



(10) **DE 10 2015 114 376 B4** 2017.10.12

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2015 114 376.3**

(22) Anmeldetag: **28.08.2015**

(43) Offenlegungstag: **02.03.2017**

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **12.10.2017**

(51) Int Cl.: **G01J 9/00 (2006.01)**

G02B 27/48 (2006.01)

G02B 27/01 (2006.01)

B60K 35/00 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:

**Visteon Global Technologies, Inc., Van Buren
Township, Mich., US**

(72) Erfinder:

**Zhao, Yanning, Dr., 40789 Monheim, DE; Schliep,
Frank, Dr., 51375 Leverkusen, DE**

(74) Vertreter:

**Sperling, Fischer & Heyner Patentanwälte, 01277
Dresden, DE**

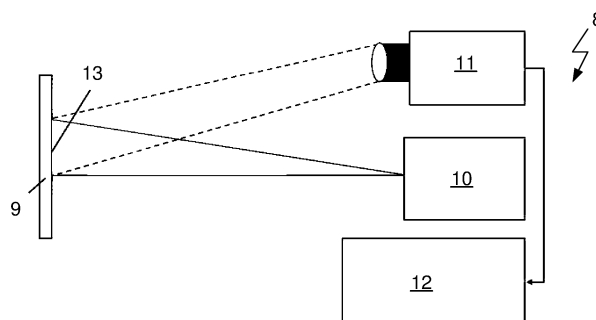
(56) Ermittelter Stand der Technik:

US	2007 / 0 071 292	A1
US	2010 / 0 245 937	A1
US	2012 / 0 200 832	A1
US	2014 / 0 193 095	A1

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zur Charakterisierung subjektiver Speckle-Bildung**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Charakterisierung subjektiver Speckle-Bildung, insbesondere zur Quantifizierung des Speckle-Kontrastes, wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist:

- Projizieren eines Bildes mittels einer kohärenten oder teil-kohärenten Lichtquelle (10) auf eine Projektionsfläche (9),
- Erzeugen von Speckle-Bildern (13) der Projektionsfläche (9) mit einer Detektionseinheit (11), wobei Belichtungszeiten (T) der Detektionseinheit (3) bis zu einer optimalen Belichtungszeit (T_{opt}) schrittweise verändert werden, bei welcher ein Speckle-Kontrast ($C_{speckle}$) bis zu einem Maximalwert aufgelöst wird,
- Erzeugen einer Vielzahl von Speckle-Bildern (13) mit der optimalen Belichtungszahl (T_{opt}) und Bilden eines Durchschnitts-Speckle-Bildes (14),
- Erzeugen von einer Vielzahl von Bildern der Projektionsfläche (9) ohne projiziertes Bild der kohärenten oder teilkohärenten Lichtquelle (10) mit der optimalen Belichtungszahl (T_{opt}) und Bilden eines Durchschnitts-Dunkel-Bildes (15),
- Subtraktion des Durchschnitts-Dunkel-Bildes (15) vom Durchschnitts-Speckle-Bild (14) zur Reduktion eines Hintergrundbeleuchtungsrauschens und
- Bilden eines Intensitäts-Histogramms zur Bildqualitätsanalyse.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Charakterisierung der subjektiven Speckle-Bildung.

[0002] Speckle-Muster sind unregelmäßige feinkörnige Lichtverteilungen, welche bei der Beleuchtung optisch rauer Projektionsflächen mit hinreichend kohärentem Licht, insbesondere Laserlicht, auftreten. Die optisch rauen Projektionsflächen weisen Unebenheiten in der Größenordnung der Wellenlänge des Lichtes auf. Das Speckle-Muster entsteht bei der Abbildung eines Lichtfleckes auf der Projektionsfläche und durch Interferenz der an den Unebenheiten der Projektionsfläche gestreuten Lichtwellen. Dabei entsteht eine räumliche Struktur mit zufällig verteilten Intensitätsminima und Intensitätsmaxima, welche die stochastische Feinstruktur der reflektierenden Projektionsfläche aufweist. Der Kontrast der Speckle-Körner ist durch die Kohärenz der Wellenlänge und der Rauigkeit der Projektionsfläche bestimmt. Das Speckle-Muster verschwindet, wenn die Wellenlänge des Lichtes deutlich unter die mittlere Rauigkeit der Projektionsfläche sinkt. Die Größe der Speckle-Körner ist von der Größe des Lichtfleckes abhängig. Je größer der Lichtfleck ist, desto feiner ist die Körnigkeit des Speckle-Musters.

