibriermuster aber auch ein Schachbrettmuster sein.

Als Kalibriermuster kann zum Beispiel jede Szene verwendet
10 werden, bei der Linien und/oder Punkte zu erkennen sind, bevorzugt in einem gleichen Abstand zum Referenzpunkt, wie dem optischen Bildzentrum.

Obwohl Linien des Kalibrierusters zum Beispiel gerade und/oder
15 parallel verlaufen, können die abgebildeten Linien des Kalibrierbildes gekrümmt verlaufen. Dies kann zum Beispiel auf Abbildungsfehler der Optik zurückgeführt werden. Das hier beschriebene Korrekturverfahren ist insbesondere dazu eingerichtet, solche Abbildungsfehler der Optik zu korrigieren.

20 Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das Verfahren einen Schritt B), in dem eine Gerade durch das Kalibrierbild simuliert wird, so dass die Gerade durch einen Referenzpunkt verläuft, der die Gerade in eine erste Halbgerade und eine zweite
25 Halbgerade unterteilt und die erste Halbgerade und die zweite Halbgerade jeweils die abgebildeten Strukturen in einem oder mehreren Schnittpunkten schneiden. Das heißt, jede Halbgerade durchkreuzt eine oder mehrere der abgebildeten Strukturen.

30 Die Schnittpunkte können dabei entweder manuell annotiert werden oder vollautomatisch, beispielsweise bei einem Schwarz-Weiß-Kalibriermuster durch ein Gradientendetektionsverfahren. Beispielsweise schneiden die erste Halbgerade und die zweite Halbgerade die abgebildeten Linien jeweils in zumindest
35 zwei oder zumindest vier oder zumindest acht Schnittpunkten.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das Verfahren einen Schritt C), in dem eine erste und eine zweite Folge von Messwerten ermittelt wird, wobei die Messwerte die sich aus dem Kalibrierbild ergebenden Abstände der Schnittpunkte auf der
5 ersten Halbgeraden und auf der zweiten Halbgeraden zum Referenzpunkt repräsentieren.

Bei der ersten Folge und der zweiten Folge handelt es sich also jeweils um Zahlenfolgen. Die Folgeelemente in den Zahlenfolgen
10 sind die genannten Messwerte. Die Messwerte repräsentieren bevorzugt jeweils den Betrag des Abstandes eines Schnittpunktes zum Referenzpunkt. Die erste Folge repräsentiert dabei nur die Schnittpunkte auf der ersten Halbgeraden und die zweite Folge repräsentiert nur die Schnittpunkte auf der zweiten Halbgeraden.
15 Die Folgen umfassen also zum Beispiel jeweils so viele Folgeelemente wie die Anzahl an Schnittpunkten auf den zugehörigen Halbgeraden. Alternativ können aber auch nur einige der Schnittpunkte annotiert werden, sodass die Folgen weniger Elemente als Schnittpunkte aufweisen.

20
Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das Verfahren einen Schritt D), in dem eine dritte und eine vierte Folge von Sollwerten vorgegeben oder ermittelt werden, wobei die Sollwerte Sollabstände der Schnittpunkte auf der ersten Halbgeraden und auf
25 der zweiten Halbgeraden zum Referenzpunkt repräsentieren.

Die dritte und vierte Folge sind also wiederum Zahlenfolgen, mit den Sollwerten als Folgeelemente. Die Sollwerte werden insbesondere so vorgegeben oder ermittelt, dass diese jeweils einen
30 erwarteten Abstand eines Schnittpunktes zum Referenzpunkt repräsentieren oder angeben. Die dritte Folge repräsentiert dabei die Schnittpunkte auf der ersten Halbgeraden und umfasst daher so viele Folgeelemente wie die erste Folge. Die vierte Folge repräsentiert die Schnittpunkte auf der zweiten Halbgeraden und umfasst daher so viele Folgeelemente wie die zweite
35 Folge. Insbesondere wird also jedem Messwert der ersten Folge ein Sollwert der dritten Folge eineindeutig zugeordnet und jedem

Messwert der zweiten Folge ein Sollwert der vierten Folge
eineindeutig zugeordnet.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das Verfahren
5 einen Schritt E), in dem eine Abbildungsvorschrift ermittelt
wird, die die Sollwerte der dritten und vierten Folge zumindest
näherungsweise auf die Messwerte der ersten und zweiten Folge
abbildet oder umgekehrt. Bei der Abbildungsvorschrift handelt es
sich insbesondere um eine Funktion $F: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$. Jeder Sollwert der
10 dritten und vierten Folge wird dabei näherungsweise auf den
zugeordneten Messwert der ersten und zweiten Folge abgebildet.
Alternativ oder zusätzlich kann aber auch eine Abbildungs-
vorschrift ermittelt werden, die die Messwerte der ersten und
zweiten Folge zumindest näherungsweise auf die Sollwerte der
15 dritten und vierten Folge abbildet.

„Zumindest näherungsweise“ bedeutet hierbei, dass zur Ermittlung
der Abbildungsvorschrift insbesondere ein Minimierungsver-
fahren, beispielsweise nach der Methode der kleinsten Quadrate,
20 verwendet wird. Insbesondere ist die Anzahl an Parametern der
Abbildungsvorschrift, die durch das Minimierungsverfahren
ermittelt wird, kleiner als die Anzahl an Sollwerten oder
Messwerten.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das Verfahren
25 einen Schritt F), bei dem Bilddaten eines über eine Optik
aufgenommenen Bildes mittels der im Schritt E) ermittelten
Abbildungsvorschrift korrigiert werden. Bei der Optik handelt es
sich bevorzugt um die gleiche Optik, mit der das Kalibrierbild
30 aufgenommen wurde, oder um eine ähnliche Optik. Bei den Bilddaten
kann es sich um die Bilddaten des Kalibrierbildes oder eines
anderen über eine Optik aufgenommenen Bildes handeln.

Bei der Korrektur wird aus dem aufgenommenen Bild also ein
35 korrigiertes Bild erzeugt, bei dem bevorzugt die Abbildungs-
fehler der Optik teilweise oder vollständig korrigiert sind.

Die Korrektur des aufgenommenen Bildes erfolgt beispielsweise wie folgt: Das korrigierte Bild soll eine gewisse Anzahl an Pixeln aufweisen, zum Beispiel die gleiche Anzahl an Pixeln wie das aufgenommene Bild. Für jedes Pixel des korrigierten Bildes wird
5 der Abstand dieses Pixels zum Referenzpunkt ermittelt. Anschließend wird ermittelt, welchen Wert die im Schritt E) ermittelte Abbildungsvorschrift diesem Abstand zuordnet. Daraufhin wird ein passendes Pixel des aufgenommenen Bildes ermittelt, das auf einer selben Geraden durch den Referenzpunkt
10 liegt wie das Pixel des korrigierten Bildes und das als Abstand zum Referenzpunkt diesen ermittelten Wert hat. Die diesem Pixel in dem aufgenommenen Bild zugeordneten Bilddaten werden dann dem Pixel für das korrigierte Bild zugeordnet. Insbesondere wird das aufgenommene Bild also mit Hilfe der Abbildungsvorschrift radial
15 entzerrt oder korrigiert, wobei der Referenzpunkt das Zentrum für die radiale Entzerrung darstellt.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform werden die Schritte A) bis F) in der angegebenen Reihenfolge durchgeführt.

