

(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. Juli 2014 (17.07.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/108130 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
G06T 7/00 (2006.01) **B60W 40/10** (2012.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2014/200001
- (22) Internationales Anmeldedatum:
14. Januar 2014 (14.01.2014)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2013 100 344.3
14. Januar 2013 (14.01.2013) DE
- (71) Anmelder: **CONTI TEMIC MICROELECTRONIC GMBH** [DE/DE]; Sieboldstraße 19, 90411 Nürnberg (DE).
- (72) Erfinder: **LANGE, Frederik**; Schongauer Straße 3, 90408 Nürnberg (DE). **STÜCK, Robert**; Immanuel-Kant-Str. 9, 88131 Lindau (DE). **EXNER, Christian**; Bettbauer Straße

8, 88131 Bodolz (DE). **BACHMANN, Alexander**; Paradiesweg 19, 88131 Lindau (DE). **BARATOFF, Gregory**; Am Erlenbach 14/3, 88239 Wangen (DE).

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

(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** METHOD FOR DETERMINING DEPTH MAPS FROM STEREO IMAGES WITH IMPROVED DEPTH RESOLUTION IN A RANGE

(54) **Bezeichnung** : VERFAHREN ZUR BESTIMMUNG VON TIEFENKARTEN AUS STEREOBILDERN MIT VERBESSERTER TIEFENAUFÖSUNG IN EINEM BEREICH

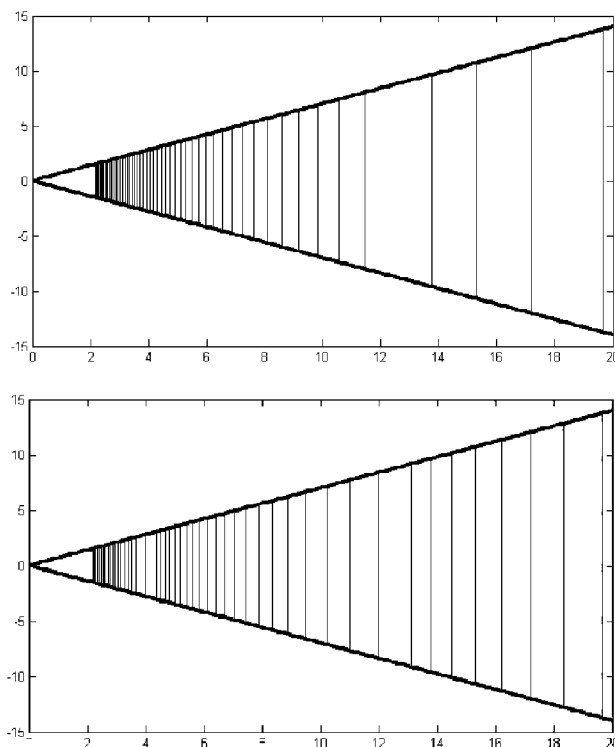


Fig. 2

(57) **Abstract:** The invention relates to a method for determining a depth map from stereo images. The disparity for a pixel is determined from a discrete quantity of predefined disparity values, said disparity values are distributed over the entire predefined value range and the distribution has at least two different distances between adjacent disparity values. One advantage of the method according to the invention is that it allows only those disparities for which a more precise determination is required to be more precisely calculated.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung einer Tiefenkarte aus Stereobildern. Die Disparität für einen Pixel wird aus einer diskreten Menge von vorgegebenen Disparitätswerten bestimmt wird und diese Disparitätswerte über den gesamten vorgegebenen Disparitätswertebereich verteilt sind und diese Verteilung zwischen benachbarten Disparitätswerten mindestens zwei unterschiedliche Abstände aufweist. Ein Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens liegt darin, dass mit dem Verfahren nur die Disparitäten genauer berechnet werden können, für die auch eine genauere Bestimmung notwendig ist.

WO 2014/108130 A1



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

Verfahren zur Bestimmung von Tiefenkarten aus Stereobildern
mit verbesserter Tiefenauflösung in einem Bereich

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung einer
5 Tiefenkarte aus Stereobildern.

Bei Fahrerassistenzsystemen mit einer Stereokamera werden die
Stereobilder zur Berechnung eines Tiefenbildes verwendet. Ein
Tiefenbild ist für viele Funktionen eines
10 Fahrerassistenzsystems sehr hilfreich, hierzu gehört die
Kollisionsvermeidung, das Folgen von anderen Fahrzeugen, etc.

Zur Bestimmung einer Tiefenkarte aus Stereobildern können
verschiedene Korrelationsverfahren verwendet werden.
15 Diese Algorithmen unterscheiden sich hinsichtlich der
Qualität und Dichte der berechneten Tiefenkarte. Zusätzlich
variiert die benötigte Rechenleistung und der benötigte
Arbeitsspeicher für die Berechnungen.

20 Es gibt grundsätzlich folgende Klassen von
Korrelationsverfahren:

1. Lokale Korrelationsverfahren
2. Globale oder Semi-Globale Verfahren mit festgelegten
25 Disparitäten/Labels (Diskrete Optimierungsverfahren)
3. Globale Verfahren mit kontinuierlichen Disparitäten
(Kontinuierliche Optimierungsverfahren, z. B. Konvexe
Optimierung)

30 Auf die Vor- und Nachteile der einzelnen Gruppen und
Verfahren wird hier nicht weiter eingegangen.

Eine Disparität bezeichnet den Abstand bzw. die Verschiebung
gleicher Bildobjekte zwischen linkem und rechtem Stereobild.

Bei einer kalibrierten Stereokamera (wovon im Folgenden ausgegangen wird) sind nur die horizontalen Abstände zu berücksichtigen, also die Abstände in einer Zeile.

- 5 Für den praktischen Einsatz haben sich die Algorithmen aus der 2. Gruppe als besonders geeignet erwiesen. Besonders SGM (Semi Global Matching) gilt als der praktikabelste Algorithmus für den Einsatz in Echtzeitsystemen.
- 10 Er bietet sowohl eine hohe Qualität der Tiefenkarte als auch im Vergleich zu den meisten anderen Algorithmen einen geringen Bedarf an Rechenleistung und Arbeitsspeicher. Auf einem FPGA (Field Programmable Gate Array) einer aktuell verfügbaren Fahrerassistenzkamera läuft er in Echtzeit mit
- 15 ca. 16 FPS (Frames per second also Bildern/Sekunde). Eine Berechnung in Echtzeit auf einem Signalprozessor ist auf absehbare Zeit nicht realisierbar.

- De facto gibt es für den Einsatz von SGM aktuell keine
- 20 Alternative, die nicht erhebliche Nachteile mit sich bringen würden. SGM ist Stand der Technik und ist im Einsatz weit verbreitet.

