



(12) **Veröffentlichung**

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2021/140579**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜbkG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2020 006 447.6**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2020/000213**
(86) PCT-Anmeldetag: **08.01.2020**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **15.07.2021**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **27.10.2022**

(51) Int Cl.: **A61B 3/113 (2006.01)**

(71) Anmelder:
**MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION, Tokyo,
JP**

(74) Vertreter:
**HOFFMANN - EITLE Patent- und Rechtsanwälte
PartmbB, 81925 München, DE**

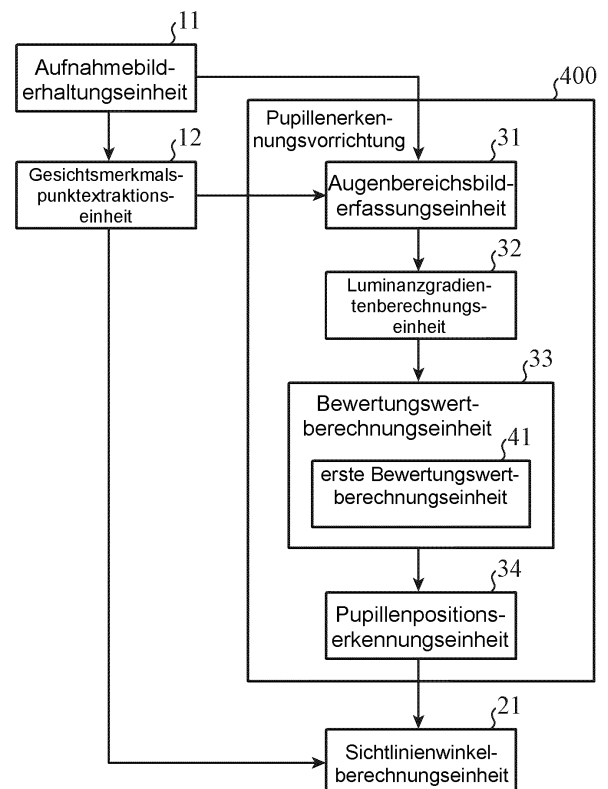
(72) Erfinder:
**Matsumoto, Atsushi, Tokyo, JP; Torama,
Ryosuke, Tokyo, JP; Watanabe, Shintaro, Tokyo,
JP; Murachi, Ryohei, Tokyo, JP**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Pupillenerkennungsvorrichtung, Sichtlinienerkennungsvorrichtung,
Insassenüberwachungssystem und Pupillenerkennungsverfahren**

(57) Zusammenfassung: Pupillenerkennungsvorrichtung (400) umfasst eine Augenbereichsbilderhaltungseinheit (31), die Bilddaten erhält, die ein Augenbereichsbild (12) in einem erfassten Bild (11) darstellen, das von einer Kamera (2) erhalten wird; eine Luminanzgradientenberechnungseinheit (32), die Luminanzgradientenvektoren (V2) berechnet, die den jeweiligen einzelnen Bildeinheiten (U) in dem Augenbereichsbild (12) entsprechen, unter Verwendung der Bilddaten; eine Bewertungswertberechnungseinheit (33), die Bewertungswerte (E) entsprechend den jeweiligen einzelnen Bildeinheiten (U) unter Verwendung der Luminanzgradientenvektoren (V2) berechnet; und eine Pupillenpositionserkennungseinheit (34), die eine Pupillenposition (PP) in dem Augenbereichsbild (12) unter Verwendung der Bewertungswerte (E) erkennt.



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Offenbarung betrifft eine Pupillenerkennungsvorrichtung, eine Sichtlinienerkennungsvorrichtung, ein Insassenüberwachungssystem und ein Pupillenerkennungsverfahren.

STAND DER TECHNIK

[0002] Konventionell wird eine Technik zum Erkennen einer Pupillenposition in einem von einer Kamera aufgenommenen Bild entwickelt (das im Folgenden als „aufgenommenes Bild“ bezeichnet werden kann). Darüber hinaus wurde ein Verfahren entwickelt, um auf Grundlage der erkannten Pupillenposition eine Sichtlinienrichtung zu erkennen (siehe z. B. Patentreliteratur 1). Diese Techniken werden z.B. in einem Fahrerüberwachungssystem (DMS) oder einem Insassenüberwachungssystem (OMS) verwendet.

[0003] Dabei ist das DMS ein System zur Überwachung des Zustands eines Fahrers. Das OMS hingegen ist ein System zur Überwachung des Zustands mindestens eines Fahrers und eines Beifahrers. Mindestens einer von Fahrer und Beifahrer kann im Folgenden gemeinsam als „Insasse“ bezeichnet werden. Der Insasse ist ein weiter gefasster Begriff für den Fahrer.

ZITATLISTE

PATENTLITERATUREN

[0004] Patentreliteratur 1: JP 2012-24154 A

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

TECHNISCHES PROBLEM

[0005] Eine in der Patentreliteratur 1 beschriebene Pupillenerkennungsvorrichtung erkennt ein Hornhautreflexionsbild in einem aufgenommenen Bild und verwendet das erkannte Hornhautreflexionsbild, um die Position der Pupille zu erkennen (siehe z. B. die Zusammenfassung der Patentreliteratur 1). Daher besteht das Problem, dass die Pupillenposition nicht erkannt werden kann, wenn ein Hornhautreflexionsbild nicht normal erkannt wird.

[0006] Beispielsweise kann ein Hornhautreflexionsbild aufgrund einer geringen Auflösung einer Kamera nicht normal erkannt werden. Darüber hinaus kann beispielsweise ein Hornhautreflexionsbild aufgrund eines großen Abstands zwischen der Kameraposition und der Position des Kopfes eines Insassen nicht normal erkannt werden. Darüber hinaus kann ein Zustand, in dem ein Hornhautreflexionsbild nicht

in einem aufgenommenen Bild umfasst ist, abhängig von der Positionsbeziehung zwischen der Kamera und dem Kopf des Insassen auftreten. Infolgedessen kann ein Hornhautreflexionsbild nicht erkannt werden. In einem solchen Fall hat die in der Patentreliteratur 1 beschriebene Pupillenerkennungsvorrichtung das Problem, dass sie nicht in der Lage ist, eine Pupillenposition zu erkennen.

[0007] Die vorliegende Offenbarung soll ein Problem wie das oben beschriebene lösen, und ein Ziel der vorliegenden Offenbarung ist es, die Notwendigkeit zu beseitigen, ein Hornhautreflexionsbild beim Erkennen einer Pupillenposition zu erkennen.

LÖSUNG DES PROBLEMS

[0008] Eine Pupillenerkennungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Offenbarung umfasst eine Augenbereichsbilderhaltungseinheit zum Erhalten von Bilddaten, die ein Augenbereichsbild in einem von einer Kamera aufgenommenen Bild darstellen; eine Luminanzgradientenberechnungseinheit zum Berechnen von Luminanzgradientenvektoren, die jeweiligen individuellen Bildeinheiten in dem Augenbereichsbild entsprechen, unter Verwendung der Bilddaten; eine Bewertungswertberechnungseinheit zum Berechnen von Bewertungswerten, die den jeweiligen individuellen Bildeinheiten entsprechen, unter Verwendung der Luminanzgradientenvektoren; und eine Pupillenpositionserkennungseinheit zum Erkennen einer Pupillenposition in dem Augenbereichsbild, unter Verwendung der Bewertungswerte.

VORTEILHAFTE WIRKUNGEN DER ERFINDUNG

[0009] Gemäß der vorliegenden Offenbarung ist sie in der oben beschriebenen Weise konfiguriert, so dass beim Erkennen einer Pupillenposition kein Hornhautreflexionsbild mehr erkannt werden muss.

Figurenliste

Fig. 1 ist ein Blockdiagramm, das einen Hauptteil eines Insassenüberwachungssystems gemäß einer ersten Ausführungsform zeigt.