[0003] Zunehmend werden Laser als Lichtquelle für optische Bildgebungsverfahren eingesetzt, welche aufgrund ihrer hohen optischen Effektivität besonders dafür genutzt werden, helle Bilder mit einem großen Farbraum und hohen Kontrasten zu erzeugen. Dabei lässt sich eine hohe Bildqualität bei nicht begrenzter Bildgröße realisieren. Der Laserstrahl wird zur Darstellung des wiederzugebenden Bildes über eine Projektionsfläche gerastert. Diese sogenannte Laser-Scanning-Projektion ist eine vielversprechende Technologie für den Einsatz als Bildgenerierungseinheit, auch als „Picture Generation Unit“ bezeichnet und mit PGU abgekürzt, in Fahrzeug-Anwendungen, beispielsweise in kontaktanalogen „Head-Up Displays“. Die „Head-Up-Displays“ werden beispielsweise im Bereich der Frontscheibe eines Kraftfahrzeugs angeordnet. Unter einem head-up-display, auch als HUD abgekürzt, ist dabei ein Anzeigesystem zu verstehen, bei welchem der Nutzer zum Betrachten der angezeigten Informationen die Haltung des Kopfes beziehungsweise die Blickrichtung in der ursprünglichen Ausrichtung beibehalten kann, da die Informationen in das Sichtfeld projiziert werden. HUD weisen im Allgemeinen eine bildgebende Einheit, welche ein Bild erzeugt, ein Optikmodul und eine Projektionsfläche auf. Das Optikmodul leitet das Bild auf die Projektionsfläche, welche als eine spiegelnde, lichtdurchlässige Scheibe ausgebildet ist. Der Fahrzeugführer sieht die gespiegelten Informationen der bildgebenden Einheit und gleichzeitig die wirkliche Umgebung hinter der Scheibe.

[0004] Bei Projektionsverfahren mit Lasern oder anderen kohärenten Lichtquellen entstehen Speckle-Muster, welche wegen der kleinen Bildpunkte in der Regel grobkörnig sind und vom Betrachter als störend empfunden werden.

[0005] Der Stand der Technik bietet einige Möglichkeiten, um die Entstehung von Speckle-Mustern zu verhindern oder zu verringern.

[0006] In der US 2012 0200832 A1 wird eine Möglichkeit aufgezeigt, Speckle-Muster in einer Bild-Projektionseinheit zu reduzieren. Dabei ist vor der Lichtquelle eine konvex geformte Linse angeordnet, welche im Abstand zur Lichtquelle variabel verstellbar ist. In Abhängigkeit der damit einstellbaren Brennweite der Linse wird das kohärente Licht derart verändert, dass ein Speckle-Muster reduziert wird.

[0007] In der DE 10 2012 002 161 A1 wird ein weiteres Verfahren zur Reduzierung von Speckle-Mustern vorgeschlagen. Dabei ist eine kontinuierlich drehende Streuscheibe vor einer kohärenten Lichtquelle angeordnet. Dadurch werden den Lichtwellen verschiedene statistische Phasenvariationen aufgeprägt, sodass während einer Belichtungszeitdauer verschiedene subjektive Rauschanteile erzeugt werden und durch die zeitliche Mittelung über die Belichtungszeitdauer der einzelnen Rauschanteile ein rauschreduziertes Intensitätsbild von zwei Kameras erfasst wird.

[0008] In der US 2010 0245937 A1 werden ein Verfahren und ein System zur Verbesserung der Ausgabequalität einer Bilderzeugungsvorrichtung offenbart. Das Verfahren umfasst das Vergleichen einer Anzahl von in den erzeugten Bildern auftretenden Speckle mit einer vorgegebenen Anzahl an Speckle. Das Vergleichen und Auswerten der Daten dient einer Anpassung eines Neigungswinkels einer Bildaufnahme-einrichtung in der Bilderzeugungsvorrichtung, um die Ausgabequalität der Bilder zu verbessern.

[0009] Aus der US 2007 0071292 A1 geht ein Verfahren zur speckle-adaptiven medizinischen Bildverarbeitung mit den Schritten des Identifizierens von mindestens einem räumlichen Übergang aus Bilddaten sowie dem Schätzen einer Speckle-Charakteristik als eine Funktion des mindestens einen räumlichen Übergangs hervor. Die Bildverarbeitung wird entsprechend angepasst. Dabei werden Informationen von Bildsignalen als Funktion des Raumes oder der räumlichen Lage identifiziert. Aus den Signalübergängen wird eine Speckle-Charakteristik, wie etwa eine Speckle-Größe, für lokale Bereiche eines Bildes oder ein gesamtes Bild abgeschätzt.