- Bei den Algorithmen der 2. Kategorie und insbesondere SGM
- 25 werden die Disparitäten als ganzzahlige Verschiebungen der Pixel im Bild bestimmt. Dafür wird pro Pixel und Disparität in einem ersten Schritt ein Vergleichsoperator angewendet. In der Praxis und nach Stand der Technik hat sich der Census-Operator als besonders robuster Vergleichsoperator erwiesen.
- 30

Angenommen das rechte Bild ist der Referenzframe und (x, y) eine Bildkoordinate. Für jeden Pixel $P_r(x, y)$ im rechten Bild wird der Census-Operator bestimmt. Im linken Bild wird der

Census-Operator für die Pixel $P_l(x+d,y)$ mit $d=0,\dots,d_{\max}$ bestimmt und mit dem Census aus dem rechten Bild verglichen.

Es ergibt sich damit ein Kostenmaß $C(x,y,d)$ pro Pixel und Disparität. Für das gesamte Bild ergibt sich damit ein

5 dreidimensionaler Raum, der Kostenvolumen genannt wird.

Basierend auf diesem Kostenvolumen führt SGM eine Optimierung durch, die pro Pixel eine Disparität als Ergebnis bestimmt.

SGM bestimmt dabei anhand einer Interpolation der internen Kosten, die für ganzzahlige und gleichmäßig verteilte

10 Disparitäten vorliegen, zusätzlich zu den ganzzahligen Disparitätswerten eine sub-Pixel genaue Disparität.

Die Disparität gibt nicht direkt die Entfernung z des nächsten Objektes zur Kamera ($z=0$) an. Der Zusammenhang ist

15 reziprok:

$$z = C_1 * 1/(d+C_2) \quad (1)$$

wobei C_1 und C_2 Konstanten sind. Bei einer kalibrierten

20 Stereokamera gilt $C_2=0$.

$C_1=f*b$ hängt bei einer kalibrierten Kamera von folgenden Parametern ab:

25 f Fokale Länge in Pixeln
 b Basisbreite

Die Genauigkeit der Tiefenmessung ist daher von der Tiefe abhängig. Im Nahbereich erzielt man eine höhere Genauigkeit als im Fernbereich. Gegeben eine maximale Disparität $d_{\max}$

30 hängt auch die minimal bestimmbare Distanz $z_{\min}$ von C_1 ab.

Aus den Anforderungen an ein Kamerasystem ist $z_{\min}$ vorgegeben. Eine minimale, bestimmbare Distanz muss erreicht werden können.

In der Praxis hat sich die Genauigkeit im Fernbereich als besonders kritisch herausgestellt. Die Genauigkeit im Nahbereich ist für den Einsatz in Fahrerassistenzsystemen
5 mehr als ausreichend.

Nach dem Stand der Technik gibt es mehrere Techniken, die Genauigkeit zu erhöhen. Diese werden mit ihren Vor- und Nachteilen im Folgenden dargestellt:

10 1. Interpolation der Kosten

Für jeden Pixel wird die von SGM bestimmte Disparität ausgewählt. Diese Disparität wird unter Betrachtung der
15 Kosten der benachbarten Disparitäten verfeinert. Dazu kann eine quadratische Interpolation mit Minima-Suche der drei Disparitäten erfolgen. Andere Interpolationsschema (equi-angular fit) sind auch möglich. Details sind in Heiko Hirschmüller, Accurate and Efficient Stereo Processing by
20 Semi-Global Matching and Mutual Information, in Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 20-26 June 2005, San Diego, CA, USA, Volume 2, pp. 807-814 beschrieben, Verbesserungen finden sich z.B. in Stefan K. Gehrig, Uwe Franke, Improving Stereo Sub-Pixel
25 Accuracy for Long Range Stereo ICCV 2007.

Der Vorteil dieses Verfahrens ist die einfache und ressourcensparende Implementierung. Nachteilig ist, dass dieses Verfahren oft die Ergebnisse nicht wesentlich
30 Verbessern kann. Einer der Hauptgründe ist der Effekt vom "Pixel-Locking", eine Artefaktbildung bei der sub-Pixel Interpolation von Objekten, die durch eine relativ geringe Anzahl an Pixeln im Bild repräsentiert sind. Durch das Pixel-

Locking sind bestimmte interpolierte Positionen (wie z.B. Mittelpunkte oder Kantenpunkte der Pixel) überrepräsentiert.

2. Feineres Abtasten der Disparitäten

5

In Stefan K. Gehrig, Uwe Franke, Improving Stereo Sub-Pixel Accuracy for Long Range Stereo ICCV 2007 wird auch beschrieben, dass durch feineres Abtasten der Disparitäten die Genauigkeit der Tiefenkarte deutlich verbessert werden kann.

10

Das Kostenvolumen wird hierbei in die Dimension d der Disparität feiner aufgelöst, es werden Zwischenschritte mit 0,5 oder 0,25 Disparitäten eingefügt. Die Kosten der Zwischenschritte werden in dem Beispiel aus den benachbarten Kosten interpoliert. Als Ergebnis enthält das Kostenvolumen damit 2 bzw. 4 mal mehr Disparitäten.

15

Der Nachteil des feineren Abtastens ist, dass der Bedarf an Ressourcen, also Rechenleistung, Speicher und Speicherbandbreite, linear mit der Anzahl der Disparitäten steigt.

20

3. Sub-Pixel Verfeinerung

25

Ausgehend von einer initialen Disparitätskarte können die Disparitäten lokal verfeinert werden. Dazu werden lokale Korrelationsverfahren auf den beiden Bildern eingesetzt.

30

Diese Verfahren funktionieren allerdings nur in Bildbereichen mit einem hohen Kontrast, d. h. an Kanten, etc. In der Praxis ist es daher unrealistisch mit solchen Verfahren eine Disparitätskarte dicht zu verfeinern.

4. Hierarchisches Verfeinerungsschema

In Stefan K. Gehrig, Clemens Rabe, Real-time Semi-Global Matching on the CPU, CVPR 2010 ist ein Verfahren beschrieben, bei dem die Disparitäten im Nahbereich mit einer geringeren Auflösung als im Fernbereich bestimmt werden.

Allerdings gilt dies nicht nur für die Disparitäten, sondern auch für die xy-Auflösung der Pixel. Kleinere Objekte im Nahbereich können so eventuell nicht erkannt werden.

In DE 103 10 849 A1 wird ein Verfahren zur photogrammetrischen Abstands- und/oder Positionsbestimmung gezeigt, welches eine hierarchische Messbereichsanpassung umsetzt. Hierbei werden aus einem ursprünglichen Referenz- und Such-Grauwertbildpaar p neue Paare mit immer stärker reduzierter Auflösung erzeugt.

In allen Auflösungsstufen werden nun Ähnlichkeitsmaße für Referenzbildblöcke mit gleichgroßen Suchbildblöcken bestimmt, wobei die Suchbildblöcke im jeweiligen Such-Grauwertbildpaar jeweils in Zeilenrichtung mit einer Schrittweite von einem Pixel verschoben werden. Die Disparität für einen Referenzblock wird bestimmt, indem Folgen von Ähnlichkeitsmaßen für die diesen Referenzblock nach Extremwerten durchsucht werden, wobei für alle

Auflösungsstufen außer der ursprünglichen Auflösungsstufe jeweils ein Bereich zu Beginn der Folge von Ähnlichkeitsmaßen, der bereits in der vorhergehenden Auflösungsstufe erfasst wurde, von der Suche ausgenommen wird. Aus dem Ort des ermittelten Extremwerts wird die Position des zugehörigen Objektpunktes in an sich bekannter Weise bestimmt.