Fig. 2 ist ein Blockdiagramm, das einen Hauptteil einer Pupillenerkennungsvorrichtung in dem Insassenüberwachungssystem gemäß der ersten Ausführungsform zeigt.

Fig. 3 ist ein erklärendes Diagramm, das ein Beispiel für ein Augenbereichsbild zeigt.

Fig. 4 ist ein erläuterndes Diagramm, das ein Beispiel für einen Filter zeigt.

Fig. 5 ist ein erklärendes Diagramm, das ein Beispiel für eine Abtastung durch den Filter zeigt.

Fig. 6 ist ein erklärendes Diagramm, das ein Beispiel für einen Vektor, der einem ersten Luminanzgradientenwert entspricht, ein Beispiel für einen Vektor, der einem zweiten Luminanzgradientenwert entspricht, und ein Beispiel für einen Luminanzgradientenvektor zeigt.

Fig. 7 ist ein erläuterndes Diagramm, das ein Beispiel für einen Luminanzwert einer fokussierten Bildeinheit und ein Beispiel für Luminanzwerte einzelner Bildeinheiten zeigt, die um die fokussierte Bildeinheit herum angeordnet sind.

Fig. 8 ist ein erläuterndes Diagramm, das ein Beispiel für einen Luminanzgradientenvektor zeigt, der der fokussierten Bildeinheit entspricht.

Fig. 9 ist ein erläuterndes Diagramm, das ein Beispiel für einen Auswertungsbereich zeigt.

Fig. 10 ist ein erläuterndes Diagramm, das ein Beispiel für Luminanzgradientenvektoren zeigt, die einzelnen Bewertungsbildelementen entsprechen.

Fig. 11 ist ein erläuterndes Diagramm, das ein Beispiel für ein Verfahren zur Berechnung eines Sichtlinienwinkels in Gierrichtung zeigt.

Fig. 12 ist ein erläuterndes Diagramm, das ein Beispiel für ein Verfahren zur Berechnung eines Sichtlinienwinkels in einer Nickrichtung zeigt.

Fig. 13 ist ein Blockdiagramm, das eine Hardwarekonfiguration eines Hauptteils einer Insassenüberwachungsvorrichtung in dem Insassenüberwachungssystem gemäß der ersten Ausführungsform konfiguriert.

Fig. 14 ist ein Blockdiagramm, das eine andere Hardwarekonfiguration des Hauptteils der Insassenüberwachungsvorrichtung im Insassenüberwachungssystem gemäß der ersten Ausführungsform konfiguriert.

Fig. 15 ist ein Blockdiagramm, das eine andere Hardwarekonfiguration des Hauptteils der Vorrichtung zur Insassenüberwachung im Insassenüberwachungssystem gemäß der ersten Ausführungsform zeigt.

Fig. 16 ist ein Flussdiagramm, das den Betrieb der Insassenüberwachungsvorrichtung in dem Insassenüberwachungssystem gemäß der ersten Ausführungsform zeigt.

Fig. 17 ist ein Flussdiagramm, das den Betrieb einer Sichtlinienerkennungsvorrichtung in dem Insassenüberwachungssystem gemäß der ersten Ausführungsform zeigt.

Fig. 18 ist ein Flussdiagramm, das den Betrieb der Pupillenerkennungsvorrichtung in dem Insassenüberwachungssystem gemäß der ersten Ausführungsform zeigt.

Fig. 19 ist ein erklärendes Diagramm, das ein weiteres Beispiel für den Auswertungsbereich zeigt.

Fig. 20 ist ein Blockdiagramm, das eine Systemkonfiguration des Insassenüberwachungssystems gemäß der ersten Ausführungsform konfiguriert.

Fig. 21 ist ein Blockdiagramm, das eine andere Systemkonfiguration des Insassenüberwachungssystems gemäß der ersten Ausführungsform konfiguriert.

Fig. 22 ist ein Blockdiagramm, das eine andere Systemkonfiguration des Insassenüberwachungssystems gemäß der ersten Ausführungsform konfiguriert.

Fig. 23 ist ein Blockdiagramm, das eine andere Systemkonfiguration des Insassenüberwachungssystems gemäß der ersten Ausführungsform konfiguriert.

Fig. 24 ist ein Blockdiagramm, das eine andere Systemkonfiguration des Insassenüberwachungssystems gemäß der ersten Ausführungsform konfiguriert.

Fig. 25 ist ein Blockdiagramm, das eine andere Systemkonfiguration des Insassenüberwachungssystems gemäß der ersten Ausführungsform konfiguriert.

Fig. 26 ist ein Blockdiagramm, das eine andere Systemkonfiguration des Insassenüberwachungssystems gemäß der ersten Ausführungsform konfiguriert.

Fig. 27 ist ein Blockdiagramm, das eine andere Systemkonfiguration des Insassenüberwachungssystems gemäß der ersten Ausführungsform konfiguriert.

Fig. 28 ist ein Blockdiagramm, das einen Hauptteil eines Insassenüberwachungssystems gemäß einer zweiten Ausführungsform zeigt.

Fig. 29 ist ein Blockdiagramm, das einen Hauptteil einer Pupillenerkennungsvorrichtung in dem Insassenüberwachungssystem gemäß der zweiten Ausführungsform zeigt.

Fig. 30 ist ein erklärendes Diagramm, das ein Beispiel für eine Vielzahl von Richtungen zeigt.

Fig. 31 ist ein Flussdiagramm, das den Betrieb der Pupillenerkennungsvorrichtung in dem Insassenüberwachungssystem gemäß der zweiten Ausführungsform zeigt.

Fig. 32 ist ein Blockdiagramm, das einen Hauptteil eines Insassenüberwachungssystems gemäß einer dritten Ausführungsform zeigt.

Fig. 33 ist ein Blockdiagramm, das einen Hauptteil einer Pupillenerkennungsvorrichtung in dem

Insassenüberwachungssystem gemäß der dritten Ausführungsform zeigt.

Fig. 34 ist ein Flussdiagramm, das den Betrieb der Pupillenerkennungsvorrichtung in dem Insassenüberwachungssystem gemäß der dritten Ausführungsform zeigt.

Beschreibung der Ausführungsformen

[0010] Um die Offenbarung näher zu beschreiben, werden im Folgenden Ausführungsformen der Offenbarung unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben.

Erste Ausführungsform.

[0011] **Fig. 1** ist ein Blockdiagramm, das einen Hauptteil eines Insassenüberwachungssystems gemäß einer ersten Ausführungsform zeigt. **Fig. 2** ist ein Blockdiagramm, das einen Hauptteil einer Pupillenerkennungsvorrichtung in dem Insassenüberwachungssystem gemäß der ersten Ausführungsform zeigt. Unter Bezugnahme auf **Fig. 1** und **Fig. 2** wird das Insassenüberwachungssystem gemäß der ersten Ausführungsform beschrieben.

[0012] Wie in **Fig. 1** dargestellt, sind in einem Fahrzeug 1 eine Kamera 2 und eine Ausgabevorrichtung 3 bereitgestellt.

[0013] Die Kamera 2 umfasst eine Kamera zum Erfassen eines Fahrzeuginnenraums. Die Kamera 2 ist nämlich an einem vorderen Bereich im Innenraum des Fahrzeugs 1 bereitgestellt. Konkret ist die Kamera 2 beispielsweise an einer Stelle auf einem Armaturenbrett des Fahrzeugs 1 in der Nähe einer Mittelkonsole oder an einer Stelle auf dem Armaturenbrett des Fahrzeugs 1 in der Nähe einer Lenksäule bereitgestellt. Ein von der Kamera 2 erfasster Bereich (im Folgenden als „erfasster Bereich“ bezeichnet) umfasst einen Fahrersitz des Fahrzeugs 1. Wenn also ein Fahrer auf dem Fahrersitz des Fahrzeugs 1 sitzt, wird ein Bild aufgenommen, das das Gesicht des Fahrers umfasst. Zusätzlich zum Fahrersitz kann der erfasste Bereich auch einen Beifahrersitz des Fahrzeugs 1 umfassen. Wenn ein Beifahrer auf dem Beifahrersitz des Fahrzeugs 1 Platz genommen hat, wird ein Bild aufgenommen, das das Gesicht des Beifahrers umfasst.