20

In mindestens einer Ausführungsform umfasst das Korrekturverfahren die Schritte A), B), C), D), E), F). Im Schritt A) werden Bilddaten eingelesen, wobei die Bilddaten repräsentativ für ein über eine Optik aufgenommenes Kalibrierbild eines Kalibrier-
25 musters sind. Das Kalibriermuster umfasst eine Mehrzahl von Strukturen und das Kalibrierbild umfasst entsprechend abgebildete Strukturen. Im Schritt B) wird eine Gerade durch das Kalibrierbild simuliert, so dass die Gerade durch einen Referenzpunkt verläuft, der die Gerade in eine erste Halbgerade und
30 eine zweite Halbgerade unterteilt und die erste Halbgerade und die zweite Halbgerade jeweils die abgebildeten Strukturen in einem oder mehreren Schnittpunkten schneiden. Im Schritt C) werden eine erste und eine zweite Folge von Messwerten ermittelt, die sich aus dem Kalibrierbild ergebende Abstände der
35 Schnittpunkte auf der ersten Halbgeraden und auf der zweiten Halbgeraden zum Referenzpunkt repräsentieren. Im Schritt D) werden eine dritte und eine vierte Folge von Sollwerten vor-

gegeben oder ermittelt, wobei die Sollwerte Sollabstände der Schnittpunkte auf der ersten Halbgeraden und auf der zweiten Halbgeraden zum Referenzpunkt repräsentieren. Im Schritt E) wird eine Abbildungsvorschrift ermittelt, die die Sollwerte der dritten und vierten Folge zumindest näherungsweise auf die Messwerte der ersten und zweiten Folge abbildet oder umgekehrt. Im Schritt F) werden Bilddaten eines über eine Optik aufgenommenen Bildes mittels der im Schritt E) ermittelten Abbildungsvorschrift korrigiert.

10

Der vorliegenden Erfindung liegt insbesondere die Idee zu Grunde, Abstände von Schnittpunkten zu einem Referenzpunkt, die ohne eine Verzerrung der Optik bestimmte Werte einnehmen sollten, eben genau auf diese Werte abzubilden. Anders als in alternativen Verfahren, bei denen beispielsweise abgebildete gekrümmte Gitterlinien auf gerade Gitterlinien abgebildet werden, werden hier nur Abstände korrigiert, was den Rechenaufwand erheblich reduziert. Das Verfahren, insbesondere die Ermittlung der Abbildungsvorschrift, ist damit besonders schnell. Eine Parametrisierung des Minimierungsverfahrens ist nicht notwendig, wodurch das Verfahren sehr stabil ist und bei validen Eingangsdaten robust funktioniert. Die Entzerrung oder Korrektur ist nicht auf gewisse Abstandsbereiche vom Referenzpunkt oder Bildzentrum beschränkt, sondern ist gleichermaßen vom Referenzpunkt bis in die Bildecken präzise und stabil. Die Implementierung des Verfahrens, beispielsweise in einer Recheneinheit oder einem Prozessor, gestaltet sich einfach und übersichtlich. Eine automatisierte Erkennung der Schnittpunkte der simulierten Geraden mit abgebildeten Strukturen ist algorithmisch einfach, wodurch eine vollautomatische Implementierung robust ist. Die exakte Ausrichtung des Kalibriermusters senkrecht zur Optik ist nicht notwendig.

15

20

25

30

35

Gemäß zumindest einer Ausführungsform sind die Strukturen parallel verlaufende Linien, bevorzugt äquidistante Linien. Die Linien können gerade oder gekrümmt sein.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird die Gerade so simuliert, dass sie zumindest eine der abgebildeten Linien unter einem Winkel von zumindest 80° schneidet. Je größer der Winkel zwischen der simulierten Geraden und den abgebildeten Linien ist, desto mehr Schnittpunkte liegen auf der ersten Halbgeraden und der zweiten Halbgeraden und desto präziser kann die Abbildungsvorschrift ermittelt werden.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform sind die Strukturen untereinander äquidistant. Das heißt, benachbarte Strukturen weisen immer den gleichen Abstand zueinander auf.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird im Schritt D) die dritte und vierte Folge so vorgegeben oder ermittelt, dass virtuelle Schnittpunkte auf der Geraden, die den Sollwerten entsprechende Abstände zum Referenzpunkt aufweisen, untereinander äquidistant sind. Das heißt, hätten die Schnittpunkte als Abstände zum Referenzpunkt die Sollwerte, so wären die Schnittpunkte untereinander äquidistant, sodass zwei benachbarte Schnittpunkte auf der Geraden immer den gleichen Abstand zueinander hätten.

Die virtuellen Schnittpunkte sind keine tatsächlichen Schnittpunkte, sondern nur fiktive Schnittpunkte.

Bei dieser Ausführungsform wird also die Abbildungsvorschrift so ermittelt, dass Abbildungen von ursprünglich äquidistanten Strukturen nach der Korrektur mit der Abbildungsvorschrift möglichst wieder äquidistant erscheinen.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird als Referenzpunkt der Schnittpunkt des Kalibrierbildes mit einer optischen Achse der Optik gewählt. Alternativ kann als Referenzpunkt auch die Bildmitte des Kalibrierbildes gewählt werden.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das Verfahren weiter einen Schritt D1), in dem eine erste Anzahl n_1 an

Schnittpunkten auf der ersten Halbgeraden ermittelt wird, die innerhalb eines vorgegebenen Maximalabstands vom Referenzpunkt liegen. Der Maximalabstand wird bevorzugt kleiner als ein maximaler Abstand eines Bildrandes des Kalibrierbildes zum Referenzpunkt gewählt.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das Verfahren weiter einen Schritt D2), in dem eine zweite Anzahl n_2 an Schnittpunkten auf der zweiten Halbgeraden ermittelt wird, die innerhalb des vorgegebenen Maximalabstands vom Referenzpunkt liegen.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform werden im Schritt D) die dritte und vierte Folge derart vorgegeben, dass Abstände zwischen virtuellen Schnittpunkten auf der Geraden, die den Sollwerten entsprechende Abstände zum Referenzpunkt aufweisen, entlang der Geraden monoton und linear zu- oder abnehmen. Anders ausgedrückt: hätten die Schnittpunkte als Abstände zum Referenzpunkt die Sollwerte, so würden die Abstände zwischen den Schnittpunkten entlang der Geraden entweder monoton linear zunehmen oder monoton linear abnehmen.