Nachteilig ist bei diesem lokalen Verfahren der hohe Aufwand bei der Generierung der p Bildpaare mit reduzierter Auflösung und der hohe Iterationsbedarf zur Disparitätsbestimmung.

5. Berechnung von Übersichts- und Lupenkarte

In DE 10 2008 015 535 A1 wird beschrieben, dass man eine
5 Übersichtskarte und eine Lupenkarte getrennt berechnen kann.
Die Übersichtskarte arbeitet dabei auf der halben Auflösung
über den gesamten Bildbereich und die Lupenkarte in der
vollen Auflösung, allerdings nur in einem variablen
Ausschnitt des Bildes.

10

Die Nachteile des Verfahrens sind, dass die Lupenkarte nicht
für das gesamte Bild vorliegt und dass der Aufwand an
Ressourcen durch die Berechnung der Lupenkarte verdoppelt
wird bzw. dass in zwei separaten Schritten zunächst das
15 Gesamtbild mit reduzierter Auflösung und anschließend die
Lupenkarte mit erhöhter Auflösung berechnet werden.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zur
Bestimmung einer Tiefenkarte aus Stereobildern anzugeben,
20 welches über einen großen Entfernungsbereich eine bessere
Auflösung bietet, ohne dass dafür die Nachteile der aus dem
Stand der Technik bekannten Verfahren in Kauf genommen werden
müssen.

25 Ein Ausgangspunkt für das erfindungsgemäße Verfahren ist das
unter 2. beschriebene Verfahren, wobei allerdings dessen
Nachteile bezüglich der Ressourcen vermieden werden sollen.
Wie eingangs beschrieben bestehen die Genauigkeitsprobleme
nur in einem einzelnen Bereich, z.B. im Fernbereich.

30

Eine Grundidee der Erfindung ist, nicht alle Disparitäten
feiner abzutasten, sondern nur für Bereiche, bei denen die
Genauigkeit erhöht werden soll.

Eine alternative Grundidee der Erfindung besteht darin, aus einem Stereobildpaar ein Referenzbild und ein Suchbild zu erzeugen, wobei die Auflösung (insbesondere horizontal) des Referenzbilds um einen ganzzahligen Faktor k verkleinert ist gegenüber der des Suchbilds. Dadurch wird eine Disparitätsbestimmung mit einer Genauigkeit von $1/k$ (Pixeln) mittels eines Vergleichs-/Ähnlichkeitsoperators direkt ohne Interpolation möglich.

Ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Bestimmung einer Tiefenkarte aus Stereobildern sieht vor, dass die Disparität aus einer diskreten Menge von vorgegebenen Disparitätswerten bestimmt wird. Die vorgegebenen Disparitätswerte sind über den gesamten vorgegebenen Disparitätswertebereich verteilt und diese Verteilung weist zwischen benachbarten Disparitätswerten mindestens zwei unterschiedliche Abstände auf. Als Disparität wird hier die Verschiebung gleicher Bildobjekte zwischen linkem und rechtem Stereobild bezeichnet. Vorteilhaft ist bei einer kalibrierten Stereokamera nur die Verschiebung in einer Zeile zu berücksichtigen. Die Disparität wird bevorzugt pixelweise (also bezogen auf einen Pixel des Ausgangsbildes, z.B. des rechten Stereobilds) ermittelt. Der Wert der ermittelten Disparität kann ein ganzzahliger Pixelwert sein, bevorzugt enthält die Menge an vorgegebenen Disparitätswerten aber auch sub-Pixelwerte, wie z.B. Verschiebungen um halbe oder viertel Pixel.

Mit anderen Worten kann das erfindungsgemäße Verfahren folgendermaßen beschrieben werden: Disparitäten werden aus mindestens einem Stereobildpaar bestimmt, wobei die vorgegebenen möglichen (diskreten) Disparitätswerte nicht uniform über den gesamten Disparitätswertebereich verteilt sind.

Der Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens wird darin gesehen, dass die Abstufung der Disparitätswerte und damit die Tiefenauflösung an den Entfernungsbereich angepasst
5 werden kann.

In einer vorteilhaften Ausführungsform sind die Abstände bzw. Intervalle zwischen zwei benachbarten Disparitätswerten, in denen Disparitäten für einen Fernbereich bestimmt werden,
10 kleiner als die übrigen Abstände zwischen zwei benachbarten Disparitätswerten. Im Fernbereich sind die Verschiebungen bzw. Disparitäten klein, was die Tiefenauflösung begrenzt. Durch eine feinere Verteilung der vorgegebenen Verschiebungswerte, insbesondere im sub-Pixelbereich, im
15 Fernbereich kann hier die Tiefenauflösung gezielt verbessert werden.

Dies ist für eine Anwendung des Verfahrens in stereokamerabasierten Fahrerassistenzsystemen besonders
20 vorteilhaft, da hier eine höhere Auflösung im Fernbereich benötigt wird, um weiter entfernt befindliche Objekte besser räumlich auflösen zu können.

Um die insgesamt zu berechnende Anzahl an Disparitäten gleich
25 zu halten und ohne die minimal berechenbare Nah-Grenze zu erhöhen, kann dazu vorteilhaft die Abtastung im Nahbereich verringert werden. Abstände bzw. Intervalle zwischen zwei benachbarten Disparitätswerten, in denen Disparitäten für einen Nahbereich bestimmt werden, können also größer als die
30 übrigen Abstände zwischen zwei benachbarten Disparitätswerten sein (indem die diskreten Disparitätswerte entsprechend verteilt vorgegeben werden).

Ein Fernbereich kann insbesondere mindestens 10 Meter von der Stereokamera entfernt sein, mit der die Stereobilder aufgenommen werden. Ein Nahbereich kann insbesondere maximal 5 Meter von der Stereokamera entfernt sein.

5

Vorteilhaft kann zumindest ein Intervall bzw. Abstand zwischen zwei benachbarten Disparitätswerten eine Länge unterhalb eines Pixels aufweisen (sub-Pixel).

- 10 Bevorzugt werden Vergleichs-/Ähnlichkeitskosten für eine Disparität in dem Stereo-Bildpaar durch einen geeigneten Vergleichsoperator bestimmt, vorteilhaft durch den Census-Operator. Der Disparitätswert für einen Pixel kann dann als derjenige mit den geringsten Vergleichs-/Ähnlichkeitskosten
15 ermittelt werden.

- Vorzugsweise werden Vergleichs-/Ähnlichkeitskosten für sub-Pixel Disparitäten aus dem Vergleichs-/Ähnlichkeitskosten der benachbarten, ganzzahligen Disparitäten durch Interpolation
20 bestimmt werden und die Vergleichs-/Ähnlichkeitskosten der ganzzahligen Disparitäten durch einen geeigneten Vergleichsoperator aus dem Stereo-Bildpaar bestimmt.