[0010] In der US 2014 0193095 A1 werden Verfahren zur Bildkorrektur und Vorrichtungen zum Entfernen von Speckle aus einem Bild beschrieben. Das Verfahren zur Bildkorrektur umfasst dabei das Aus-

wählen eines ersten Bereichs eines Bildes, das Entfernen eines Speckle aus einem zweiten vom ersten Bereich abweichenden Bereich des Bildes unter Verwendung von Bildinformationen in einem vorbestimmten Frequenzband sowie das Erhöhen eines Kontrastniveaus des ersten Bildbereichs.

[0011] Die Schwierigkeit, die Speckle-Intensität objektiv zu quantifizieren, liegt in der hohen Abhängigkeit der Messergebnisse vom verwendeten Messsystem. Aus dem Stand der Technik ist kein Verfahren zur Speckle-Quantifizierung bekannt, welches es ermöglicht, die Bildqualität in Bezug auf störende Fleckenmuster objektiv zu bewerten.

[0012] Die Aufgabe der Erfindung besteht in der Bereitstellung eines Verfahrens zur Charakterisierung der subjektiven Speckle-Bildung, insbesondere zur Quantifizierung des Speckle-Kontrastes, mit einer Vorrichtung. Die Vorrichtung soll ein mit einem Laser als Lichtquelle erzeugtes Bild quantifizieren, dabei einfach aufgebaut und damit kostengünstig herzustellen und zu betreiben sein.

[0013] Die Aufgabe wird durch ein Verfahren mit einer Vorrichtung mit den Merkmalen des selbständigen Patentanspruchs gelöst. Weiterbildungen sind in den abhängigen Patentansprüchen angegeben.

[0014] Die Aufgabe wird durch ein erfindungsgemäßes Verfahren mit einer Vorrichtung zur Charakterisierung subjektiver Speckle-Bildung, insbesondere zur Quantifizierung des Speckle-Kontrastes, gelöst. Die Vorrichtung weist eine Projektionsfläche und eine kohärente oder teilkohärente Lichtquelle zum Projizieren eines Bildes auf die Projektionsfläche, eine Detektionseinheit zum Erzeugen von Speckle-Bildern des auf die Projektionsfläche projizierten Bildes sowie eine Datenerfassungs- und Analyseeinheit zum Verarbeiten und Auswerten von Bild-Daten auf.

[0015] Die Lichtquelle ist vorteilhaft als Laserprojektor ausgebildet. Die Detektionseinheit ist bevorzugt als eine Kamera ausgebildet.

[0016] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Charakterisierung der subjektiven Speckle-Bildung, insbesondere zur Quantifizierung des Speckle-Kontrastes, wird ein Speckle-Kontrast bis zu einem Maximalwert aufgelöst. Dabei wird ein Bild über einen Projektor mit einer kohärenten oder wenigstens teilkohärenten Lichtquelle, beispielsweise einem Laser, auf eine Projektionsfläche projiziert. Durch die kohärente Lichtquelle und die Beschaffenheit der Projektionsfläche entsteht ein Bild mit einem überlagerten Speckle-Muster. Mit einer Detektionseinheit, welche aus einer Kamera oder einem optischen Sensor oder etwas Vergleichbaren gebildet wird, wird die Projektionsfläche mit dem Speckle-Muster aufgenommen. Die mit der Detektionseinheit aufgenommenen Bilder

der Projektionsfläche werden im Folgenden Speckle-Bilder genannt. In Abhängigkeit der Wellenlänge des von der Lichtquelle ausgesendeten Lichtes und der Pixelgröße der Detektionseinheit wird zunächst ein Speckle-Bild erzeugt und die Größe der Speckle berechnet. Die Speckle-Größe kann an die Pixelgröße der Kamera angepasst werden, indem die Blendenzahl variiert wird. Für eine hohe Genauigkeit bei der Quantifizierung der Bildqualität in Bezug auf ein überlagertes Specklemuster sollte ein Durchmesser eines Speckles mehr als fünf Pixel in Anspruch nehmen. Ist dies nicht der Fall, sollte die Blendenzahl angepasst werden. Ist die Speckle-Größe mehr als fünf Pixelgrößen groß, erfolgt die Suche nach der optimalen Belichtungszeit. Hierfür wird die Projektionsfläche mit unterschiedlichen Belichtungszeiten der Kamera aufgenommen, wobei die Belichtungszeiten der Detektionseinheit schrittweise verändert werden bis eine optimale Belichtungszeit, bei welcher ein Speckle-Kontrast bis zu einem Maximalwert aufgelöst ist, erreicht wird. Die Auflösung des Speckle-Kontrasts bis zu einem Maximalwert wird derart bestimmt, dass im aufgezeichneten Verlauf der Messergebnisse des Speckle-Kontrasts ein Höchstwert mit einem Plateau detektiert wird, wobei der Wert des Speckle-Kontrasts am Ende des Plateaus wieder absinkt.