Der Abstand zwischen einem zweiten virtuellen Schnittpunkt und einem dritten virtuellen Schnittpunkt ist also beispielsweise um einen Wert m größer als der Abstand zwischen einem ersten virtuellen Schnittpunkt und dem zweiten virtuellen Schnittpunkt. Der Abstand zwischen dem dritten virtuellen Schnittpunkt und einem vierten virtuellen Schnittpunkt wiederum ist um den Wert m größer als der Abstand zwischen dem zweiten virtuellen Schnittpunkt und dem dritten virtuellen Schnittpunkt, und so weiter. Die Steigung m ist beispielsweise eine reelle Zahl.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird die lineare Zu- oder Abnahme dabei derart gewählt, dass auf die erste Halbgerade genau n_1 virtuelle Schnittpunkte mit Abständen zum Referenzpunkt von höchstens einem Sollmaximalabstand passen und auf die zweite

Halbgerade genau n_2 virtuelle Schnittpunkte mit Abständen zum Referenzpunkt von höchstens dem Sollmaximalabstand passen.

Das heißt, die Steigung m wird so vorgegeben, dass über eine
5 Strecke auf der Geraden, dessen Länge dem zweifachen Sollma-
ximalabstand entspricht, und die von dem Referenzpunkt halbiert
wird, genau $n_1 + n_2$ virtuelle Schnittpunkte passen, zwischen
denen der Abstand mit der Steigung m zu- oder abnimmt.

10 Mit dieser Vorgehensweise kann insbesondere eine Verkippung des
Kalibrierusters bei der Aufnahme über die Optik berücksichtigt
werden. Eine solche Verkippung würde in einem Bild ohne eine
Verzerrung durch die Optik zum Beispiel zu abgebildeten Git-
terlinien führen, deren Abstände in eine Richtung linear zu- oder
15 abnimmt. Entsprechend werden die Sollwerte hier so gewählt, dass
die Korrektur des Kalibrierbildes mittels der Abbildungsvor-
schrift im Wesentlichen zu Gitterlinien mit linear zunehmenden
oder abnehmenden Abständen führt.

20 Zur Verbesserung der Genauigkeit könnte statt mit ganzzahligen
Anzahlen an Schnittpunkten hier mit Dezimalbrüchen gearbeitet
werden. Dabei werden sowohl das Verhältnis der dem Referenzpunkt
nächstliegenden Schnittpunkte und der Abstand des dem Referenzpunkt
fernsten Schnittpunktes zum Maximalabstand berück-
25 sichtigt, beispielsweise durch eine lineare Interpretation.
Ebenso bietet sich zur Erhöhung der Genauigkeit an, den maximalen
Abstand möglichst groß zu wählen. Beispielsweise wird als
Maximalabstand der vom Referenzpunkt am weitesten entfernte
Schnittpunkt derjenigen Halbgeraden gewählt, bei der dieser
30 Schnittpunkt den geringeren Abstand zum Referenzpunkt aufweist.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform werden im Schritt D) die
jeweils kleinsten Sollwerte der dritten und vierten Folge so
vorgegeben, dass die Summe dieser beiden kleinsten Sollwerte
35 einem vorgegebenen Wert entspricht. Werden die Sollwerte in der
dritten und vierten Folge beispielsweise so vorgegeben, dass
Abstände zwischen entsprechenden virtuellen Schnittpunkten auf

der Geraden immer gleich sind, so wird die Summe der beiden kleinsten Sollwerte zum Beispiel so vorgegeben, dass diese ebenfalls diesem Abstand entspricht.

Werden die Sollwerte dagegen beispielsweise so vorgegeben, dass
5 die Abstände entsprechender virtueller Schnittpunkte entlang der Geraden monoton und linear zu- oder abnehmen, dann wird die Summe der beiden kleinsten Sollwerte so vorgegeben, dass diese lineare Zu- oder Abnahme eingehalten bleibt.

10 Gemäß zumindest einer Ausführungsform werden im Schritt D) die jeweils kleinsten Sollwerte der dritten und vierten Folge so vorgegeben, dass das Verhältnis des kleinsten Sollwertes der dritten Folge zum kleinsten Sollwert der vierten Folge gleich dem
15 Verhältnis des kleinsten Messwertes der ersten Folge zum kleinsten Messwert der zweiten Folge ist.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform werden im Schritt D) die jeweils kleinsten Sollwerte der dritten und vierten Folge über ein iteratives Verfahren ermittelt, wobei als Randbedingung
20 vorgegeben wird, dass die Summe dieser beiden kleinsten Sollwerte einem vorgegebenen Wert entspricht. Beispielsweise ist der vorgegebene Wert wie oben beschrieben gewählt.

Anstelle für das Verhältnis der kleinsten Sollwerte der dritten
25 und vierten Folge also von vornherein einen festen Wert vorzugeben, wird dieser Wert ermittelt, insbesondere durch ein iteratives Minimierungsverfahren. Die kleinsten Sollwerte werden zum Beispiel gleichzeitig oder zusammen mit der Abbildungsvorschrift über das Minimierungsverfahren bestimmt.

30

Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird als Abbildungsvorschrift ein Polynom verwendet. Beispielsweise wird ein Polynom von höchstens sechstem Grad verwendet. Bevorzugt wird ein Polynom vierten Grades verwendet. Besonders bevorzugt wird das
35 konstante Element des Polynoms auf den festen Wert Null gesetzt.

Als Abbildungsvorschrift kann auch eine nicht-polynomiale Funktion zur radialen Linsenentzerrung verwendet werden, welche ebenso linear in ihren Parametern ist. Für nicht-polynomiale Funktionen zur radialen Linsenentzerrung, welche in ihren
5 Parametern nicht-linear sind, lässt sich das Verfahren einsetzen, in dem ein lineares Minimierungsverfahren durch ein nicht-lineares Minimierungsverfahren ersetzt wird. Dies führt typischerweise jedoch zu iterativen Lösungsmethoden.

10 Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist das Kalibrierbild ein rechteckiges Format auf.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform verlaufen die abgebildeten Strukturen in Form von abgebildeten Linien diagonal über das
15 Kalibrierbild. Schneidet nun die simulierte Gerade die abgebildeten Linien unter einem Winkel von beispielsweise zumindest 80° , so verläuft auch die simulierte Gerade im Wesentlichen diagonal über das Kalibrierbild, wodurch die Anzahl der Schnittpunkte mit den abgebildeten Linien und dabei die Ge-
20 nauigkeit des Verfahrens steigt.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform werden mehrere verschiedene Geraden durch das Kalibrierbild simuliert und zu jeder Geraden eine erste und eine zweite Folge an Messwerten und eine
25 dritte und vierte Folge an Sollwerten ermittelt. Die dritten und vierten Folgen an Sollwerten können für mehrere oder alle Geraden entsprechend den vorherigen Ausführungsformen ermittelt werden.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform werden die Folgen jeder
30 Geraden zur Ermittlung der Abbildungsvorschrift herangezogen. Dadurch steigt die Anzahl an Punkte, anhand der die Abbildungsvorschrift ermittelt wird, was die Genauigkeit des Verfahrens erhöht.