- Vorteilhaft werden bei der Vorgabe der Abstände bzw.
25 Intervalle innerhalb der vorgegebenen Disparitätswertemenge Effekte durch Über- bzw. Unterabtastung berücksichtigt.

- In einer bevorzugten Ausführungsform werden die Disparitäten mittels einer globalen oder semiglobalen Matchings bzw.
30 Korrespondenzverfahrens bestimmt.

Bevorzugt wird zur Ermittlung sämtlicher Disparitäten der Tiefenkarte eines Stereobilds oder auch aller Stereobilder

immer dieselbe (nicht uniforme) Disparitätswerte Verteilung verwendet.

In einer vorteilhaften Ausführungsform werden aus einem
5 Stereobildpaar ein Referenzbild und ein Suchbild erzeugt,
wobei die Auflösung (insbesondere horizontal) des
Referenzbilds um einen ganzzahligen Faktor k verkleinert ist
gegenüber der des Suchbilds. Disparitätswerte werden mit
einer Genauigkeit von $1/k$ Pixeln auf Basis des Referenz- und
10 des Suchbilds bestimmt.

Die Erfindung umfasst ferner eine Vorrichtung umfassend eine
Stereokamera zur Aufnahme und eine Bestimmungseinheit, wobei
die Bestimmungseinheit zur Auswertung von mit der
15 Stereokamera aufgenommenen Stereobildern gemäß dem
erfindungsgemäßen Verfahren ausgebildet ist.

Prinzipiell entsprechen die Disparitäten für einen Pixel im
Kostenvolumen einem Satz von möglichen Labels für einen
20 Pixel. SGM berechnet die Zuweisung der Labels zu den Pixeln.
Für jedes Label werden die Kosten der Zuweisung des Labels
für den Pixel bestimmt. Am Ende wird das Label mit den
geringsten Kosten ausgewählt.

Bei SGM und allen bekannten Verfahren, die feste Label für
25 die Disparitäten verwenden, sind die Label uniform über die
Disparität verteilt.

Ein kontinuierlicher Wert, nämlich die Disparität wird damit
in durch die Label vorgegebene, uniforme Intervalle
eingeteilt.

30

Durch das erfindungsgemäße Vorgehen sind die Intervalle über
die Disparität nicht mehr uniform. Die Intervalle der Label
(bzw. Abstände zwischen zwei benachbarten Disparitätswerten)
werden im Prinzip frei wählbar.

Effekte durch Unter- oder Überabtastung können bei der Wahl der Intervalle berücksichtigt werden. Alternativ können die Eingangsbilder auch entsprechend gefiltert werden. Dies ist
5 besonders bei der Unterabtastung wichtig.

Die Kosten für die Disparitäten können wie in Stefan K. Gehrig, Uwe Franke, Improving Stereo Sub-Pixel Accuracy for Long Range Stereo ICCV 2007 beschrieben aus den Kosten der
10 benachbarten Disparitäten interpoliert werden. Insbesondere kann durch das Fitten einer Parabel durch wertmäßig benachbarte Kosten und Berechnung des Minimalwerts der Kosten eine sub-Pixel-genaue Bestimmung der Disparitäten erfolgen. Alternativ können sie auch direkt im Bild bestimmt werden.
15 Dabei ist es vorteilhaft wenn die Disparitäten und damit die Kosten nur für Ganzzahlige Pixelindizes bestimmt werden. Es sind auch Kombinationen beider Verfahren zur Bestimmung der Kosten für die Disparitäten denkbar.

20 Anpassungen bei der Regularisierung können gegebenenfalls vorgenommen werden. Bei SGM werden als Regularisierung für Disparitätssprünge die (adaptiven) Strafterme $P1$ ($\Delta_d = 1$) und $P2$ ($\Delta_d > 1$) verwendet (siehe Formel (11) in Heiko Hirschmüller, Accurate and Efficient Stereo Processing by
25 Semi-Global Matching and Mutual Information, in Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 20-26 June 2005, San Diego, CA, USA, Volume 2, pp. 807-814). Es kann von Vorteil sein, diese an die Sampling-Intervalle zu adaptieren oder durch weitere
30 Strafterme zu ergänzen.

Im Folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung und die daraus folgenden Vorteile beispielhaft dargestellt und anhand von Figuren näher erläutert. Dafür wird die

Genauigkeit der Ergebnisse zwischen uniformer Verteilung der Disparitäten und nicht-uniformer Verteilung gemäß eines Ausführungsbeispiels der Erfindung verglichen.

5 Es werden folgende Annahmen getroffen:

Auflösung der Disparitätskarte: 512*256 Pixel

Auflösung des Bildes: 1024*512, 512*256

Anzahl der Disparitäten (Label): 64 (0..63)

10 Basisbreite b: 12cm

Fokale Länge f: 1145

Vergleichsoperator: Census (Fenstergröße x=9, y=7)

Uniformes Sampling:

15 Jede Disparität entspricht hier einer Verschiebung von einem Pixel im Bild. Die Bilder werden mit 512 Pixeln pro Zeile verwendet. Dieses Bild wird aus dem Originalbild mit einer Auflösung von 1024 Pixeln pro Zeile durch Filterung mit anschließender Unterabtastung erzeugt.

20

Nicht-uniformes Sampling:

Die Auflösung der Disparität (bzw. der Abstand zwischen zwei benachbarten Disparitätswerten) wird nach folgenden Intervallen (bzw. Disparitätswertebereichen) festgelegt:

25

Intervalle in Pixeln	Auflösung der Disparität (bezogen auf eine Auflösung von 512 Pixeln pro Zeile)
0-10.5	0.5
10.5-31.5	1
31.5-63	1.5

Das rechte Referenz-Bild wird wie für das uniforme Sampling verwendet.

Das linke Bild wird mit 1024 Pixeln pro Zeile verwendet.

5 Dieses Bild wird aus dem Originalbild mit einer Auflösung von 1024 Pixeln pro Zeile durch Filterung erzeugt. Es wird nur jede zweite Zeile berechnet.

Wegen der doppelten Auflösung pro Zeile kann im linken Bild der Census-Operator auch direkt ohne Interpolation für

10 Disparitäten von 0.5, 1.5, etc. bestimmt werden. Das wurde bei der Wahl der Intervalle und der Auflösung der Disparität berücksichtigt. Die maximale Disparität ist auch hier durch die Intervalle bzw. Abstände zwischen benachbarten Disparitätswerten in den unterschiedlichen

15 Disparitätswertebereichen als 63 vorgegeben. Es kann also der gleiche Entfernungsbereich abgebildet werden.

Nachdem die Disparitäten berechnet sind, wird die Ausgabe auf ein neutrales Format zurückgerechnet.

20 Wie die Label für die Disparitäten dann belegt sind, ist bei der Ausgabe nicht sichtbar und transparent für die nachfolgenden Verarbeitungsschritte. Transparent bedeutet hierbei, dass die auf der Disparitätskarte aufbauenden Algorithmen das nicht-uniforme Sampling nicht berücksichtigen
25 müssen.