[0014] Von den Insassen des Fahrzeugs 1 kann ein Insasse, der von der Kamera 2 erfasst werden soll, im Folgenden als „zu erfassende Zielperson“ bezeichnet werden. Die zu erfassende Zielperson ist der Fahrer des Fahrzeugs 1. Alternativ kann die zu erfassende Zielperson sowohl den Fahrer des Fahrzeugs 1 als auch einen Fahrgast des Fahrzeugs 1 bezeichnen.

[0015] Die Ausgabevorrichtung 3 umfasst mindestens eine Anzeige, einen Lautsprecher und eine drahtlose Kommunikationsvorrichtung. Die Anzeige umfasst z.B. eine Flüssigkristallanzeige, eine organische Elektrolumineszenz (EL)-Anzeige oder eine Head-up-Anzeige. Die Anzeige wird z. B. auf dem Armaturenbrett des Fahrzeugs 1 bereitgestellt. Der Lautsprecher wird z. B. auf dem Armaturenbrett des Fahrzeugs 1 bereitgestellt. Die drahtlose Kommunikationsvorrichtung umfasst einen Sender und einen Empfänger.

[0016] Wie in **Fig. 1** dargestellt, umfasst ein Insassenüberwachungssystem 100 die Kamera 2, die Ausgabevorrichtung 3 und eine Insassenüberwachungsvorrichtung 200. Die Insassenüberwachungsvorrichtung 200 umfasst eine Aufnahmebilderhaltungseinheit 11, eine Gesichtsmerkmalspunktextraktionseinheit 12, eine Gesichtsausrichtungsschätzungseinheit 13, eine Insassenzustandsbestimmungseinheit 14, eine Hinweisausgaberegeleinheit 15 und eine Sichtlinienerkennungsvorrichtung 300. Die Sichtlinienerkennungsvorrichtung 300 umfasst eine Sichtlinienwinkelberechnungseinheit 21, eine Sichtlinienrichtungserkennungseinheit 22 und eine Pupillenerkennungsvorrichtung 400. Wie in **Fig. 2** dargestellt, umfasst die Pupillenerkennungsvorrichtung 400 eine Augenbereichsbilderhaltungseinheit 31, eine Luminanzgradientenberechnungseinheit 32, eine Bewertungswertberechnungseinheit 33 und eine Pupillenpositionserkennungseinheit 34. Die Bewertungswertberechnungseinheit 33 umfasst eine erste Bewertungswertberechnungseinheit 41.

[0017] Die Aufnahmebilderhaltungseinheit 11 erhält Bilddaten, die ein von der Kamera 2 aufgenommenes Bild I1 darstellen (nachfolgend als „erste Bilddaten“ bezeichnet). Die Aufnahmebilderhaltungseinheit 11 gibt die erhaltenen ersten Bilddaten an die Gesichtsmerkmalspunktextraktionseinheit 12 und die Augenbereichsbilderhaltungseinheit 31 aus.

[0018] Die Gesichtsmerkmalspunktextraktionseinheit 12 erhält die ersten Bilddaten, die von der Aufnahmebilderhaltungseinheit 11 ausgegeben werden. Die Gesichtsmerkmalspunktextraktionseinheit 12 extrahiert eine Vielzahl von Gesichtsmerkmalspunkten in dem aufgenommenen Bild I1 unter Verwendung der erhaltenen ersten Bilddaten. Die Gesichtsmerkmalspunktextraktionseinheit 12 gibt Informationen, die die Vielzahl der extrahierten Gesichtsmerkmalspunkte anzeigen (im Folgenden als „Gesichtsmerkmalspunktinformationen“ bezeichnet), an die Gesichtsausrichtungsschätzungseinheit 13 aus. Für die Extraktion einzelner Merkmalspunkte können verschiedene allgemein bekannte Techniken verwendet werden. Auf eine detaillierte Beschreibung der Techniken wird verzichtet.

[0019] Ein beliebiges linkes Auge einer erfassenden Zielperson und ein beliebiges rechtes Auge der erfassenden Zielperson wird im Folgenden als „Sichtlinienerkennungszielaug“ bezeichnet. Alternativ werden das linke Auge der erfassenden Zielperson und das rechte Auge der erfassenden Zielperson jeweils als „Sichtlinienerkennungszielaug“ bezeichnet.

[0020] Die Vielzahl der Gesichtsmerkmalspunkte, die von der Gesichtsmerkmalspunktextraktionseinheit 12 extrahiert werden, umfasst einen Merkmalspunkt FP1, der einer äußeren Ecke des Sichtlinienerkennungszielauges entspricht (im Folgenden als „erster Merkmalspunkt“ bezeichnet); einen Merkmalspunkt FP2, der einer inneren Ecke des Sichtlinienerkennungszielauges entspricht (im Folgenden als „zweiter Merkmalspunkt“ bezeichnet).); einen Merkmalspunkt FP3, der einem oberen Augenlid des Sichtlinienerkennungszielauges entspricht (im Folgenden als „dritter Merkmalspunkt“ bezeichnet); und einen Merkmalspunkt FP4, der einem unteren Augenlid des Sichtlinienerkennungszielauges entspricht (im Folgenden als „vierter Merkmalspunkt“ bezeichnet). Die Gesichtsmerkmalspunktextraktionseinheit 12 gibt Informationen, die den extrahierten ersten Merkmalspunkt FP1, den zweiten Merkmalspunkt FP2, den dritten Merkmalspunkt FP3 und den vierten Merkmalspunkt FP4 anzeigen (im Folgenden als „Augenmerkmalspunktinformationen“ bezeichnet), an die Sichtlinienwinkelberechnungseinheit 21 und die Augenbereichsbilderhaltungseinheit 31 aus.

[0021] Die Gesichtsausrichtungsschätzungseinheit 13 erhält die Gesichtsmerkmalspunktinformationen, die von der Gesichtsmerkmalspunktextraktionseinheit 12 ausgegeben werden. Die Gesichtsausrichtungsschätzungseinheit 13 schätzt eine Gesichtsausrichtung der erfassenden Zielperson, indem sie die erhaltene Gesichtsmerkmalspunktinformation verwendet. Die Gesichtsausrichtungsschätzungseinheit 13 gibt Informationen, die die geschätzte Gesichtsausrichtung anzeigen (nachfolgend als „Gesichtsausrichtungsinformationen“ bezeichnet), an die Insassenzustandsbestimmungseinheit 14 und die Sichtlinienrichtungserkennungseinheit 22 aus.

[0022] Genauer gesagt berechnet die Gesichtsausrichtungsschätzungseinheit 13 einen Vektor $V1$, der die Gesichtsausrichtung der erfassenden Zielperson darstellt (im Folgenden als „Gesichtsausrichtungsvektor“ bezeichnet), unter Verwendung der erhaltenen Gesichtsmerkmalspunktinformationen. Die Gesichtsausrichtungsinformationen umfassen den berechneten Gesichtsausrichtungsvektor $V1$. Für die Berechnung des Gesichtsausrichtungsvektors $V1$ können verschiedene allgemein bekannte Techni-

ken verwendet werden. Auf eine detaillierte Beschreibung der Verfahren wird verzichtet.