35 Darüber hinaus wird eine Vorrichtung zur Korrektur von Bilddaten angegeben. Die Vorrichtung eignet sich insbesondere dazu, ein hier beschriebenes Korrekturverfahren durchzuführen. Das heißt,

alle im Zusammenhang mit dem Korrekturverfahren offenbarten Merkmale sind auch für die Vorrichtung offenbart und umgekehrt.

Die Vorrichtung kann insbesondere einen Prozessor aufweisen, der die verschiedenen Verfahrensschritte durchführt. Die Vorrichtung kann beispielsweise eine Kamera, insbesondere eine Digitalkamera, sein. Beispielsweise umfasst die Vorrichtung die Optik, also zum Beispiel die Linse oder das Linsensystem, über die das Kalibrierbild aufgenommen wird.

Gemäß eines weiteren Aspekts zeichnet sich die Erfindung aus durch ein Computerprogramm, wobei das Computerprogramm ausgebildet ist, das hier beschriebene Korrekturverfahren durchzuführen.

Gemäß eines weiteren Aspekts zeichnet sich die Erfindung aus durch ein Computerprogrammprodukt, das einen ausführbaren Programmcode umfasst, wobei der Programmcode bei Ausführung durch eine Datenverarbeitungsvorrichtung das hier beschriebene Korrekturverfahren ausführt.

Nachfolgend wird ein hier beschriebenes Korrekturverfahren sowie eine hier beschriebene Vorrichtung unter Bezugnahme auf Zeichnungen anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Gleiche Bezugszeichen geben dabei gleiche Elemente in den einzelnen Figuren an. Es sind dabei jedoch keine maßstäblichen Bezüge dargestellt, vielmehr können einzelne Elemente zum besseren Verständnis übertrieben groß dargestellt sein.

Es zeigen:

Figuren 1 bis 7 verschiedene Positionen in Ausführungsbeispielen des Korrekturverfahrens,

Figuren 8A und 8B Ablaufdiagramme verschiedener Ausführungsbeispiele des Korrekturverfahrens,

Figur 9 ein Ausführungsbeispiel der Vorrichtung.

In der Figur 1 ist eine erste Position in einem Ausführungsbeispiel des Korrekturverfahrens gezeigt. Über eine Optik 2, vorliegend eine Linse 2, ist ein Kalibrierbild 1' eines Kalibrieramusters 1 abgebildet. Das Kalibrieramuster 1 umfasst eine Mehrzahl von Strukturen 10 in Form von Linien 10. Die Linien 10 verlaufen vorliegend parallel und äquidistant zueinander.

Das Kalibrierbild 1', also die Abbildung des Kalibrieramusters 1 über die Optik 2, ist verzerrt. Abgebildete Linien 10' des Kalibrierbildes 1' sind durch die Verzerrung weder parallel noch äquidistant zueinander. Dies ist zum Beispiel auf Abbildungsfehler der Optik 2 zurückzuführen.

In der Figur 2 ist eine zweite Position des Korrekturverfahrens gezeigt. Durch das Kalibrierbild 1' ist eine Gerade 4 simuliert, die durch einen Referenzpunkt 5 verläuft, und die abgebildeten Linien 10' in mehreren Schnittpunkten 40 schneidet. Der Referenzpunkt 5 ist vorliegend das optische Bildzentrum oder die Bildmitte des Kalibrierbildes 1'. Der Referenzpunkt 5 unterteilt die Gerade 4 in eine erste Halbgerade 41 und eine zweite Halbgerade 42. Sowohl auf der ersten Halbgeraden 41 also auch auf der zweiten Halbgeraden 42 liegen mehrere Schnittpunkte 40.

In der Figur 3 ist eine dritte Position des Korrekturverfahrens gezeigt. Ausgehend von den Schnittpunkten wird eine erste Folge und eine zweite Folge an Messwerten bestimmt. Die Messwerte der ersten Folge repräsentieren oder sind die Abstände der Schnittpunkte auf der ersten Halbgeraden zum Referenzpunkt. Die Messwerte der zweiten Folge repräsentieren oder sind die Abstände der Schnittpunkte auf der zweiten Halbgeraden zum Referenzpunkt.

Die dargestellten acht Messwerte der ersten Folge und die dargestellten sieben Messwerte der zweiten Folge sind rein illustrativ gewählt und entsprechen nicht den tatsächlichen

Abständen der in der Figur 2 gezeigten Schnittpunkte 40 zum Referenzpunkt.

In der Figur 4 ist eine vierte Position des Korrekturverfahrens
5 gezeigt. Hier sind eine dritte und eine vierte Folge von Sollwerten vorgegeben. Die Sollwerte der dritten Folge repräsentieren Sollabstände der Schnittpunkte auf der ersten Halbgeraden zum Referenzpunkt. Die Sollwerte der vierten Folge repräsentieren Sollabstände der Schnittpunkte auf der zweiten
10 Halbgeraden zum Referenzpunkt. Entsprechend weist die dritte Folge gleich viele Folgeelemente wie die erste Folge auf und die vierte Folge weist gleich viele Folgeelemente wie die zweite Folge auf.

15 Im vorliegenden Ausführungsbeispiel sind die Sollwerte der dritten und vierten Folge so vorgegeben, dass die Differenz zwischen jeweils zwei benachbarten Sollwerten immer gleich ist. Außerdem entspricht die Summe der kleinsten Sollwerte der dritten und vierten Folge genau dieser Differenz. Das heißt, virtuelle
20 Schnittpunkte auf der Geraden, deren Abstände zum Referenzpunkt den Sollwerten entsprechen, sind untereinander alle äquidistant. Dies ist genau das, was man für die Schnittpunkte erwarten würde, wenn die Optik keine Abbildungsfehler aufweisen würde. Die Sollwerte entsprechen also bis auf einen Skalierungsfaktor den
25 erwarteten Abständen der Schnittpunkte zum Referenzpunkt.

In der Figur 5 ist eine fünfte Position des Korrekturverfahrens gezeigt, bei dem die Sollwerte der dritten und vierten Folge auf einer horizontalen x-Achse und die Messwerte der ersten und
30 zweiten Folge auf einer vertikalen y-Achse aufgetragen sind. Die der ersten Halbgeraden zugeordneten Messwerte und Sollwerte sind dabei als ungefüllte Punkte dargestellt, die der zweiten Halbgeraden zugeordneten Messwerte und Sollwerte sind als gefüllte Punkte dargestellt.

35

Die Messwerte und Sollwerte sind zudem als (x,y) -Werte in das durch die x-Achse und y-Achse aufgespannte Koordinatensystem

eingetragen. Die (x, y) -Werte sind außerdem durch eine Funktion (gestrichelte Linie) angenähert. Die Funktion ist insbesondere durch ein Polynom vierten Grades parametrisiert. Die Parameter der Funktion werden zum Beispiel über ein Minimierungsverfahren, zum Beispiel das Verfahren der kleinsten Quadrate, ermittelt. Die Funktion stellt eine Abbildungsvorschrift dar, mit der die Sollwerte der dritten und vierten Folge zumindest näherungsweise auf die Messwerte der ersten und zweiten Folge abgebildet werden.