Es zeigen

Fig. 1: Beispielhafte Darstellung des Kostenvolumens und Zuweisung der Label. Oben: Uniformes Sampling, Unten: Nicht-uniformes Sampling gemäß der Erfindung;

Fig. 2: Entfernungen, die Disparitäten im Kostenvolumen entsprechen. Oben: Uniformes Sampling Unten: Nicht-uniformes
30 Sampling gemäß der Erfindung;

Fig. 3: Zuordnung der Label zu den Disparitäten und

Fig. 4: Vergleichsmessung zwischen uniformen und nicht-uniformen Sampling.

Fig. 1 zeigt beispielhaft die Zuordnung der Label zu den
5 Disparitäten im Kostenvolumen. Die xy-Ebene stellt die Pixel-Ebene im Bild dar. Die d-Achse entspricht der Disparität. Jeder Voxel (Volumen-Element x-y-d) beinhaltet einen Kostenwert für ein Label. Oben ist die uniforme Verteilung der Label zu den Disparitäten dargestellt. Unten die nicht-
10 uniforme Verteilung mit drei unterschiedlichen Sampling-Stufen.

Fig. 2 stellt die Entfernungen für die Disparitäts-Label dar. Auf der Abszisse ist die Entfernung zur Stereokamera
15 angegeben. Auf der Ordinate ist eine Richtung senkrecht zur optischen Achse der Stereokamera angegeben. Die begrenzenden Geraden charakterisieren also das Sichtfeld der Stereokamera. Die vertikalen Linien entsprechen einzelnen vorgegebenen Disparitäten. Es ist zu sehen, dass die Tiefenmessung für
20 nicht-uniformes Sampling (unten) bei weiter entfernten Bereichen doppelt so genau aufgelöst ist.

In Fig. 3 wird die Zuordnung der Label zu den Disparitäten für das gegebene Beispiel gezeigt (vgl. Werte in der
25 Tabelle). Die Punkte, die eine diagonale Linie bilden, gelten für das uniforme Sampling, die Punkte, die oberhalb der diagonalen Linie verlaufen, für das nicht-uniforme Sampling.

Fig. 4 zeigt die Ergebnisse bei realen Messungen. Bei dem
30 Test wurde mit einem Fahrzeug auf ein Target zugefahren. Aufgetragen ist die gemessene Distanz in Metern über die Referenzdistanz (tatsächliche Distanz) in Metern. Die Distanz zu dem Target wurde mit einem Referenzsensor genau bestimmt (durchgezogene Gerade). Die Messkurve ohne Hervorhebung der

Messpunkte zeigen die Messungen von SGM mit uniformen Sampling. Zu erkennen ist, dass die Entfernungsbestimmung im Bereich bis etwa 15 Meter ohne nennenswerte Abweichungen funktioniert. Bei größeren Entfernungen treten jedoch

5 zunehmend Abweichungen auf, wobei die Messkurve typischerweise Stufen aufweist (ca. bei 20m, 27m, 47m und bei 118m). Vor diesen Stufen ist jeweils die gemessene Distanz geringer als die tatsächliche und nach den Stufen ist die gemessene Distanz größer als die tatsächliche. Das liegt vor
10 allem daran, dass bei der uniformen Abtastung für große Entfernungen nur noch wenige Pixel für große Distanzunterschiede maßgeblich sind.

Die Messkurve mit Hervorhebung der Messpunkte zeigt die Messwerte von dem angepassten SGM mit nicht-uniformen
15 Sampling wie im Beispiel beschrieben. Die Abweichungen dieser Messungen sind stets geringer als beim uniformen Sampling. Die Verbesserung der Genauigkeit im Fernbereich ist deutlich zu sehen.

20 Das Verfahren bietet den Vorteil, dass nur die Disparitäten genauer berechnet werden, für die auch eine genauere Bestimmung notwendig ist. Bei verdoppelter Auflösung im Fernbereich ergibt sich eine Ersparnis von nahezu 50% an Rechenressourcen gegenüber einer Implementierung mit einer
25 insgesamt verdoppelten Auflösung. Bei vervierfachter Auflösung sind es nahezu 75%.