[0017] Mit der optimalen Belichtungszeit wird eine Vielzahl von Speckle-Bildern aufgenommen und ein Durchschnitts-Speckle-Bild gebildet. Ebenso wird mit der optimalen Belichtungszeit die dunkle, nicht angestrahlte Projektionsfläche, mehrmals aufgenommen und ein Durchschnitts-Dunkel-Bild gebildet. Anschließend wird das Durchschnitts-Dunkel-Bild vom Durchschnitts-Speckle-Bild subtrahiert. Dadurch wird eine Reduktion eines Hintergrundbeleuchtungsrauschens möglich. Anschließend wird ein Intensitäts-Histogramm des Speckle-Musters berechnet, anhand dessen eine Bildqualitätsanalyse des Laserprojektors erfolgt.

[0018] Nach einer Weiterbildung der Erfindung wird eine Blendenzahl in Abhängigkeit von im Speckle-Bild auftretenden Speckle-Größen und von der Detektionseinheit abhängigen Pixelgröße eingestellt.

[0019] Mit Hilfe einer Datenerfassungs- und Analyseeinheit werden vorteilhaft Daten der Speckle-Bilder, insbesondere die Intensitätswerte, verarbeitet und ausgewertet.

[0020] Das vorgestellte Verfahren zur Charakterisierung von Speckle-Bildern erlaubt die gemessenen Speckle-Ergebnisse mit unterschiedlichen Messaufbauten nachzuvollziehen. Dadurch werden individuelle Laserprojektoren miteinander vergleichbar und es wird die Voraussetzung für eine objektive Bewertung der Bildqualität der verschiedenen Bildgenerierungseinheiten geschaffen.

[0021] Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile von Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen mit Bezugnahme auf die zugehörigen Zeichnungen. Es zeigen:

[0022] Fig. 1: System zur Erzeugung eines Bildes mit einer Anordnung optischer Komponenten zum Darstellen von Informationen als virtuelles Bild in einem Kraftfahrzeug,

[0023] Fig. 2: ein Schema einer Vorrichtung zur Quantifizierung des Speckle-Kontrastes und

[0024] Fig. 2: ein Flussdiagramm eines Verfahrens zur Quantifizierung des Speckle-Kontrastes.

[0025] In Fig. 1 ist ein System zur Erzeugung eines Bildes mit einer Bildgenerierungseinheit **1** und einer Anordnung optischer Komponenten **3** zum Darstellen von Informationen als virtuelles Bild **7** in einem Kraftfahrzeug gezeigt. Das virtuelle Bild **7** ist in Blickrichtung des Fahrzeugführers **2** beim Blick in Fahrtrichtung durch die Frontscheibe **6** projiziert. Das System ist mit den optischen Komponenten **3**, insbesondere Ablenkspiegeln, innerhalb des Armaturenbretts **5** angeordnet. Das von der Bildgenerierungseinheit **1** ausgesendete Bündel **4** aus Lichtstrahlen wird über die optischen Komponenten **3** geleitet. Das Bündel **7** aus Lichtstrahlen tritt durch eine nicht dargestellte Blendlichtfalle aus dem Armaturenbrett **5** aus. Eine weitere zusätzlich zur Blendlichtfalle ausgebildete Lichtfalle verhindert in Kombination mit der Blendlichtfalle den Austritt von Lichtstrahlen, welche zu Irritationen und Spiegelungen des Fahrzeugführers **2** führen können. Das Bündel **4** aus Lichtstrahlen wird gegen einen vorbestimmten Bereich der Frontscheibe **6** des Kraftfahrzeugs gelenkt, in welchem die Frontscheibe **6** mit optischen Komponenten zur Darstellung des Bildes ausgebildet ist. Die Bildgenerierungseinheit **1** und die optischen Komponenten **3** wirken in Verbindung mit dem an der Frontscheibe **6** ausgebildeten Bereich der Projektion als HUD. Die Bildgenerierungseinheit **1** erzeugt das virtuelle Bild **7**, welches auf den spiegelnden, lichtdurchlässigen Bereich der Frontscheibe **6** zur Projektion geleitet wird. Der Fahrzeugführer **2** sieht als Nutzer des Frontscheibenprojektors die gespiegelten Informationen der Bildgenerierungseinheit **1** und gleichzeitig die reale Umgebung in Blickrichtung hinter der Frontscheibe **6**.