10 In der Figur 6 ist eine sechste Position des Korrekturverfahrens dargestellt. Mittels der zuvor ermittelten Abbildungsvorschrift wurden die Bilddaten des Kalibrierbildes radial korrigiert. Das dargestellte korrigierte Bild 1'' weist korrigierte Linien 10'' auf, die näherungsweise parallel und äquidistant zueinander verlaufen.

In der Figur 7 ist eine Position des Korrekturverfahrens gezeigt, bei der eine Anzahl $n_1 = 5$ an Schnittpunkten 40 auf der ersten Halbgeraden 41 mit einem Abstand von höchstens einem Maximalabstand M vom Referenzpunkt 5 liegt. Auf der zweiten Halbgeraden 42 liegen $n_2 = 4$ Schnittpunkte 40 mit einem Abstand von höchstens dem Maximalabstand M vom Referenzpunkt 5 entfernt.

25 Geht man davon aus, dass bei der Aufnahme des Kalibrierbildes 1' das Kalibriermuster 1 gekippt war, so müssten ohne eine Verzerrung durch die Optik die Abstände der abgebildeten Linien 10' gemäß dem Strahlensatz mit linear ansteigenden oder absteigenden Abständen erscheinen. Entsprechend sollte die Abbildungsvorschrift so ermittelt werden, dass nach der Korrektur der das Kalibrierbild 1' repräsentierenden Bilddaten Abstände zwischen den korrigierten Linien linear ab- oder zunehmen.

Um dies zu erreichen, werden nachfolgend zu der Position der Figur 7 die Sollwerte der dritten und vierten Folge zum Beispiel so vorgegeben, dass Abstände zwischen virtuellen Schnittpunkten auf der Geraden, die den Sollwerten entsprechende Abstände zum Referenzpunkt aufweisen, entlang der Geraden monoton und linear

zu- oder abnehmen. Um die richtige Steigung in dieser linearen Zu- oder Abnahme zu erhalten, wird als Randbedingung zum Beispiel vorgegeben, dass auf die erste Halbgerade 41 genau n_1 dieser virtuellen Schnittpunkte innerhalb eines Sollmaximalabstands vom Referenzpunkt 5 passen und auf die zweite Halbgerade 42 genau n_2 virtuelle Schnittpunkte innerhalb desselben Sollmaximalabstands passen. Anschließend werden die entsprechenden Sollwerte und die Messwerte beispielsweise wie in der Figur 5 aufgetragen und eine Abbildungsvorschrift ermittelt.

10

In der Figur 8A ist ein Ablaufdiagramm eines Ausführungsbeispiels des Korrekturverfahrens dargestellt. Es werden nacheinander die oben beschriebenen Schritte A) bis F) ausgeführt.

15 In der Figur 8B ist ein Ablaufdiagramm eines weiteren Ausführungsbeispiels gezeigt. Vor dem Schritt D) werden die oben beschriebenen Schritte D1) und D2) ausgeführt.

In der Figur 9 ist ein Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung 100 gezeigt, die dazu eingerichtet ist, das Korrekturverfahren durchzuführen. Die Vorrichtung 100 umfasst zum Beispiel einen Prozessor. Bilddaten, die hier repräsentativ für ein über eine Optik aufgenommenes Kalibrierbild 1' eines Kalibrierusters sind, werden eingelesen. Die Vorrichtung führt das oben beschriebene Korrekturverfahren aus. Anschließend werden korrigierte Bilddaten ausgegeben. Vorliegend werden die korrigierten Bilddaten zu den eingelesenen Bilddaten des Kalibrierusters ausgegeben.

30 Anders als in der Figur 9 dargestellt, kann die Vorrichtung auch selbst die Optik umfassen, über die das Kalibrierbild aufgenommen wird. Die Vorrichtung ist dann zum Beispiel eine Digitalkamera.

Die Erfindung ist nicht durch die Beschreibung anhand der Ausführungsbeispiele auf diese beschränkt. Vielmehr umfasst die Erfindung jedes neue Merkmal sowie jede Kombination von Merkmalen, was insbesondere jede Kombination von Merkmalen in den

Patentansprüchen beinhaltet, auch wenn diese Merkmale oder diese Kombination selbst nicht explizit in den Patentansprüchen oder Ausführungsbeispielen angegeben ist.

Patentansprüche

1. Korrekturverfahren, umfassend die Schritte:

A) Einlesen von Bilddaten, wobei

- 5 - die Bilddaten repräsentativ für ein über eine Optik (2) aufgenommenes Kalibrierbild (1') eines Kalibrierusters (1) sind,
- das Kalibriermuster (1) eine Mehrzahl von Strukturen (10) und das Kalibrierbild (1') entsprechend abgebildete
10 Strukturen (10') umfasst;

B) Simulation einer Geraden (4) durch das Kalibrierbild (1'), sodass

- die Gerade (4) durch einen Referenzpunkt (5) verläuft, der die Gerade (4) in eine erste Halbgerade (41) und eine zweite
15 Halbgerade (42) unterteilt, und
- die erste Halbgerade (41) und die zweite Halbgerade (42) jeweils die abgebildeten Strukturen (10') in einem oder mehreren Schnittpunkten (40) schneiden;

C) Ermitteln einer ersten und einer zweiten Folge von

- 20 Messwerten, die sich aus dem Kalibrierbild (1') ergebende Abstände der Schnittpunkte (40) auf der ersten Halbgeraden (41) und auf der zweiten Halbgeraden (42) zum Referenzpunkt (5) repräsentieren;

D) Vorgeben oder Ermitteln einer dritten und vierten Folge von
25 Sollwerten, die Sollabstände der Schnittpunkte (40) auf der ersten Halbgeraden (41) und auf der zweiten Halbgeraden (42) zum Referenzpunkt (5) repräsentieren;

E) Ermitteln einer Abbildungsvorschrift, die die Sollwerte der dritten und vierten Folge zumindest näherungsweise auf die
30 Messwerte der ersten und zweiten Folge abbildet oder umgekehrt;

F) Korrektur von Bilddaten eines über eine Optik aufgenommenen Bildes mittels der im Schritt E) ermittelten Abbildungsvorschrift.

35

2. Korrekturverfahren nach Anspruch 1, wobei

- die Strukturen (10) parallel verlaufende Linien (10) sind.