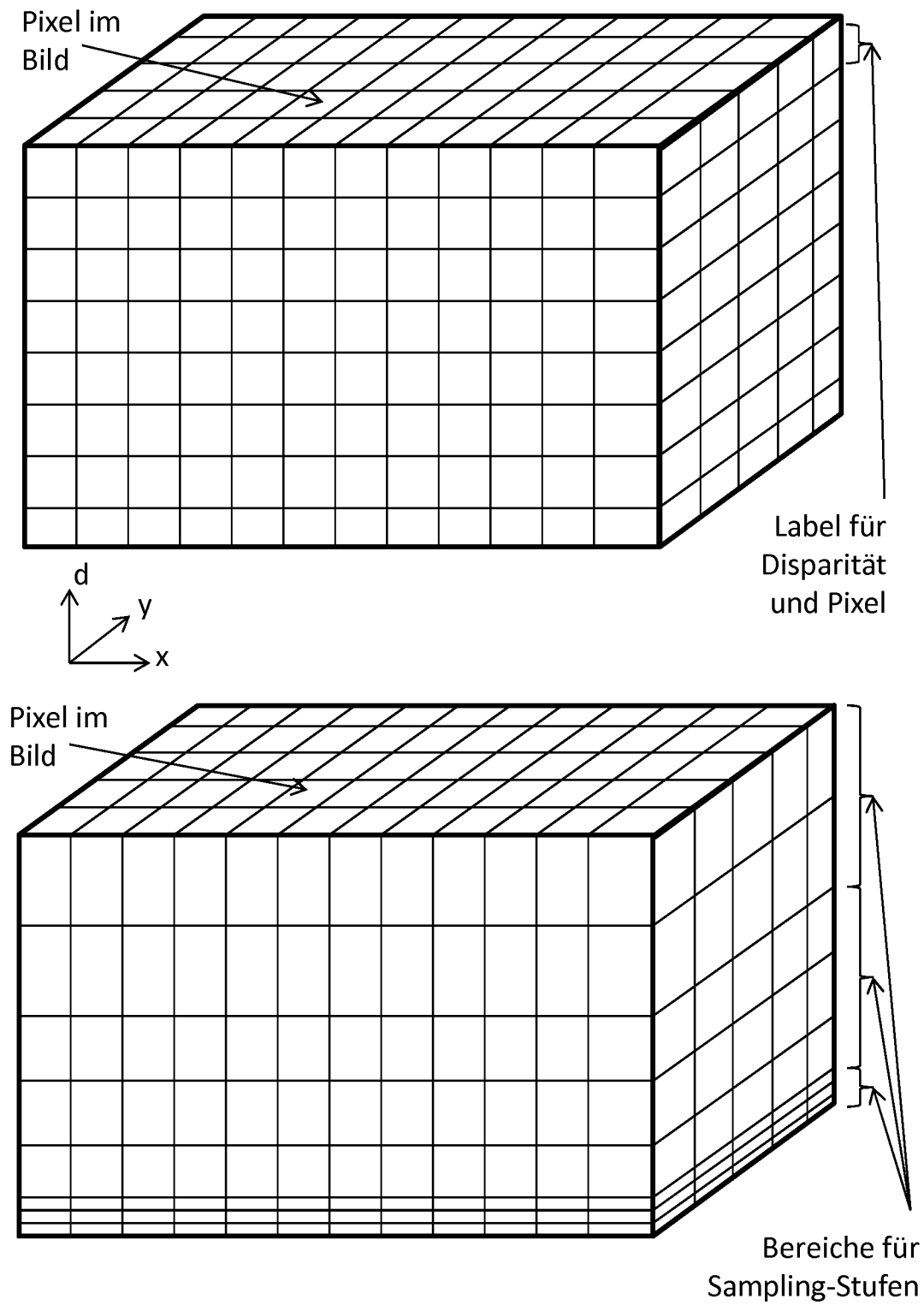
Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung einer Tiefenkarte aus Stereobildern, wobei die Disparität (für einen Pixel) aus einer diskreten Menge von vorgegebenen Disparitätswerten bestimmt wird und diese Disparitätswerte über den gesamten vorgegebenen Disparitätswertebereich verteilt sind und diese Verteilung zwischen benachbarten Disparitätswerten mindestens zwei unterschiedliche Abstände aufweist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Intervalle (Abstände) zwischen den benachbarten Disparitäten im Fernbereich kleiner sind als die im Nahbereich.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zumindest ein Intervall (Abstand) eine Länge unterhalb eines Pixels aufweist (sub-Pixel).
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Vergleichs-/Ähnlichkeitskosten für eine Disparität in dem Stereo-Bildpaar durch einen geeigneten Vergleichsoperator bestimmt werden.
5. Verfahren nach Anspruch 3, wobei die Vergleichs-/Ähnlichkeitskosten für sub-Pixel Disparitäten aus dem Vergleichs-/Ähnlichkeitskosten der benachbarten, ganzzahligen Disparitäten durch Interpolation bestimmt werden und die Vergleichs-/Ähnlichkeitskosten der ganzzahligen Disparitäten durch einen geeigneten Vergleichsoperator aus dem Stereo-Bildpaar bestimmt werden.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei bei der Vorgabe der Intervalle (Abstände) zwischen den Disparitäten Effekte durch Über- bzw. Unterabtastung berücksichtigt werden.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Disparitäten mittels eine globalen oder semiglobalen Matchings bzw. Korrespondenzverfahrens bestimmt werden.
8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei die Disparitäten in einem zweiten Schritt anhand der Vergleichs-/Ähnlichkeitskosten der benachbarten Disparitäten um die minimale Disparität sub-Pixel genau verfeinert werden.
9. Verfahren zur Bestimmung einer Tiefenkarte aus Stereobildern, wobei Disparitäten aus mindestens einem Stereobildpaar bestimmt werden, wobei die vorgegebenen möglichen Disparitätswerte nicht uniform über den gesamten Disparitätswertebereich verteilt sind.
10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei Abstände zwischen zwei benachbarten Disparitätswerten, in denen Disparitäten für einen Fernbereich bestimmt werden, kleiner sind als die übrigen Abstände zwischen zwei benachbarten Disparitätswerten.
11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei der Fernbereich mindestens 10 Meter von der Stereokamera entfernt ist, mit der die Stereobilder aufgenommen werden.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei Abstände zwischen zwei benachbarten Disparitätswerten, in denen Disparitäten für einen Nahbereich bestimmt werden, größer sind als die übrigen Abstände zwischen zwei benachbarten Disparitätswerten.
13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei der Nahbereich maximal 5 Meter von der Stereokamera entfernt ist, mit der die Stereobilder aufgenommen werden.
14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Disparitäten mittels eine globalen oder semiglobalen Matchings bzw. Korrespondenzverfahrens bestimmt werden.

15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zumindest ein Abstand zwischen zwei benachbarten Disparitätswerten kleiner als ein Pixel ist (sub-Pixel).
16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei bei der Vorgabe der Abstände zwischen zwei benachbarten Disparitätswerten Effekte durch Über- bzw. Unterabtastung berücksichtigt werden.
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 16, wobei zu Disparitäten Ähnlichkeitskosten ermittelt werden.
18. Verfahren nach Anspruch 17, wobei die Ähnlichkeitskosten einer Disparität aus den Ähnlichkeitskosten der benachbarten Disparitäten ermittelt werden.
19. Verfahren nach Anspruch 17, wobei die Ähnlichkeitskosten einer Disparität direkt aus dem Stereobildpaar ermittelt werden.
20. Verfahren nach Anspruch 19, wobei Disparitäten und deren Ähnlichkeitskosten nur für Abstände zwischen zwei benachbarten Disparitätswerten bestimmt werden, die einem oder mehreren (ganzen) Pixeln entsprechen.
21. Verfahren, insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei aus einem Stereobildpaar ein Referenzbild und ein Suchbild erzeugt werden, wobei die Auflösung (insbesondere horizontal) des Referenzbilds um einen ganzzahligen Faktor k verkleinert ist gegenüber der des Suchbilds und Disparitätswerte mit einer Genauigkeit von $1/k$ Pixeln auf Basis des Referenz- und des Suchbilds bestimmt werden.
22. Vorrichtung zur Bestimmung einer Tiefenkarte aus Stereobildern umfassend eine Stereokamera zur Aufnahme der Stereobilder und eine Bestimmungseinheit, wobei die Bestimmungseinheit zur Auswertung von mit der Stereokamera aufgenommenen Stereobildern gemäß einem

Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche
ausgebildet ist.