[0026] In Fig. 2 ist eine Vorrichtung **8** zur Charakterisierung der subjektiven Speckle-Bildung, insbesondere zur Quantifizierung des Speckle-Kontrastes, dargestellt. Mittels einer kohärenten oder teilkohärenten Lichtquelle **10**, beispielsweise eines Laserprojektors **10** einer Bildgenerierungseinheit **1**, wird ein Bild auf eine Projektionsfläche **9** projiziert. Dieses Bild ist von einem Speckle-Muster überlagert. Eine Detektionseinheit **11**, zum Beispiel eine Kamera **11**, erzeugt

Speckle-Bilder **13** des Bildes mit unterschiedlichen Belichtungszeiten T bis die Sättigung der Kamera **11** erreicht wird, um eine optimalen Belichtungszeit T_{opt} zu finden. Die optimale Belichtungszeit T_{opt} stellt einen Grenzwert dar, bei welchem das Speckle-Muster bis zu einem maximalen Wert aufgelöst wird. In einer Datenerfassungs- und Analyseeinheit **12**, beispielsweise einem Computer, werden die Bild-Daten, insbesondere die Intensitätswerte I , verarbeitet.

[0027] In Fig. 3 ist ein Verfahren zur Quantifizierung des Speckle-Kontrastes und damit zur Charakterisierung der subjektiven Speckle-Bildung als Flussdiagramm dargestellt. Dabei wird, ausgehend von der zu verwendenden Wellenlänge λ des vom Laserprojektor **10** ausgesendeten Lichts und der bekannten Pixelgröße P einer Kamera **11** die minimale Blendenzahl f berechnet. Mit der Kamera **11** und der eingestellten minimalen Blendenzahl f wird ein Speckle-Bild **13** der Projektionsfläche **9** erzeugt und damit die Speckle-Größe D errechnet. Die Speckle-Größe D kann an die Pixelgröße P der Kamera **11** angepasst werden, indem die Blendenzahl f variiert wird. Für eine hohe Genauigkeit bei der Quantifizierung der Bildqualität in Bezug auf ein überlagertes Speckle-Muster, sollte ein Durchmesser eines Speckles als Speckle-Größe D mehr als fünf Pixel P in Anspruch nehmen. Ist dies nicht der Fall, sollte die Blendenzahl f angepasst werden. Ist die Speckle-Größe D mehr als fünf Pixelgrößen P groß, erfolgt die Suche nach der optimalen Belichtungszeit T_{opt} . Hierfür wird die Projektionsfläche **9** mit unterschiedlichen Belichtungszeiten T der Kamera **11** bis zur Sättigung der Kamera **11** aufgenommen. Ab einem Schwellenwert der Belichtungszeit, der optimalen Belichtungszeit T_{opt} , ist das Speckle-Muster zu einem maximalen Wert aufgelöst.

[0028] Der Maximalwert der Auflösung des Speckle-Kontrasts wird dabei derart bestimmt, dass der aufgezeichnete Verlauf der Messergebnisse des Speckle-Kontrasts einen auf einem Plateau liegenden Höchstwert aufweist und der Wert des Speckle-Kontrasts am Ende des Plateaus wieder geringer wird.

[0029] Mit der optimalen Belichtungszeit T_{opt} wird eine Vielzahl von Speckle-Bildern **13** aufgenommen und ein Durchschnitts-Speckle-Bild **14** gebildet. Ebenso wird mit der optimalen Belichtungszeit T_{opt} die dunkle, nicht angestrahlte Projektionsfläche **9** mehrmals aufgenommen und ein Durchschnitts-Dunkel-Bild **15** gebildet. Anschließend wird das Durchschnitts-Dunkel-Bild **15** der dunklen Projektionsfläche **9** vom Durchschnitts-Speckle-Bild **14** subtrahiert. Dadurch wird eine Reduktion eines Hintergrundbeleuchtungsrauschens möglich. Anschließend wird ein Histogramm der Intensität I berechnet, anhand dessen eine Bildqualitätsanalyse des Laserprojektors **10** durch eine Berechnung des Specklekontrastes $C_{Speckle}$ mit der Standardabweichung σ der Intensität I erfolgt. Das in Fig. 3 vorgestellte Verfahren er-

laubt die gemessenen Speckle-Ergebnisse mit unterschiedlichen Messaufbauten zu reproduzieren. Dadurch werden individuelle Laserprojektoren miteinander vergleichbar und eine Voraussetzung für eine Bewertung der Bildqualität verschiedener Bildgenerierungseinheiten geschaffen.