3. Korrekturverfahren nach Anspruch 2, wobei
- die Gerade (4) so simuliert wird, dass sie zumindest eine
der abgebildeten Linien (10') unter einem Winkel von
5 zumindest 80° schneidet.
4. Korrekturverfahren nach einem der vorhergehenden An-
sprüche, wobei
- die Strukturen (10) untereinander äquidistant sind.
10
5. Korrekturverfahren nach einem der vorhergehenden An-
sprüche, wobei
- im Schritt D) die dritte und vierte Folge so vorgegeben
oder ermittelt werden, dass virtuelle Schnittpunkte auf der
15 Geraden (4), die den Sollwerten entsprechende Abstände zum
Referenzpunkt (5) aufweisen, untereinander äquidistant
sind.
6. Korrekturverfahren nach einem der vorhergehenden An-
sprüche,
20 wobei als Referenzpunkt (5) der Schnittpunkt des Kalib-
rierbildes (1') mit einer optischen Achse der Optik (2) oder
eine Bildmitte des Kalibrierbildes (1') gewählt wird.
7. Korrekturverfahren nach einem der vorhergehenden An-
sprüche, wobei im Schritt D) die dritte und vierte Folge
25 derart vorgegeben oder ermittelt werden, dass
- Abstände zwischen benachbarten virtuellen
Schnittpunkten auf der Geraden (4), die den Sollwerten
30 entsprechende Abstände zum Referenzpunkt (5) auf-
weisen, entlang der Geraden (4) monoton und linear zu-
oder abnehmen.
8. Korrekturverfahren nach den vorhergehenden Ansprüchen 6 und
35 7, wobei das Verfahren weiter die Schritte umfasst:

- D1) Ermitteln einer ersten Anzahl n_1 an Schnittpunkten (40) auf der ersten Halbgeraden (41), die innerhalb eines vorgegebenen Maximalabstands (M) vom Referenzpunkt (5) liegen;
D2) Ermitteln einer zweiten Anzahl n_2 an Schnittpunkten (40) auf der zweiten Halbgeraden (42), die innerhalb des vorgegebenen Maximalabstands (M) vom Referenzpunkt (5) liegen;
- die lineare Zu- oder Abnahme dabei derart gewählt wird, dass auf die erste Halbgerade (41) genau n_1 virtuelle Schnittpunkte mit Abständen zum Referenzpunkt von höchstens einem Sollmaximalabstand passen und auf die zweite Halbgerade (42) genau n_2 virtuelle Schnittpunkte mit Abständen zum Referenzpunkt (5) von höchstens dem Sollmaximalabstand passen.
9. Korrekturverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei im Schritt D) die jeweils kleinsten Sollwerte der dritten und vierten Folge so vorgegeben werden, dass
- die Summe dieser beiden kleinsten Sollwerte einem vorgegebenen Wert entspricht, und
- das Verhältnis des kleinsten Sollwertes der dritten Folge zum kleinsten Sollwert der vierten Folge gleich dem Verhältnis des kleinsten Messwertes der ersten Folge zum kleinsten Messwert der zweiten Folge ist.
10. Korrekturverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
wobei im Schritt D) die jeweils kleinsten Sollwerte der dritten und vierten Folge über ein iteratives Verfahren ermittelt werden, wobei als Randbedingung vorgegeben wird, dass die Summe dieser beiden kleinsten Sollwerte einem vorgegebenen Wert entspricht.
11. Korrekturverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei als Abbildungsvorschrift ein Polynom verwendet wird.
12. Korrekturverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei

- mehrere verschiedene Geraden (4) durch das Kalibrierbild (1') simuliert werden und zu jeder Geraden (4) eine erste und eine zweite Folge an Messwerten und eine dritte und vierte Folge an Sollwerten ermittelt wird,

5 - die Folgen jeder Geraden (4) zur Ermittlung der Abbildungsvorschrift herangezogen werden.

13. Vorrichtung (100) zur Korrektur von Bilddaten, die dazu
10 eingerichtet ist, ein Korrekturverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche durchzuführen.