$1/4$ **Fig. 1**

2/4

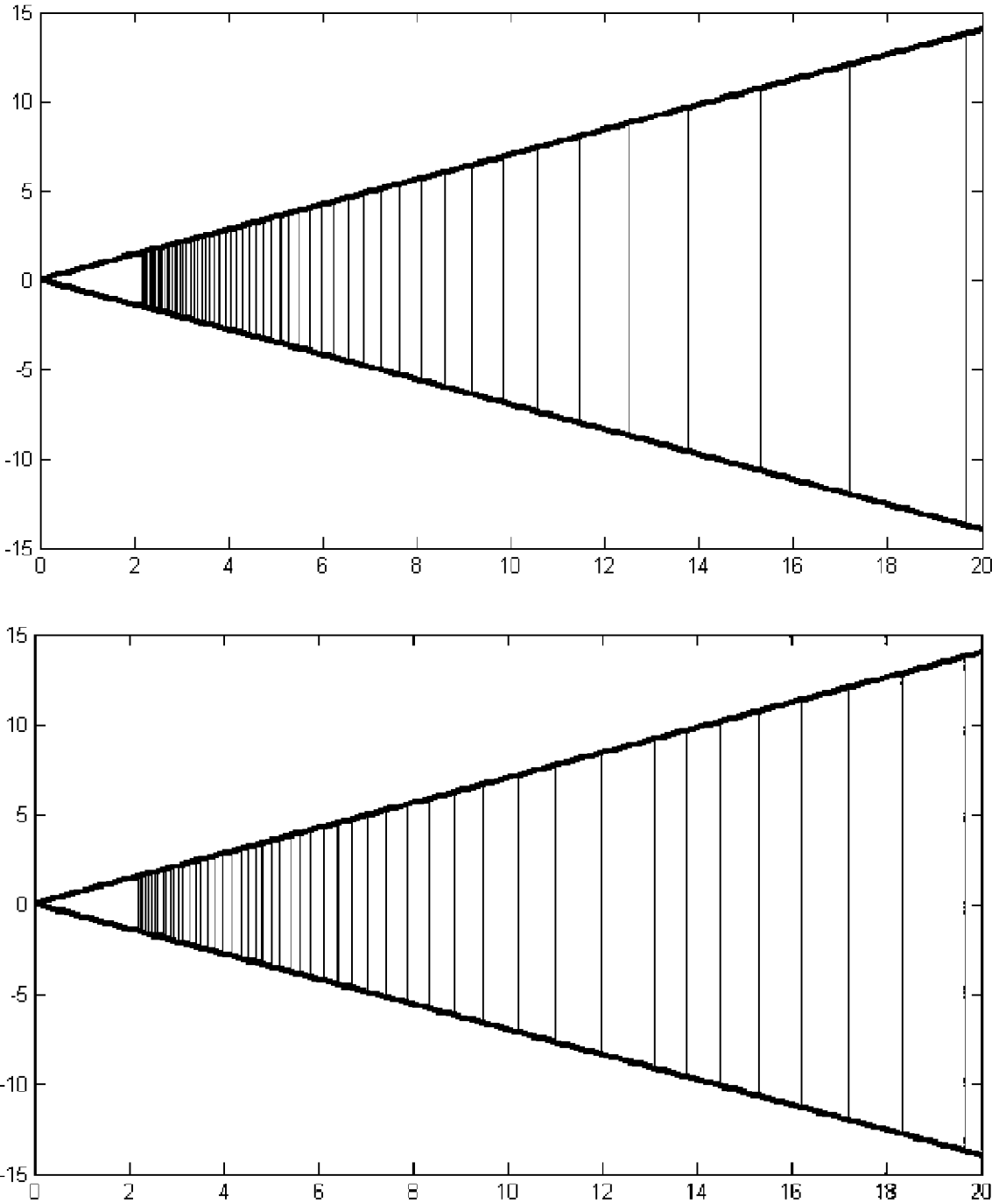
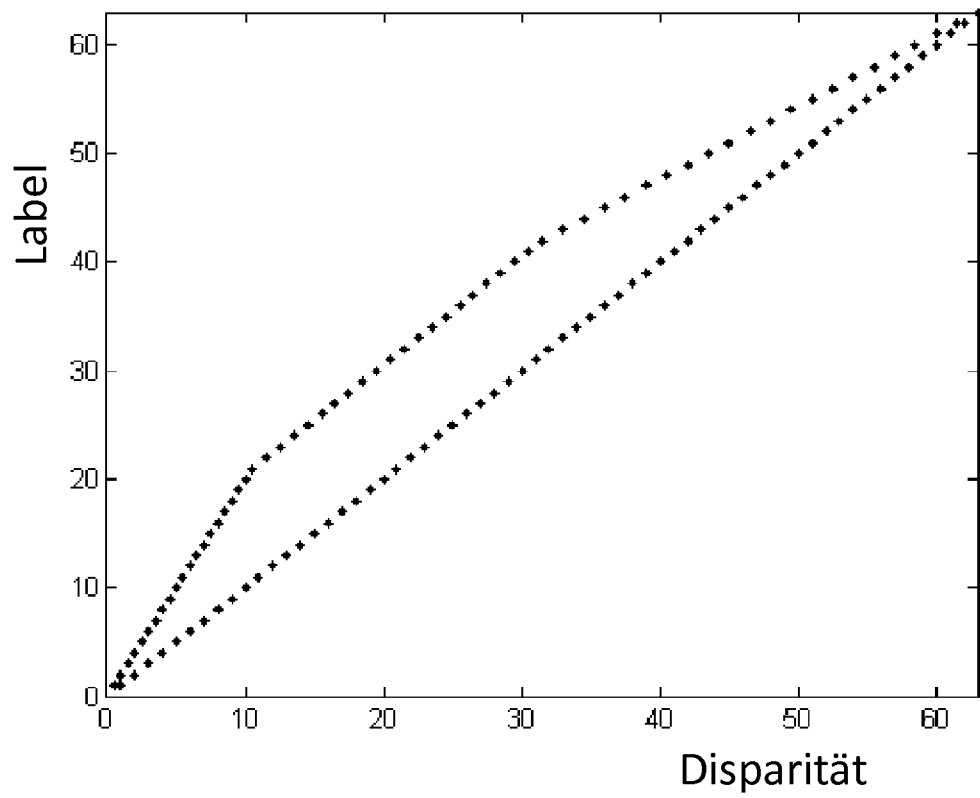