[0023] Die Augenbereichsbilderhaltungseinheit 31 erhält die Augenmerkmalspunktinformationen, die von der Gesichtsmerkmalspunktextraktionseinheit 12 ausgegeben werden. Die Augenbereichsbilderhaltungseinheit 31 erkennt einen Bereich, der das Sichtlinienerkennungszielaug (im Folgenden als „Augenbereich“ bezeichnet) in dem erfassten Bild I1 umfasst, unter Verwendung der erhaltenen Augenmerkmalspunktinformationen. Für die Erkennung eines Augenbereichs können verschiedene allgemein bekannte Techniken verwendet werden. Auf eine detaillierte Beschreibung der Techniken wird verzichtet.

[0024] Zusätzlich erhält die Augenbereichsbilderhaltungseinheit 31 die ersten Bilddaten, die von der Aufnahmebilderhaltungseinheit 11 ausgegeben werden. Die Augenbereichsbilderhaltungseinheit 31 erhält Bilddaten (im Folgenden als „zweite Bilddaten“ bezeichnet), die ein Bild (im Folgenden als „Augenbereichsbild“ bezeichnet) I2 darstellen, das dem Augenbereich in dem erfassten Bild I1 entspricht, indem sie die erhaltenen ersten Bilddaten verwendet. Die Augenbereichsbild-Gewinnungseinheit 31 gibt die erhaltenen zweiten Bilddaten an die Luminanzgradientenberechnungseinheit 32 aus.

[0025] Fig. 3 zeigt ein Beispiel für ein Augenbereichsbild I2. Wie in Fig. 3 gezeigt, umfasst das Augenbereichsbild I2 eine Vielzahl von Einheiten (im Folgenden als „Bildeinheiten“ bezeichnet) U, die in zwei zueinander orthogonalen Richtungen angeordnet sind (d. h. eine X-Richtung und eine Y-Richtung). Dabei umfasst jede einzelne Bildeinheit U ein Pixel.

[0026] Alternativ dazu umfasst jede einzelne Bildeinheit U eine Vielzahl von nebeneinander liegenden Pixeln.

[0027] Die Luminanzgradientenberechnungseinheit 32 erhält die zweiten Bilddaten, die von der Augenbereichsbilderhaltungseinheit 31 ausgegeben werden. Die Luminanzgradientenberechnungseinheit 32 berechnet unter Verwendung der erhaltenen zweiten Bilddaten Luminanzgradientenvektoren $V2$, die den jeweiligen einzelnen Bildeinheiten U in dem Augenbereichsbild I2 entsprechen. Die Luminanzgradientenberechnungseinheit 32 gibt an die Bewertungswertberechnungseinheit 33 Informationen aus, die die berechneten Luminanzgradientenvektoren $V2$ angeben (im Folgenden als „Luminanzgradienteninformationen“ bezeichnet).

[0028] Unter Bezugnahme auf die Fig. 4 bis Fig. 8 wird nun ein Verfahren zur Berechnung eines Luminanzgradientenvektors $V2$ beschrieben. Für die

Berechnung eines Luminanzgradientenvektors V_2 wird ein in **Fig. 4** dargestellter Filter F verwendet. Wie in **Fig. 5** gezeigt, wird der Filter F so angewendet, dass der Filter F das Augenbereichsbild I_2 abtastet.

[0029] Der Filter F berechnet für jede einzelne Bildeinheit (die im Folgenden als „fokussierte Bildeinheit“ bezeichnet werden kann) U_I in dem Augenbereichsbild I_2 einen Differenzwert (im Folgenden als „erster Luminanzgradientenwert“ bezeichnet) ΔB_X zwischen einem Luminanzwert B_L einer links von der fokussierten Bildeinheit U_I angeordneten Bildeinheit U_L und einem Luminanzwert B_R einer rechts von der fokussierten Bildeinheit U_I angeordneten Bildeinheit U_R . Darüber hinaus berechnet das Filter F einen Differenzwert (im Folgenden als „zweiter Luminanzgradientenwert“ bezeichnet) ΔB_Y zwischen einem Luminanzwert B_U einer oberhalb der fokussierten Bildeinheit U_I angeordneten Bildeinheit U_U und einem Luminanzwert B_D einer unterhalb der fokussierten Bildeinheit U_I angeordneten Bildeinheit U_D .

[0030] Wie in **Fig. 6** gezeigt, wird ein Luminanzgradientenvektor V_2 durch die Summe eines Vektors V_{2_X} , der einem ersten Luminanzgradientenwert ΔB_X entspricht, und eines Vektors V_{2_Y} , der einem zweiten Luminanzgradientenwert ΔB_Y entspricht, dargestellt. Daher berechnet das Filter F einen Winkel (im Folgenden als „Luminanzgradientenwinkel“ bezeichnet) θ , der der Richtung des Luminanzgradientenvektors V_2 entspricht, wobei der oben beschriebene berechnete erste Luminanzgradientenwert ΔB_X und der oben beschriebene berechnete zweite Luminanzgradientenwert ΔB_Y verwendet werden. Die Luminanzgradienteninformation umfasst die berechneten Luminanzgradientenwinkel θ .

[0031] Wie in **Fig. 7** gezeigt, wird zum Beispiel angenommen, dass der Luminanzwert B_L 44, der Luminanzwert B_R 16, der Luminanzwert B_U 47 und der Luminanzwert B_D 18 ist. In diesem Fall wird durch Anwendung des Filters F auf die fokussierte Bildeinheit U_I der erste Luminanzgradientenwert ΔB_X als -28 und der zweite Luminanzgradientenwert ΔB_Y als -29 berechnet. Darüber hinaus wird der Luminanzgradientenwinkel θ als 46° berechnet. **Fig. 8** zeigt ein Beispiel für einen Luminanzgradientenvektor V_2 basierend auf diesen Werten.

[0032] Die Bewertungswertberechnungseinheit 33 erhält die Luminanzgradienteninformation, die von der Luminanzgradientenberechnungseinheit 32 ausgegeben wird. Die Bewertungswert-Berechnungseinheit 33 berechnet unter Verwendung der erhaltenen Luminanzgradienteninformationen Bewertungswerte E , die den jeweiligen einzelnen Bildeinheiten U im Augenbereichsbild I_2 entsprechen.

Die Bewertungswertberechnungseinheit 33 gibt Informationen, die die berechneten Bewertungswerte E umfassen (nachfolgend als „Bewertungswertinformation“ bezeichnet), an die Pupillenpositionserkennungseinheit 34 aus.

[0033] Dabei umfassen die von der Bewertungswertberechnungseinheit 33 berechneten Bewertungswerte E jeweils einen ersten Bewertungswert E_1 , der von der ersten Bewertungswertberechnungseinheit 41 berechnet wird. Die Bewertungswertinformationen umfassen nämlich die berechneten ersten Bewertungswerte E_1 . Die ersten Bewertungswerte E_1 basieren jeweils auf der Anzahl n von Luminanzgradientenvektoren V_2 , die auf eine entsprechende Fokusbildeinheit U (d.h. eine Fokusbildeinheit U_I) gerichtet sind. Unter Bezugnahme auf **Fig. 9** und **Fig. 10** wird ein Verfahren zur Berechnung eines ersten Bewertungswertes E_1 beschrieben.

[0034] Zunächst legt die erste Bewertungswertberechnungseinheit 41 einen Bewertungsbereich EA fest, der eine Fokusbildeinheit U_I umfasst (im Folgenden als „Bewertungsbereich“ bezeichnet). Der Bewertungsbereich EA umfasst die Fokusbildeinheit U_I und umfasst N Bildeinheiten (die im Folgenden als „Bewertungsbildeinheiten“ bezeichnet werden können) U_E , die sich von der Fokusbildeinheit U_I unterscheiden. N ist eine beliebige ganze Zahl größer als oder gleich 2.

[0035] **Fig. 9** zeigt ein Beispiel für einen Bewertungsbereich EA . In dem in **Fig. 9** gezeigten Beispiel hat der Bewertungsbereich EA eine quadratische Form und weist eine Fokusbildeinheit U_I auf, die in einem zentralen Bereich des Bewertungsbereichs EA angeordnet ist. Darüber hinaus umfasst der Bewertungsbereich EA 48 Bewertungsbildeinheiten U_E . Das heißt, $N = 48$.