Fig. 1

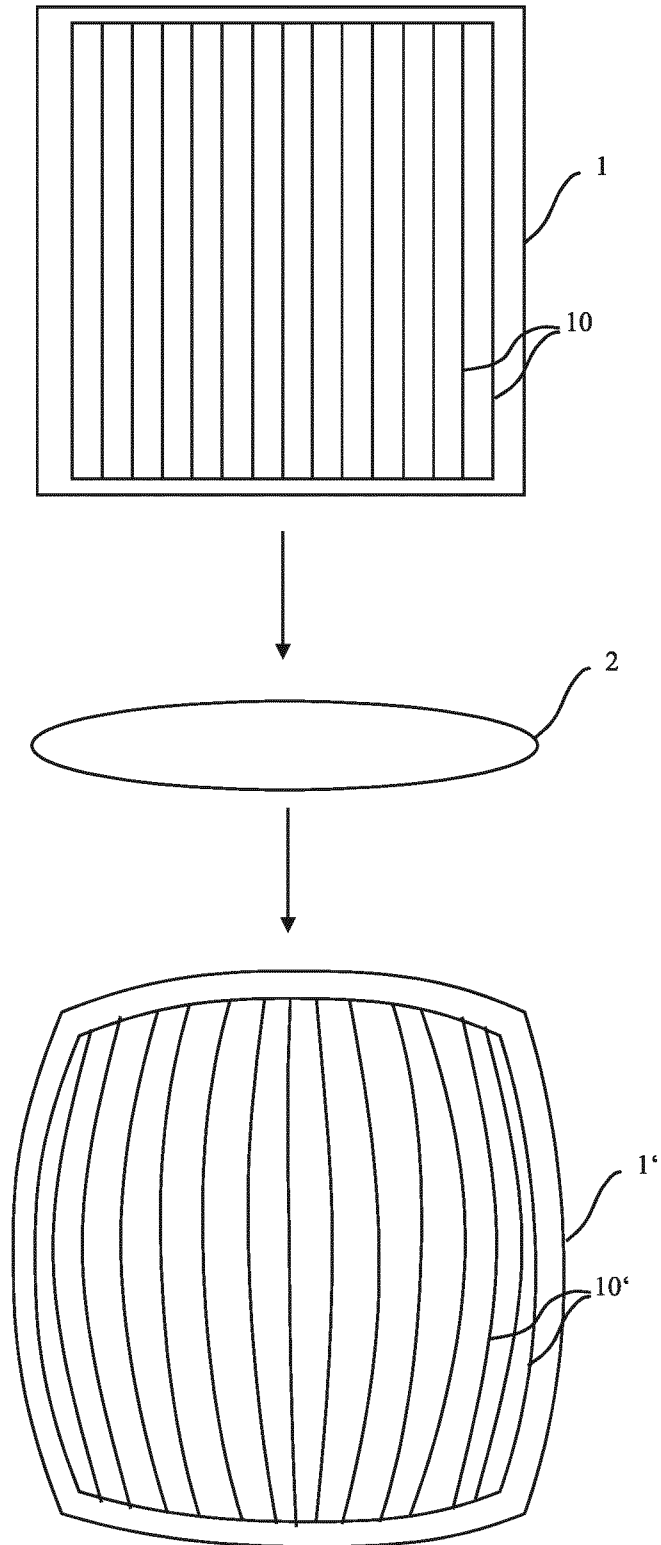


Fig. 2

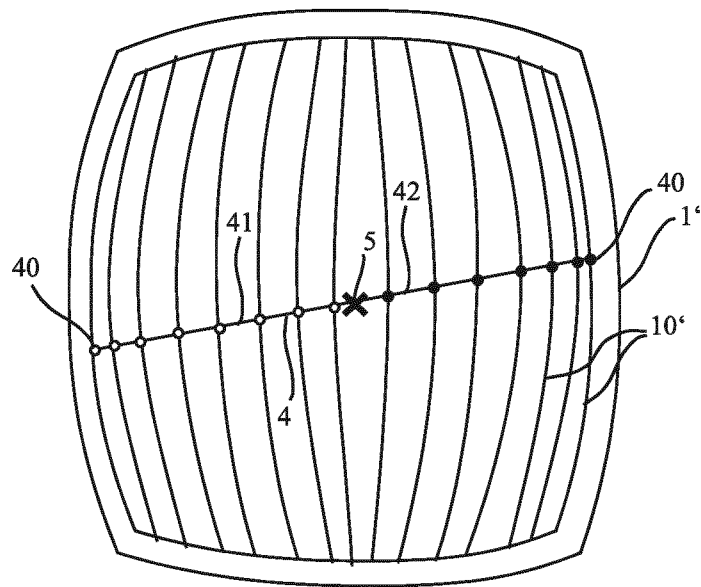


Fig. 3

{7,3 ; 6,8 ; 6,2 ; 5,4 ; 4,4 ; 3,2 ; 1,8 ; 0,2}
 {0,8 ; 2,4 ; 3,8 ; 5,0 ; 6,0 ; 6,8 ; 7,2}

Fig. 4

{7,2 ; 6,2 ; 5,2 ; 4,2 ; 3,2 ; 2,2 ; 1,2 ; 0,2}
 {0,8 ; 1,8 ; 2,8 ; 3,8 ; 4,8 ; 5,8 ; 6,8}

Fig. 6

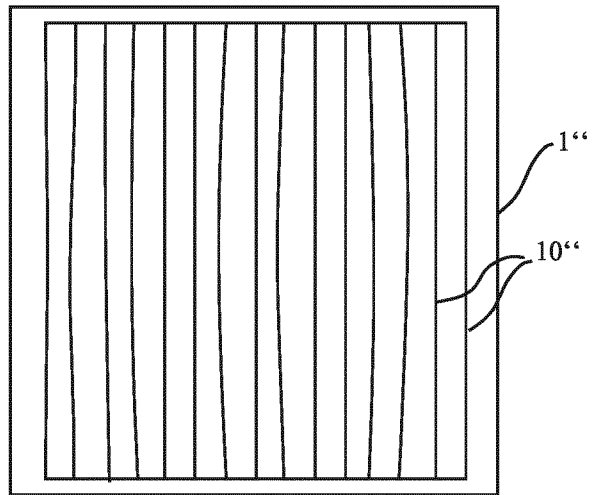


Fig. 7

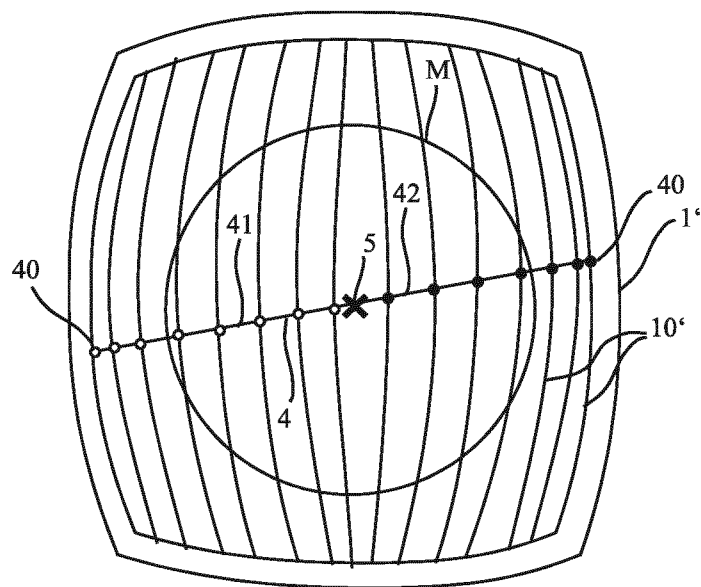


Fig. 8A

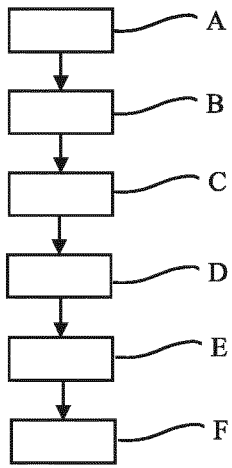


Fig. 8B

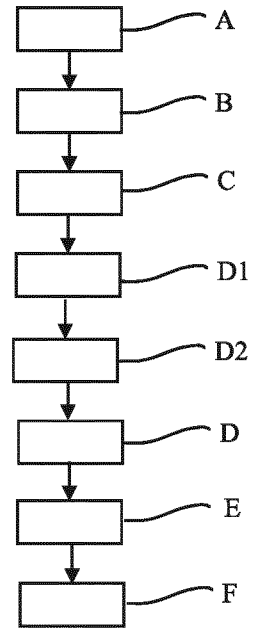
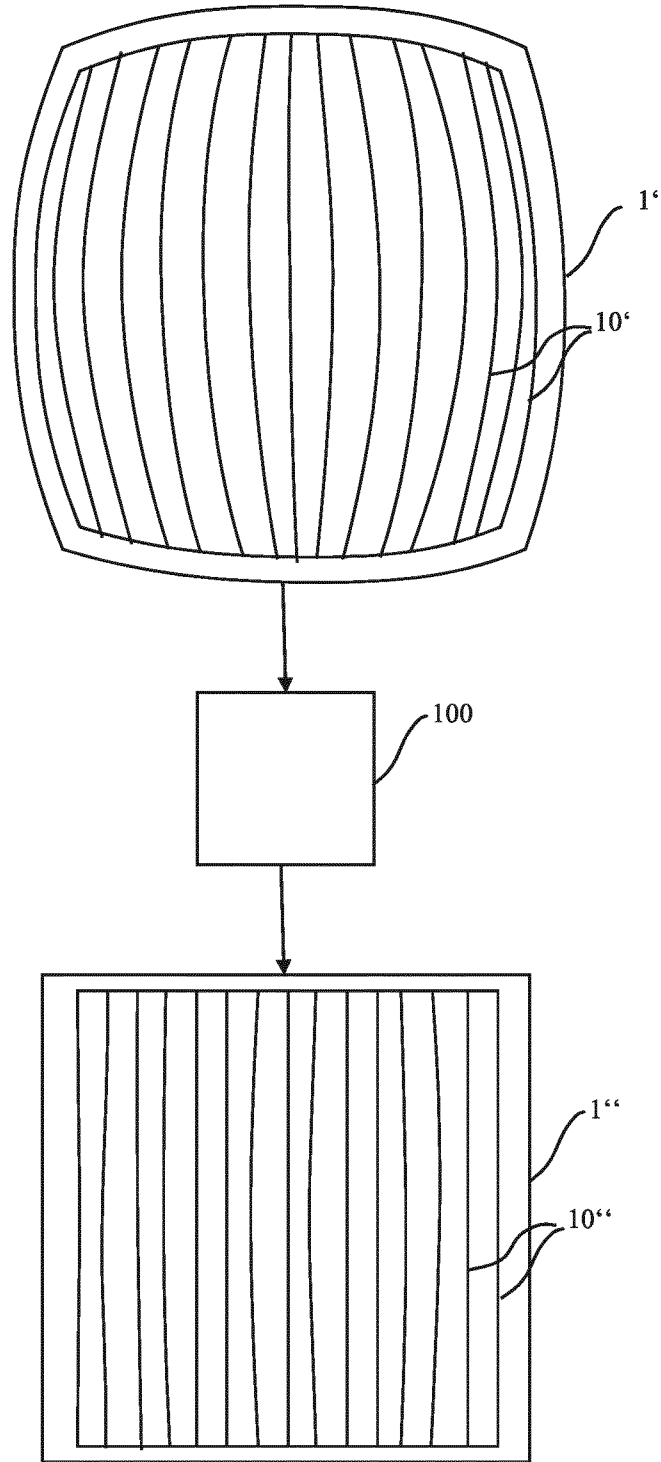