Fig. 2

3/4**Fig. 3**

4/4

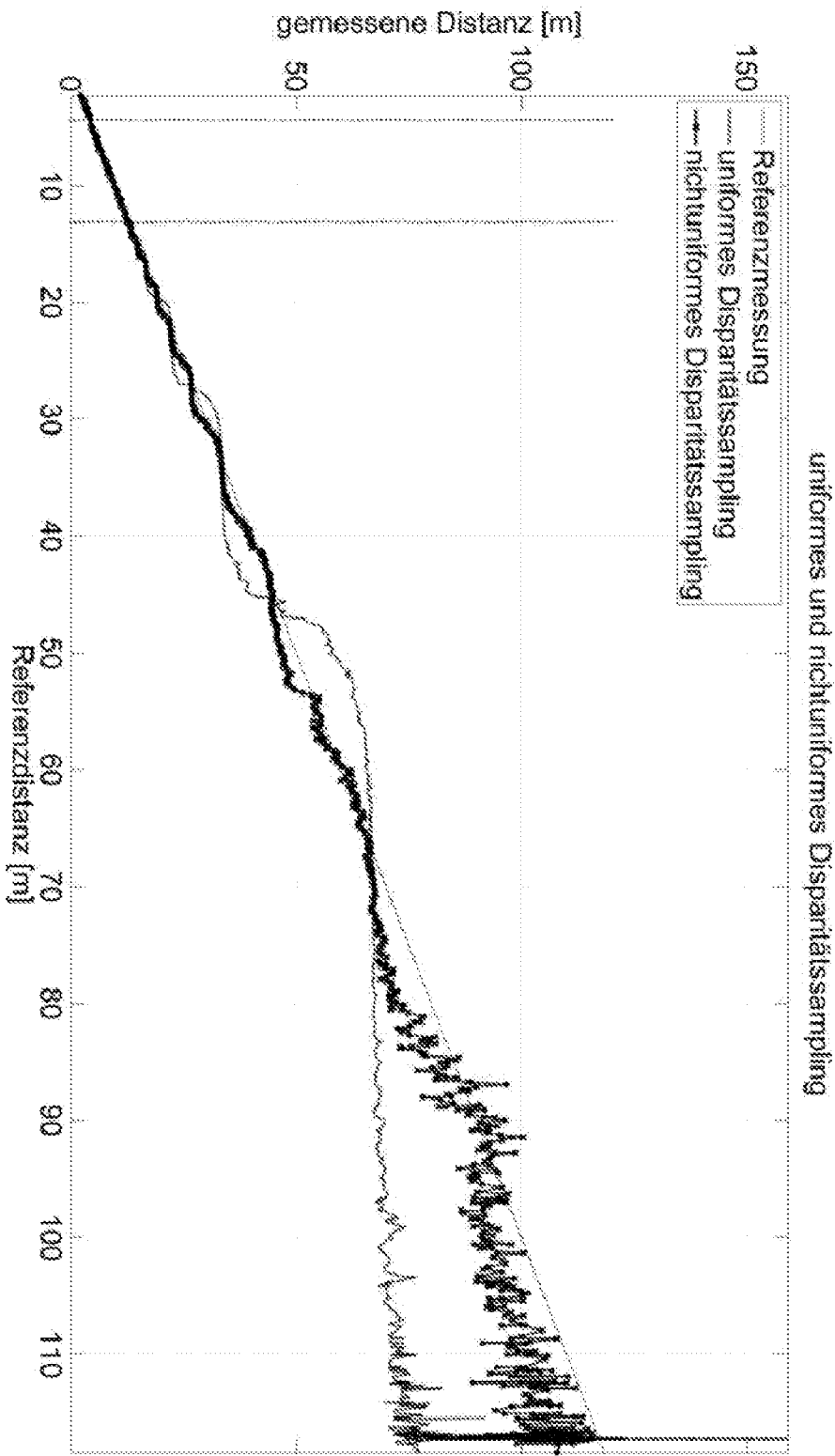


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/DE2014/200001

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G06T7/00 B60W40/10
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)

H04N G06T B60W

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	STEFAN K GEHRIG ET AL: "Improving Stereo Sub-Pixel Accuracy for Long Range Stereo", COMPUTER VISION, 2007. ICCV 2007. IEEE 11TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON, IEEE, PI, 1 October 2007 (2007-10-01), pages 1-7, XP031194701, ISBN: 978-1-4244-1630-1 2-4	1-22
A	US 2012/002866 A1 (HIRSCHMUELLER HEIKO [DE] ET AL) 5 January 2012 (2012-01-05) abstract ----- -/-	1,9,22



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

2 June 2014

Date of mailing of the international search report

02/07/2014

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

Cooke, Edward

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/DE2014/200001

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PASCAL STEINGRUBE ET AL: "Performance Evaluation of Stereo Algorithms for Automotive Applications", 13 October 2009 (2009-10-13), COMPUTER VISION SYSTEMS, SPRINGER BERLIN HEIDELBERG, BERLIN, HEIDELBERG, PAGE(S) 285 - 294, XP019131958, ISBN: 978-3-642-04666-7 abstract -----	1,9,22
A	INGO FELDMANN ET AL: "Navigation dependent nonlinear depth scaling", 23. PICTURE CODING SYMPOSIUM;23-4-2003 - 25-4-2003; SAINT MALO,, 23 April 2003 (2003-04-23), XP030080071, abstract -----	1,9,22
A	FELDMANN I ET AL: "NONLINEAR DEPTH SCALING FOR IMMERSIVE VIDEO APPLICATIONS", DIGITAL MEDIA PROCESSING FOR MULTIMEDIA INTERACTIVE SERVICES : PROCEEDINGS OF THE 4TH EUROPEAN WORKSHOP ON IMAGE ANALYSIS FOR MULTIMEDIA INTERACTIVE SERVICES ; QUEEN MARY, UNIVERSITY OF LONDON, 9 - 11 9 April 2003 (2003-04-09), pages 1-6, XP002581663, ISBN: 978-981-238-355-6 Retrieved from the Internet: URL:http://ip.hhi.de/imedia_G3/assets/pdfs/wiamis03_depthscal.pdf abstract -----	1,9,22

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/DE2014/200001

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2012002866 A1	05-01-2012	DE 102009012441 A1	23-09-2010
		EP 2406769 A1	18-01-2012
		US 2012002866 A1	05-01-2012
		WO 2010102840 A1	16-09-2010

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2014/200001

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G06T7/00 B60W40/10
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
H04N G06T B60W

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	STEFAN K GEHRIG ET AL: "Improving Stereo Sub-Pixel Accuracy for Long Range Stereo", COMPUTER VISION, 2007. ICCV 2007. IEEE 11TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON, IEEE, PI, 1. Oktober 2007 (2007-10-01), Seiten 1-7, XP031194701, ISBN: 978-1-4244-1630-1 2-4	1-22
A	US 2012/002866 A1 (HIRSCHMUELLER HEIKO [DE] ET AL) 5. Januar 2012 (2012-01-05) Zusammenfassung ----- -/-	1,9,22

☒ 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	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
2. Juni 2014	02/07/2014
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 Cooke, Edward

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	PASCAL STEINGRUBE ET AL: "Performance Evaluation of Stereo Algorithms for Automotive Applications", 13. Oktober 2009 (2009-10-13), COMPUTER VISION SYSTEMS, SPRINGER BERLIN HEIDELBERG, BERLIN, HEIDELBERG, PAGE(S) 285 - 294, XP019131958, ISBN: 978-3-642-04666-7 Zusammenfassung -----	1,9,22
A	INGO FELDMANN ET AL: "Navigation dependent nonlinear depth scaling", 23. PICTURE CODING SYMPOSIUM;23-4-2003 - 25-4-2003; SAINT MALO,, 23. April 2003 (2003-04-23), XP030080071, Zusammenfassung -----	1,9,22
A	FELDMANN I ET AL: "NONLINEAR DEPTH SCALING FOR IMMERSIVE VIDEO APPLICATIONS", DIGITAL MEDIA PROCESSING FOR MULTIMEDIA INTERACTIVE SERVICES : PROCEEDINGS OF THE 4TH EUROPEAN WORKSHOP ON IMAGE ANALYSIS FOR MULTIMEDIA INTERACTIVE SERVICES ; QUEEN MARY, UNIVERSITY OF LONDON, 9 - 11 9. April 2003 (2003-04-09), Seiten 1-6, XP002581663, ISBN: 978-981-238-355-6 Gefunden im Internet: URL:http://ip.hhi.de/imedia_G3/assets/pdfs/wiamis03_depthscal.pdf Zusammenfassung -----	1,9,22

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2014/200001

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2012002866 A1	05-01-2012	DE 102009012441 A1	23-09-2010
		EP 2406769 A1	18-01-2012
		US 2012002866 A1	05-01-2012
		WO 2010102840 A1	16-09-2010