[0036] Der Bewertungsbereich EA hat eine Größe, die kleiner ist als eine vorbestimmte Größe (im Folgenden als „Referenzirisgröße“ bezeichnet). Die Referenzirisgröße entspricht der Standardgröße der menschlichen Iris.

[0037] Dann berechnet die erste Bewertungswertberechnungseinheit 41 die Winkel θ' , die den Steigungen der Geraden entsprechen, von denen jede die Fokusbildeinheit U_I mit einer entsprechenden individuellen Bewertungsbildeinheit U_E verbindet. Dann berechnet die erste Bewertungswertberechnungseinheit 41 für jede einzelne Bewertungsbildeinheit U_E einen Differenzwert $\Delta\theta$ zwischen einem entsprechenden Luminanzgradientenwinkel θ und einem entsprechenden Winkel θ' . Wenn der berechnete Differenzwert $\Delta\theta$ kleiner als ein vorbestimmter Schwellenwert $\Delta\theta_{th}$ ist, bestimmt die erste Bewertungswertberechnungseinheit 41, dass ein entsprechender Luminanzgradientenvektor V_2 eine

Richtung hat, die auf die Fokusbildeinheit U_I ausgerichtet ist. Andererseits, wenn der berechnete Differenzwert $\Delta\theta$ größer oder gleich dem Schwellenwert $\Delta\theta_{th}$ ist, bestimmt die erste Bewertungswertberechnungseinheit 41, dass der entsprechende Luminanzgradientenvektor $V2$ keine auf die Fokusbildeinheit U_I ausgerichtete Richtung aufweist.

[0038] Dann berechnet die erste Bewertungswertberechnungseinheit 41 auf Grundlage der Ergebnisse der Bestimmung die Anzahl n der Luminanzgradientenvektoren $V2$, die auf die Fokusbildeinheit U_I ausgerichtet sind. In diesem Fall wird die Anzahl n als ein Wert zwischen 0 und N einschließlich berechnet. Die Bewertungswertberechnungseinheit 33 berechnet einen ersten Bewertungswert $E1$ basierend auf der berechneten Zahl n . Mit anderen Worten, der erste Bewertungswert $E1$ wird als ein größerer Wert für eine größere Zahl n berechnet, und der erste Bewertungswert $E1$ wird als ein kleinerer Wert für eine kleinere Zahl n berechnet.

[0039] Beispielsweise wird, wie in **Fig. 10** gezeigt, angenommen, dass ein Bewertungsbereich EA 48 Bewertungsbildeinheiten U_E ($N = 48$) umfasst. Es wird angenommen, dass von 48 Luminanzgradientenvektoren $V2$, die den 48 Bewertungsbildeinheiten U_E entsprechen, 19 Luminanzgradientenvektoren $V2$ eine Richtung haben, die auf eine Fokusbildeinheit U_I ausgerichtet ist ($n = 19$). In der Zeichnung zeigt ein durchgezogener Pfeil einen Luminanzgradientenvektor $V2$ an, dessen Richtung auf die Fokusbildeinheit U_I ausgerichtet ist. Andererseits zeigt ein gestrichelter Pfeil einen Luminanzgradientenvektor $V2$ an, der nicht auf die Fokusbildeinheit U_I ausgerichtet ist.

[0040] In diesem Fall errechnet die erste Bewertungswertberechnungseinheit 41 die Zahl n als 19. Darüber hinaus berechnet die erste Bewertungswertberechnungseinheit 41 einen ersten Bewertungswert $E1$ basierend auf der berechneten Zahl n . Zum Beispiel wird ein erster Bewertungswert $E1$ basierend auf n/N berechnet.

[0041] Die Pupillenpositionserkennungseinheit 34 erhält die Bewertungswertinformationen, die von der Bewertungswertberechnungseinheit 33 ausgegeben werden. Die Pupillenpositionserkennungseinheit 34 erkennt eine Pupillenposition PP in dem Augenbereichsbild $I2$ unter Verwendung der erhaltenen Bewertungswertinformationen. Die Pupillenpositionserkennungseinheit 34 gibt Informationen, die die erkannte Pupillenposition PP anzeigen (nachfolgend als „Pupillenpositionsinformationen“ bezeichnet), an die Sichtlinienwinkelberechnungseinheit 21 aus.

[0042] Genauer gesagt erkennt die Pupillenpositionserkennungseinheit 34 unter Verwendung der erhaltenen Bewertungswertinformationen Koordina-

tenwerte C_X und C_Y , die die Position einer Bildeinheit U entsprechend einer Pupillenposition PP im Augenbereichsbild $I2$ anzeigen. Die Pupillenpositionsinformation umfasst die erkannten Koordinatenwerte C_X und C_Y .

[0043] Insbesondere erkennt die Pupillenpositionserkennungseinheit 34 den größten Wert aus einer Vielzahl von ersten Bewertungswerten $E1$, die einer Vielzahl von Bildeinheiten U in dem Augenbereichsbild $I2$ entsprechen. Mit anderen Worten, die Pupillenpositionserkennungseinheit 34 erkennt den Maximalwert aus der Vielzahl der ersten Bewertungswerte $E1$. Die Pupillenpositionserkennungseinheit 34 erkennt Koordinatenwerte C_X und C_Y , die den Ort einer dem erkannten Maximalwert entsprechenden Bildeinheit U angeben. Als Ergebnis werden die Koordinatenwerte C_X und C_Y entsprechend einer Pupillenposition PP erkannt.

[0044] Nun werden die Prinzipien des Erkennens einer Pupillenposition PP durch Erkennung des größten Wertes (d.h. des Maximalwertes) beschrieben.

[0045] Erstens umfasst das Augenbereichsbild $I2$ normalerweise einen Bereich, der der Innenseite einer Lidspalte entspricht (im Folgenden als „Bereich innerhalb der Lidspalte“ bezeichnet), und einen Bereich, der der Außenseite der Lidspalte entspricht (im Folgenden als „Bereich außerhalb der Lidspalte“ bezeichnet). Der Bereich außerhalb der Lidspalte ist um den Bereich innerhalb der Lidspalte herum angeordnet. Darüber hinaus umfasst der Bereich innerhalb der Lidspalte einen Bereich, der einer Pupille entspricht (im Folgenden als „Pupillenbereich“ bezeichnet), einen Bereich, der einer Iris entspricht (im Folgenden als „Irisbereich“ bezeichnet), und einen Bereich, der einer Sklera entspricht (im Folgenden als „Sklerabereich“ bezeichnet). Der Sklerabereich ist um den Irisbereich herum angeordnet. Der Irisbereich ist um den Pupillenbereich herum angeordnet. Der Irisbereich hat eine kreisförmige Form. Der Pupillenbereich hat eine kreisförmige Form.

[0046] Zweitens ist normalerweise die Leuchtdichte des Pupillenbereichs im Vergleich zur Leuchtdichte des Irisbereichs gering. Daher tritt im Bereich innerhalb der Lidspalte eine auf der Luminanzdiskontinuität basierende Kante an einem Grenzabschnitt zwischen dem Pupillenbereich und dem Irisbereich auf. Darüber hinaus ist die Leuchtdichte des Irisbereichs im Vergleich zur Leuchtdichte des Sklerabereichs gering. Daher tritt im Bereich innerhalb der Lidspalte eine Kante basierend auf einer Luminanzdiskontinuität an einem Grenzabschnitt zwischen dem Irisbereich und dem Sklerabereich auf.