Bezugszeichenliste

1	Bildgenerierungseinheit
2	Fahrzeugführer
3	optische Komponente
4	Bündel aus Lichtstrahlen
5	Armaturenbrett
6	Frontscheibe
7	virtuelles Bild
8	Vorrichtung
9	Projektionsfläche
10	kohärente oder teilkohärente Lichtquelle, Laserprojektor
11	Detektionseinheit, Kamera
12	Datenerfassungs- und Analyseeinheit
13	Speckle-Bild (Bild mit Speckle-Muster)
14	Durchschnitts-Speckle-Bild
15	Durchschnitts-Dunkel-Bild
λ	Wellenlänge
f	Blendenzahl
D	Speckle-Größe
P	Pixelgröße
T	Belichtungszeit
T_{opt}	optimale Belichtungszeit
I	Intensität
$C_{speckle}$	Specklekontrast
σ	Standardabweichung der Intensität I

Patentansprüche

1. Verfahren zur Charakterisierung subjektiver Speckle-Bildung, insbesondere zur Quantifizierung des Speckle-Kontrastes, wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist:

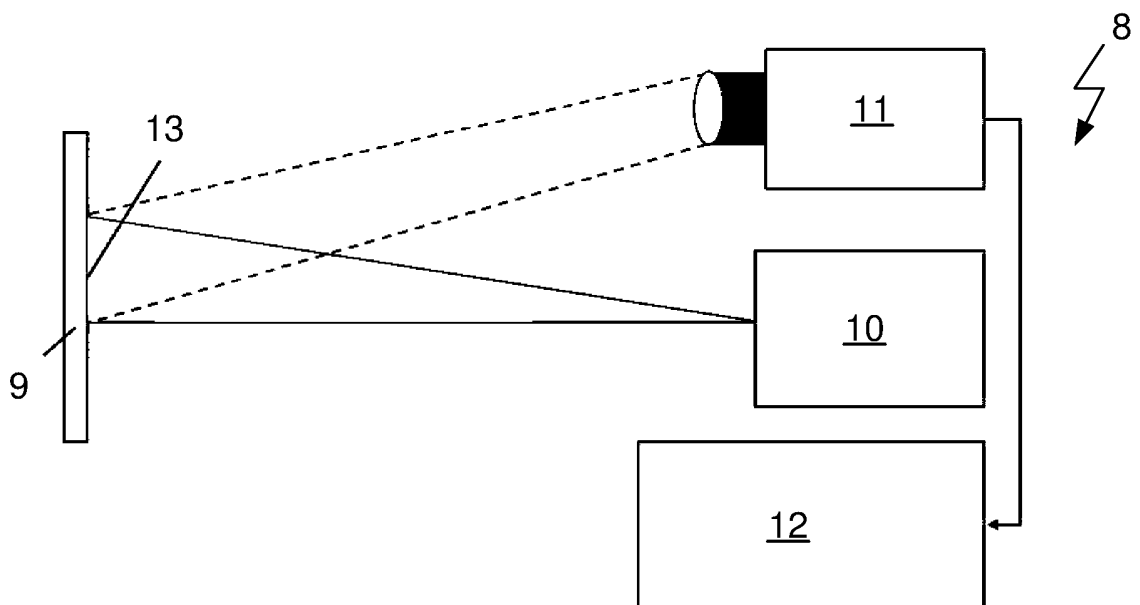
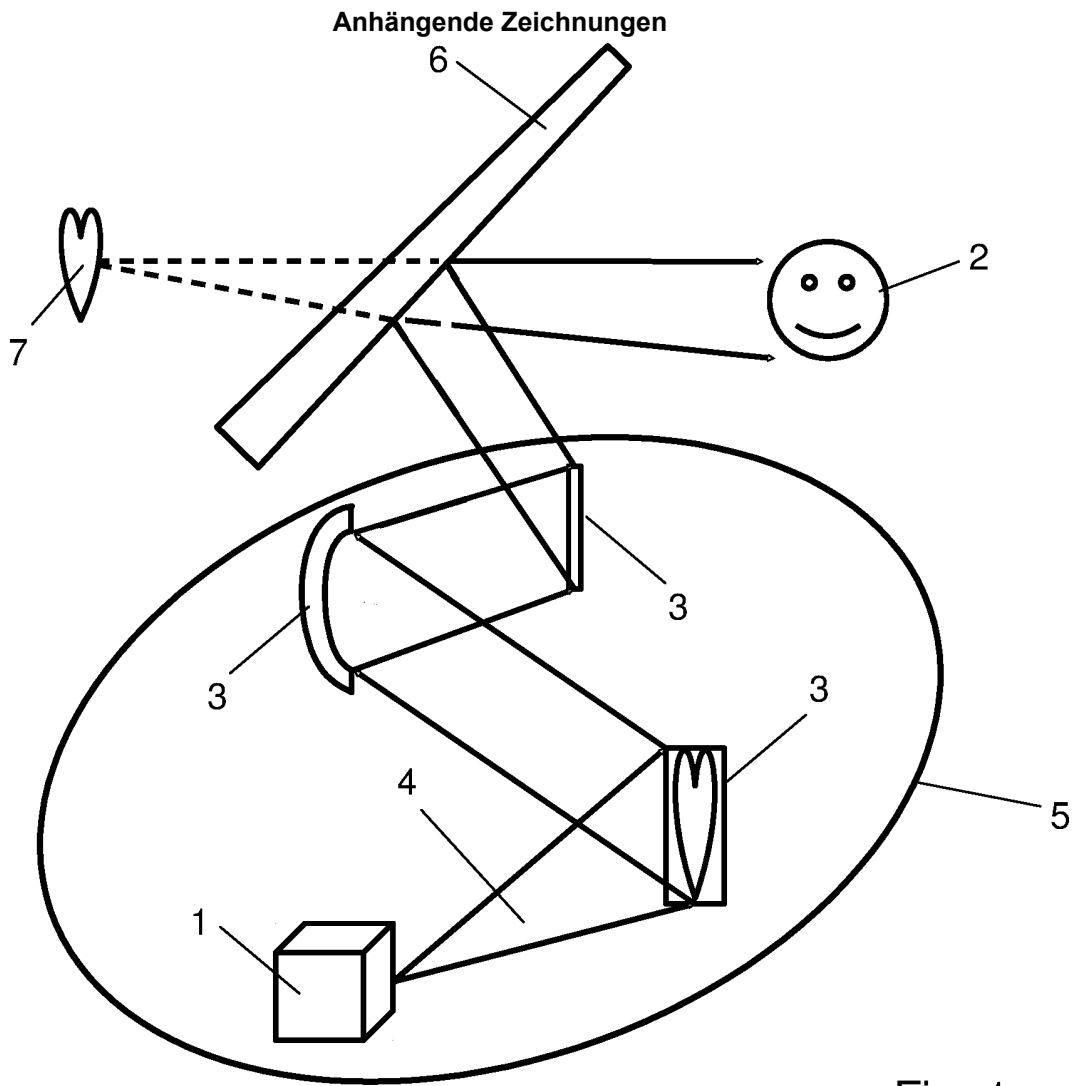
- Projizieren eines Bildes mittels einer kohärenten oder teilkohärenten Lichtquelle (**10**) auf eine Projektionsfläche (**9**),
- Erzeugen von Speckle-Bildern (**13**) der Projektionsfläche (**9**) mit einer Detektionseinheit (**11**), wobei Belichtungszeiten (T) der Detektionseinheit (**3**) bis zu einer optimalen Belichtungszeit (T_{opt}) schrittweise verändert werden, bei welcher ein Speckle-Kontrast ($C_{speckle}$) bis zu einem Maximalwert aufgelöst wird,
- Erzeugen einer Vielzahl von Speckle-Bildern (**13**) mit der optimalen Belichtungszahl (T_{opt}) und Bilden eines Durchschnitts-Speckle-Bildes (**14**),
- Erzeugen von einer Vielzahl von Bildern der Projektionsfläche (**9**) ohne projiziertes Bild der kohärenten oder teilkohärenten Lichtquelle (**10**) mit der optimalen Belichtungszahl (T_{opt}) und Bilden eines Durchschnitts-Dunkel-Bildes (**15**),