Fig. 9



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/058348

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>G06T 5/00</i> (2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G06T		
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	WANG QUANZENG ET AL. "Development of the local magnification method for quantitative evaluation of endoscope geometric distortion" <i>JOURNAL OF BIOMEDICAL OPTICS, SPIE</i> , Vol. 21, No. 5, 01 May 2016 (2016-05-01), page 56003, [retrieved on 2016-05-09] DOI: 10.1117/1.JBO.21.5.056003 ISSN: 1083-3668, XP060071986 abstract; figure 15 pages 6-7; figures 6,7; table 1	1-13
X	REMY S ET AL. "Estimating the radial distortion of an optical system; effect on a localization process" <i>PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON IMAGE PROCESSING (ICIP) AUSTIN, NOV. 13 - 16, 1; [PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON IMAGE PROCESSING (ICIP)], LOS ALAMITOS, IEEE COMP. SOC. PRESS, US</i> , Vol. 2, 13 November 1994 (1994-11-13), pages 997-1001 DOI: 10.1109/ICIP.1994.413505 ISBN: 978-0-8186-6952-1. XP010146094 abstract; figures 1-6 section 1.2 "Estimation using Cross Ratio"	1-13
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> 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 20 May 2019		Date of mailing of the international search report 29 May 2019
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Krawczyk, Grzegorz Telephone No.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JUNHEE PARK ET AL. "Lens distortion correction using ideal image coordinates" <i>IEEE TRANSACTIONS ON CONSUMER ELECTRONICS, IEEE SERVICE CENTER, NEW YORK, NY, US</i> , Vol. 55, No. 3, 01 August 2009 (2009-08-01), pages 987-991 DOI: 10.1109/TCE.2009.5278053 ISSN: 0098-3063, XP011277853 abstract page 989	1-13
A	QIYUE WANG ET AL. "Radial distortion correction in a vision system" <i>APPLIED OPTICS</i> , WASHINGTON, DC; US, Vol. 55, No. 31, 28 October 2016 (2016-10-28), page 8876 DOI: 10.1364/AO.55.008876 ISSN: 0003-6935, XP055589648 abstract; figure 2	1-13
A	HUGHES C ET AL. "Wide-angle camera technology for automotive applications: a review" <i>IET INTELLIGENT TRANSPORT SYS</i> , Vol. 3, No. 1, 09 March 2009 (2009-03-09), pages 19-31 DOI: 10.1049/IET-ITS:20080017 ISSN: 1751-9578, XP006032372 abstract pages 25-26	1-13

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G06T5/00 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) 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	<p>WANG QUANZENG ET AL: "Development of the local magnification method for quantitative evaluation of endoscope geometric distortion", JOURNAL OF BIOMEDICAL OPTICS, SPIE, Bd. 21, Nr. 5, 1. Mai 2016 (2016-05-01), Seite 56003, XP060071986, ISSN: 1083-3668, DOI: 10.1117/1.JBO.21.5.056003 [gefunden am 2016-05-09] Zusammenfassung; Abbildung 15 Seiten 6-7; Abbildungen 6,7; Tabelle 1 ----- -/-</p>	1-13
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
<p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :</p> <p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"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)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"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</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>"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</p> <p>"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p>		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts	
20. Mai 2019	29/05/2019	
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 Krawczyk, Grzegorz	

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	<p>REMY S ET AL: "Estimating the radial distortion of an optical system; effect on a localization process", PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON IMAGE PROCESSING (ICIP) AUSTIN, NOV. 13 - 16, 1; [PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON IMAGE PROCESSING (ICIP)], LOS ALAMITOS, IEEE COMP. SOC. PRESS, US, Bd. 2, 13. November 1994 (1994-11-13), Seiten 997-1001, XP010146094, DOI: 10.1109/ICIP.1994.413505 ISBN: 978-0-8186-6952-1 Zusammenfassung; Abbildungen 1-6 Abschnitt 1.2 "Estimation using Cross Ratio"</p>	1-13
A	<p>----- JUNHEE PARK ET AL: "Lens distortion correction using ideal image coordinates", IEEE TRANSACTIONS ON CONSUMER ELECTRONICS, IEEE SERVICE CENTER, NEW YORK, NY, US, Bd. 55, Nr. 3, 1. August 2009 (2009-08-01), , Seiten 987-991, XP011277853, ISSN: 0098-3063, DOI: 10.1109/TCE.2009.5278053 Zusammenfassung Seite 989</p>	1-13
A	<p>----- QIYUE WANG ET AL: "Radial distortion correction in a vision system", APPLIED OPTICS, Bd. 55, Nr. 31, 28. Oktober 2016 (2016-10-28), Seite 8876, XP055589648, WASHINGTON, DC; US ISSN: 0003-6935, DOI: 10.1364/AO.55.008876 Zusammenfassung; Abbildung 2</p>	1-13
A	<p>----- HUGHES C ET AL: "Wide-angle camera technology for automotive applications: a review", IET INTELLIGENT TRANSPORT SYS.,, Bd. 3, Nr. 1, 9. März 2009 (2009-03-09), Seiten 19-31, XP006032372, ISSN: 1751-9578, DOI: 10.1049/IET-ITS:20080017 Zusammenfassung Seiten 25-26</p> <p>-----</p>	1-13