[0047] In Anbetracht dieser Prinzipien besteht eine hohe Wahrscheinlichkeit, dass die Zahl n , die einer Bildeinheit U im Pupillenbereich entspricht, groß ist im Vergleich zu der Zahl n , die einer Bildeinheit U außerhalb des Pupillenbereichs entspricht. Somit ist die Wahrscheinlichkeit groß, dass die ersten Bewertungswerte $E1$, die den Bildeinheiten U im Pupillenbereich entsprechen, groß sind im Vergleich zu den ersten Bewertungswerten $E1$, die den Bildeinheiten U außerhalb des Pupillenbereichs entsprechen. Somit kann durch Erkennen des größten Wertes unter den ersten Bewertungswerten $E1$ (d.h. des Maximalwertes der ersten Bewertungswerte $E1$) eine Pupillenposition PP erkannt werden.

[0048] Die Sichtlinienwinkelberechnungseinheit 21 erhält die Augenmerkmalspunktinformationen, die von der Gesichtsmerkmalspunktextraktionseinheit 12 ausgegeben werden, und erhält die Pupillenpositionsinformationen, die von der Pupillenpositionserkennungseinheit 34 ausgegeben werden. Die Sichtlinienwinkelberechnungseinheit 21 berechnet einen Sichtlinienwinkel φ der erfassenden Zielperson unter Verwendung der erhaltenen Augenmerkmalspunktinformationen und der erhaltenen Pupillenpositionsinformationen. Die Sichtlinienwinkelberechnungseinheit 21 gibt Informationen, die den berechneten Sichtlinienwinkel φ umfassen (im Folgenden als „Sichtlinienrichtungswinkelinformationen“ bezeichnet), an die Sichtlinienrichtungserkennungseinheit 22 aus.

[0049] Hier umfasst der Sichtlinienwinkel φ einen Sichtlinienwinkel φ_X in einer Gierrichtung und einen Sichtlinienwinkel φ_Y in einer Nickrichtung. Unter Bezugnahme auf **Fig. 11** wird ein Verfahren zur Berechnung des Sichtlinienwinkels φ_X beschrieben. Darüber hinaus wird unter Bezugnahme auf **Fig. 12** ein Verfahren zur Berechnung des Sichtlinienwinkels φ_Y beschrieben.

[0050] Zunächst berechnet die Sichtlinienwinkelberechnungseinheit 21 die Orte P_{FP1_X} und P_{FP2_X} in X-Richtung, wobei die oben beschriebenen erhaltenen Augenmerkmalspunktinformationen verwendet werden. Der Ort P_{FP1_X} entspricht dem ersten Merkmalspunkt $FP1$ (d. h. dem äußeren Augenwinkel). Der Ort P_{FP2_X} entspricht dem zweiten Merkmalspunkt $FP2$ (d. h. dem inneren Augenwinkel).

[0051] Dann berechnet die Sichtlinienwinkelberechnungseinheit 21 auf Grundlage der berechneten Orte P_{FP1_X} und P_{FP2_X} einen Ort (im Folgenden als „erster Referenzort“ bezeichnet) P_{C_X} in X-Richtung. Der erste Referenzort P_{C_X} entspricht einem Zwischenort zwischen dem ersten Merkmalspunkt $FP1$ und dem zweiten Merkmalspunkt $FP2$. Der erste Referenzort P_{C_X} entspricht nämlich

einem zentralen Teil des Bereichs innerhalb der Lidspalte in X-Richtung.

[0052] Dann berechnet die Sichtlinienwinkelberechnungseinheit 21 eine Pupillenposition P_{PP_X} in X-Richtung unter Verwendung der oben beschriebenen erhaltenen Pupillenpositionsinformationen. Die Position P_{PP_X} entspricht der Pupillenposition PP .

[0053] Dann berechnet die Sichtlinienwinkelberechnungseinheit 21 für die Position P_{FP1_X} oder die Position P_{FP2_X} einen Abstand L_{X_1} zu der ersten Referenzposition P_{C_X} und einen Abstand L_{X_2} zu der Position P_{PP_X} . **Fig. 11** zeigt ein Beispiel für einen Fall, in dem der Ort P_{FP2_X} als Referenz für die Abstände L_{X_1} und L_{X_2} verwendet wird.

[0054] In der Sichtlinienwinkelberechnungseinheit 21 ist ein Wert voreingestellt, der einen Maximalwert φ_{max_X} des Sichtlinienwinkels φ_X angibt. Unter Verwendung des eingestellten Maximalwerts φ_{max_X} und der berechneten Abstände L_{X_1} und L_{X_2} berechnet die Sichtlinienwinkelberechnungseinheit 21 den Sichtlinienwinkel φ_X nach der folgenden Gleichung (1).

$$\varphi_X = \varphi_{max_X} \times (L_{X_1} - L_{X_2}) / L_{X_1} \quad (1)$$

[0055] Der Maximalwert φ_{max_X} basiert z.B. auf dem folgenden Modell M_X . Konkret bedeutet das Modell M_X , dass der Sichtlinienwinkel φ_X 0° beträgt, wenn der Standort P_{PP_X} mit dem ersten Referenzstandort P_{C_X} identisch ist. Ist im Modell M_X der Ort P_{PP_X} identisch mit dem Ort P_{FP1_X} , so hat der Sichtlinienwinkel φ_X einen Wert (z. B. -60°), der dem Maximalwert φ_{max_X} entspricht. Wenn im Modell M_X der Ort P_{PP_X} mit dem Ort P_{FP2_X} identisch ist, dann hat der Sichtlinienwinkel φ_X einen Wert (z. B. $+60^\circ$), der dem Maximalwert φ_{max_X} entspricht.

[0056] Darüber hinaus berechnet die Sichtlinienwinkelberechnungseinheit 21 die Orte P_{FP3_Y} und P_{FP4_Y} in Y-Richtung unter Verwendung der oben beschriebenen erhaltenen Augenmerkmalspunktinformationen. Der Ort P_{FP3_X} entspricht dem dritten Merkmalspunkt $FP3$ (d. h. dem oberen Augenlid). Der Ort P_{FP4_Y} entspricht dem vierten Merkmalspunkt $FP4$ (d. h. dem unteren Augenlid).

[0057] Anschließend berechnet die Sichtlinienwinkelberechnungseinheit 21 auf Grundlage der berechneten Orte P_{FP3_Y} und P_{FP4_Y} einen Ort (im Folgenden als „zweiter Referenzort“ bezeichnet) P_{C_Y} in Y-Richtung. Der zweite Referenzort P_{C_Y} entspricht einem Zwischenort zwischen dem dritten Merkmalspunkt $FP3$ und dem vierten Merkmalspunkt $FP4$. Die zweite Referenzstelle P_{C_Y}

entspricht nämlich einem zentralen Teil des Bereichs innerhalb der Lidspalte in Y-Richtung.

[0058] Dann berechnet die Sichtlinienwinkelberechnungseinheit 21 eine Pupillenposition P_{PP_Y} in der Y-Richtung unter Verwendung der oben beschriebenen erhaltenen Pupillenpositionsinformationen. Die Position P_{PP_Y} entspricht der Pupillenposition PP .

[0059] Dann berechnet die Sichtlinienwinkelberechnungseinheit 21 für die Position P_{FP3_Y} oder die Position P_{FP4_Y} einen Abstand L_{Y_1} zu der zweiten Referenzposition P_{C_Y} und einen Abstand L_{Y_2} zu der Position P_{PP_Y} . **Fig. 12** zeigt ein Beispiel für einen Fall, in dem der Ort P_{FP3_Y} als Referenz für die Abstände L_{Y_1} und L_{Y_2} verwendet wird.