- Subtraktion des Durchschnitts-Dunkel-Bildes (**15**) vom Durchschnitts-Speckle-Bild (**14**) zur Reduktion eines Hintergrundbeleuchtungsrauschens und
- Bilden eines Intensitäts-Histogramms zur Bildqualitätsanalyse.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Blendenzahl (f) in Abhängigkeit von im Speckle-Bild (**13**) auftretenden Speckle-Größen (D) und von der Detektionseinheit (**11**) abhängigen Pixelgröße (P) eingestellt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass in einer Datenerfassungs- und Analyseeinheit (**12**) Daten der Speckle-Bilder (**13**) verarbeitet und ausgewertet werden.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen



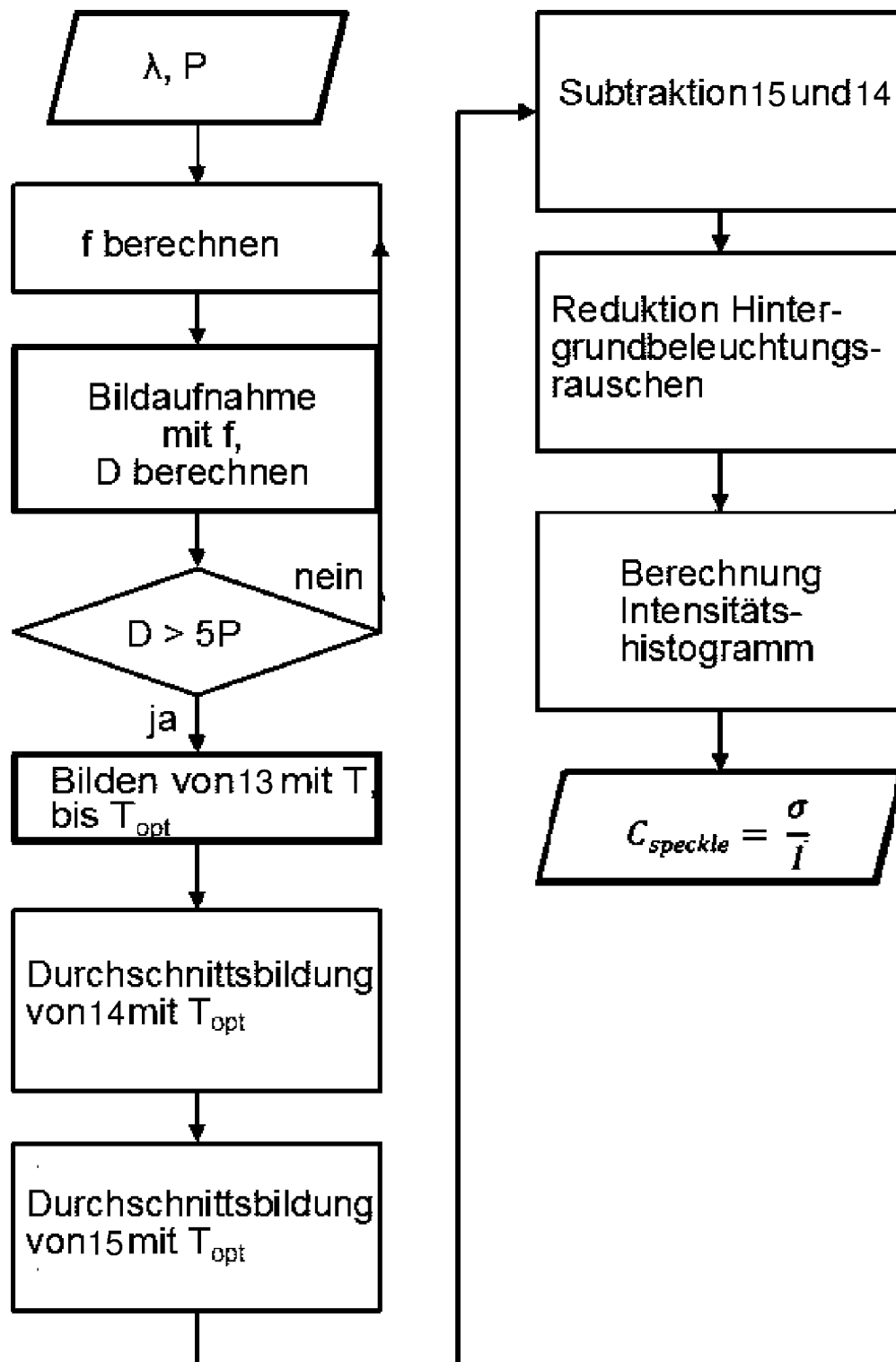


Fig. 3