[0060] In der Sichtlinienwinkelberechnungseinheit 21 ist ein Wert voreingestellt, der einen Maximalwert φ_{max_Y} des Sichtlinienwinkels φ_Y angibt. Unter Verwendung des eingestellten Maximalwerts φ_{max_Y} und der berechneten Abstände L_{X_1} und L_{X_2} berechnet die Sichtlinienwinkelberechnungseinheit 21 den Sichtlinienwinkel φ_Y nach der folgenden Gleichung (2).

$$\varphi_Y = \varphi_{max_Y} \times (L_{Y_1} - L_{Y_2}) / L_{Y_1} \quad (2)$$

[0061] Der Maximalwert φ_{max_Y} basiert z.B. auf dem folgenden Modell M_Y . Konkret bedeutet das Modell M_Y , dass der Sichtlinienwinkel φ_Y 0° beträgt, wenn der Standort P_{PP_Y} mit dem zweiten Referenzstandort P_{C_Y} identisch ist. Wenn im Modell M_Y der Ort P_{PP_Y} mit dem Ort P_{FP3_Y} identisch ist, hat der Sichtlinienwinkel φ_Y außerdem einen Wert (z. B. $+20^\circ$), der dem Maximalwert φ_{max_Y} entspricht. Wenn im Modell M_Y der Ort P_{PP_Y} mit dem Ort P_{FP4_Y} identisch ist, dann hat der Sichtlinienwinkel φ_Y einen Wert (z. B. -20°), der dem Maximalwert φ_{max_Y} entspricht.

[0062] Es ist zu beachten, dass die Verfahren zur Berechnung der Sichtlinienwinkel φ_X und φ_Y nicht auf diese spezifischen Beispiele beschränkt sind. Für die Berechnung der Sichtlinienwinkel φ_X und φ_Y können verschiedene allgemein bekannte Techniken verwendet werden. Auf eine detaillierte Beschreibung der Verfahren wird verzichtet.

[0063] Die Sichtrichtungserkennungseinheit 22 erhält die Gesichtsausrichtungsinformation, die von der Gesichtsausrichtungsschätzungseinheit 13 ausgegeben wird, und erhält die Sichtlinienwinkelinformation, die von der Sichtlinienwinkelberechnungseinheit 21 ausgegeben wird. Die Sichtlinienrichtungserkennungseinheit 22 erkennt eine Sichtlinienrichtung der erfassenden Zielperson unter Verwendung der erhaltenen Gesichtsausrichtungsinformationen und der erhaltenen Sichtlinien-

winkelinformationen. Die Sichtlinienrichtungserkennungseinheit 22 gibt Informationen, die die erkannte Sichtlinienrichtung anzeigen (im Folgenden als „Sichtlinienrichtungserkennungsinformationen“ bezeichnet), an die Insassenzustandsbestimmungseinheit 14 aus.

[0064] Genauer gesagt, die Gesichtsausrichtungserfassungseinheit 22 berechnet einen Vektor $V3$, der die Sichtlinienrichtung der erfassenden Zielperson darstellt (im Folgenden als „Sichtlinienrichtungsvektor“ bezeichnet), unter Verwendung des Gesichtsausrichtungsvektors $V1$, der von der Gesichtsausrichtungsschätzungseinheit 13 berechnet wird, und des Sichtlinienwinkels φ , der von der Sichtlinienwinkelberechnungseinheit 21 berechnet wird. Die Informationen über die Sichtlinienrichtung umfassen den berechneten Sichtlinienrichtungsvektor $V3$. Für die Berechnung des Sichtlinienrichtungsvektors $V3$ können verschiedene allgemein bekannte Techniken verwendet werden. Auf eine detaillierte Beschreibung der Verfahren wird verzichtet.

[0065] Die Insassenzustandsbestimmungseinheit 14 erhält die Gesichtsausrichtungsinformation, die von der Gesichtsausrichtungsschätzungseinheit 13 ausgegeben wird, und erhält die Sichtlinienrichtungsinformation, die von der Sichtlinienrichtungserkennungseinheit 22 ausgegeben wird. Die Insassenzustandsbestimmungseinheit 14 bestimmt, ob der Zustand der erfassenden Zielperson ein vorbestimmter Zustand ist oder nicht (im Folgenden als „Hinweiszielzustand“ bezeichnet), wobei sie mindestens eine der erhaltenen Gesichtsausrichtungsinformationen und der erhaltenen Informationen über die Sichtlinienrichtung verwendet. Die Insassenzustandsbestimmungseinheit 14 gibt an die Hinweisausgabereinheit 15 Informationen aus, die ein Ergebnis der Bestimmung anzeigen (im Folgenden als „Bestimmungsergebnisinformationen“ bezeichnet).

[0066] Der Hinweiszielzustand umfasst beispielsweise einen Zustand, in dem der Fahrer des Fahrzeugs 1 ein Ablenkungsfahrzustand ausführt (im Folgenden als „Ablenkungsfahrzustand“ bezeichnet). Eine Bestimmung, ob es sich bei dem Zustand des Fahrers um einen Ablenkungsfahrzustand handelt oder nicht, wird beispielsweise auf folgende Weise vorgenommen.

[0067] Konkret erhält die Insassenzustandsbestimmungseinheit 14 Informationen, die eine Fahrtrichtung des Fahrzeugs 1 angeben. Die Informationen erhält sie beispielsweise von einem Navigationssystem des Fahrzeugs 1 oder einem Sensor des Fahrzeugs 1. Die Insassenzustandsbestimmungseinheit 14 berechnet unter Verwendung der bestimmten Informationen einen Vektor $V3'$, der einem Sichtlinienrichtungsvektor $V3$ entspricht, der erhalten wird, wenn die Sichtlinie des Fahrers in die Fahrtrichtung

des Fahrzeugs 1 gerichtet ist. Die Insassenzustandsbestimmungseinheit 14 bestimmt, ob der Zustand des Fahrers ein Ablenkungsfahrzustand ist oder nicht, indem sie den berechneten Vektor $V3'$ mit dem Sichtlinienrichtungsvektor $V3$ vergleicht, der durch die erhaltene Information über die Sichtlinienrichtung angegeben wird.

[0068] Darüber hinaus umfasst der Hinweiszielzustand beispielsweise einen Zustand, in dem der Fahrer des Fahrzeugs 1 die Umgebung hinter sich nicht zu einem Zeitpunkt überprüft, zu dem der Fahrer die Umgebung hinter sich überprüfen sollte (im Folgenden als „Zustand der Nichtbeachtung der Umgebung hinter sich“ bezeichnet). Die Bestimmung, ob es sich bei dem Zustand des Fahrers um einen Zustand der Nichtbeachtung der Umgebung hinter sich handelt oder nicht, erfolgt beispielsweise auf folgende Weise

[0069] Konkret erhält die Insassenzustandsbestimmungseinheit 14 eine Information, die einen Ort angibt, an dem ein Spiegel zur Kontrolle der Umgebung hinter dem Fahrer (z.B. ein Rückspiegel oder ein Seitenspiegel) im Fahrzeug 1 angebracht ist. Die Insassenzustandsbestimmungseinheit 14 berechnet unter Verwendung der bestimmten Informationen einen Vektor $V3''$, der einem Sichtlinienrichtungsvektor $V3$ entspricht, der erhalten wird, wenn die Sichtlinie des Fahrers auf den Spiegel zur Überprüfung der Umgebung nach hinten gerichtet ist.

[0070] Zusätzlich erhält die Insassenzustandsbestimmungseinheit 14 Informationen, die den Zeitpunkt angeben, zu dem der Fahrer des Fahrzeugs 1 die Umgebung hinter sich überprüfen soll (z.B. den Zeitpunkt, zu dem das Fahrzeug 1 eine Rechtskurve oder eine Linkskurve macht oder die Spur wechselt). Die Insassenzustandsbestimmungseinheit 14 bestimmt, ob der Zustand des Fahrers ein Zustand der Nichtbeachtung der Umgebung hinter sich ist oder nicht, indem sie den berechneten Vektor $V3''$ mit dem Sichtlinienrichtungsvektor $V3$ vergleicht, der durch die erhaltene Sichtlinienrichtungsinformation zu dem durch die erhaltene Information angegebenen Zeitpunkt angezeigt wird.

[0071] Darüber hinaus umfasst der Hinweiszielzustand beispielsweise einen Zustand, in dem der Aufmerksamkeitsgrad des Fahrers des Fahrzeugs 1 niedrig ist (im Folgenden als „Geringaufmerksamkeitszustand“ bezeichnet). Eine Bestimmung, ob der Zustand des Fahrers ein Geringaufmerksamkeitszustand ist oder nicht, verwendet beispielsweise ein Ergebnis der Bestimmung eines Ablenkungsfahrzustands für eine vorbestimmte Zeitspanne oder ein Ergebnis der Bestimmung eines Zustands der Nichtbeachtung der Umgebung hinter sich für eine vorbestimmte Zeitspanne.

[0072] Darüber hinaus umfasst der Hinweiszielzustand beispielsweise einen Zustand, in dem der Fahrer des Fahrzeugs 1 eine Schläfrigfahrzustand durchführt (im Folgenden als „Schläfrigfahrzustand“ bezeichnet). Eine Bestimmung, ob der Zustand des Fahrers ein Schläfrigfahrzustand ist oder nicht, verwendet beispielsweise die oben beschriebene erhaltene Gesichtsorientierungsinformation.

[0073] Darüber hinaus umfasst der Hinweiszielzustand beispielsweise einen Zustand, in dem das Fahren durch den Fahrer des Fahrzeugs 1 unmöglich ist (im Folgenden als „Totmannzustand“ bezeichnet). Eine Bestimmung, ob der Zustand des Fahrers ein Totmannzustand ist oder nicht, verwendet beispielsweise die oben beschriebene erhaltene Gesichtsorientierungsinformation.

[0074] Zusätzlich zu den oben beschriebenen Verfahren können für die Bestimmung eines Hinweiszielzustands verschiedene öffentlich bekannte Techniken verwendet werden. Auf eine detaillierte Beschreibung der Techniken wird verzichtet.

[0075] Die Hinweisausgabereinheit 15 erhält die von der Insassenzustandsbestimmungseinheit 14 ausgegebene Bestimmungsergebnisinformation. Die Hinweisausgabereinheit 15 bestimmt, ob ein Hinweis ausgegeben werden muss oder nicht, indem sie die erhaltenen Bestimmungsergebnisinformationen verwendet. Wenn die Hinweisausgabereinheit 15 bestimmt, dass ein Hinweis ausgegeben werden muss, führt die Hinweisausgabereinheit 15 eine Regelung durch, um einen Hinweis auszugeben, wobei sie die Ausgabevorrichtung 3 verwendet.

[0076] Zum Beispiel bestimmt die Hinweisausgabereinheit 15, ob ein Bild für einen Hinweis (im Folgenden als „Hinweisbild“ bezeichnet) angezeigt werden muss oder nicht, indem sie die erhaltenen Bestimmungsergebnisinformationen verwendet. Wenn die Hinweisausgabereinheit 15 bestimmt, dass ein Hinweisbild angezeigt werden muss, führt die Hinweisausgabereinheit 15 eine Regelung durch, um ein Hinweisbild unter Verwendung der Anzeige, die in der Ausgabevorrichtung 3 verwendet wird, anzuzeigen.

[0077] Darüber hinaus bestimmt die Hinweisausgabereinheit 15 beispielsweise, ob ein Hinweis (im Folgenden als „Hinweiston“ bezeichnet) ausgegeben werden muss oder nicht, indem sie die erhaltenen Bestimmungsergebnisinformationen verwendet. Wenn die Hinweisausgabereinheit 15 bestimmt, dass ein Hinweiston ausgegeben werden muss, führt die Hinweisausgabereinheit 15 eine Regelung durch, um einen Hinweiston auszugeben, wobei sie den in der Ausgabevorrichtung 3 enthaltenen Lautsprecher verwendet.

[0078] Darüber hinaus bestimmt die Hinweisausgaberegeleinheit 15 beispielsweise, ob ein Hinweissignal (im Folgenden als „Hinweissignal“ bezeichnet) übertragen werden muss oder nicht, indem sie die erhaltenen Bestimmungsergebnisinformationen verwendet. Wenn die Hinweisausgaberegeleinheit 15 bestimmt, dass ein Hinweissignal übertragen werden muss, führt die Hinweisausgaberegeleinheit 15 eine Regelung durch, um ein Hinweissignal zu übertragen, wobei sie die in der Ausgabevorrichtung 3 enthaltene drahtlose Kommunikationsvorrichtung verwendet.

[0079] Das Bezugszeichen „F1“ kann im Folgenden für eine Funktion der Aufnahmebilderhaltungseinheit 11 verwendet werden. Darüber hinaus kann das Bezugszeichen „F2“ für eine Funktion der Gesichtsmerkmalspunktextraktionseinheit 12 verwendet werden. Darüber hinaus kann das Bezugszeichen „F3“ für eine Funktion der Gesichtsausrichtungsschätzungseinheit 13 verwendet werden. Darüber hinaus kann das Bezugszeichen „F4“ für eine Funktion der Insassenzustandsbestimmungseinheit 14 verwendet werden. Darüber hinaus kann das Bezugszeichen „F5“ für eine Funktion der Hinweisausgaberegeleinheit 15 verwendet werden.

[0080] Das Bezugszeichen „F11“ kann im Folgenden für eine Funktion der Sichtlinienwinkelberechnungseinheit 21 verwendet werden. Darüber hinaus kann das Bezugszeichen „F12“ für eine Funktion der Sichtlinienrichtungserkennungseinheit 22 verwendet werden.

[0081] Das Bezugszeichen „F21“ kann im Folgenden für eine Funktion der Augenbereichsbilderhaltungseinheit 31 verwendet werden. Darüber hinaus kann das Bezugszeichen „F22“ für eine Funktion der Luminanzgradientenberechnungseinheit 32 verwendet werden. Darüber hinaus kann das Bezugszeichen „F23“ für eine Funktion der Bewertungswertberechnungseinheit 33 verwendet werden. Darüber hinaus kann das Bezugszeichen „F24“ für eine Funktion der Pupillenpositionserkennungseinheit 34 verwendet werden.

[0082] Prozesse, die von der Augenbereichsbilderhaltungseinheit 31 durchgeführt werden, können im Folgenden zusammenfassend als „Augenbereichsbilderhaltungsprozess“ bezeichnet werden. Darüber hinaus können Prozesse, die von der Luminanzgradientenberechnungseinheit 32 durchgeführt werden, zusammen als „Luminanzgradientenberechnungsprozess“ bezeichnet werden. Darüber hinaus können die von der Bewertungswertberechnungseinheit 33 durchgeführten Vorgänge als „Bewertungswertberechnungsprozess“ bezeichnet werden. Darüber hinaus können die von der Pupillenpositionserkennungseinheit 34 durchgeführten Prozesse als „Pupillenpositionserkennungsprozess“ bezeichnet werden.

den. Darüber hinaus können die von der Pupillenerkennungsvorrichtung 400 durchgeführten Vorgänge als „Pupillenerkennungsprozess“ bezeichnet werden. Namentlich umfasst der Pupillenerkennungsprozess den Augenbereichsbilderhaltungsprozess, den Luminanzgradientenberechnungsprozess, den Bewertungswertberechnungsprozess und den Pupillenpositionserkennungsprozess.

[0083] Prozesse, die von der Sichtlinienwinkelberechnungseinheit 21 durchgeführt werden, können im Folgenden zusammenfassend als „Sichtlinienwinkelberechnungsprozess“ bezeichnet werden. Darüber hinaus können Prozesse, die von der Sichtlinienrichtungserkennungseinheit 22 durchgeführt werden, zusammenfassend als „Sichtlinienrichtungserkennungsprozess“ bezeichnet werden. Darüber hinaus können die von der Sichtlinienerkennungsvorrichtung 300 durchgeführten Vorgänge als „Sichtlinienerkennungsprozess“ bezeichnet werden. Namentlich umfasst der Sichtlinienerkennungsprozess den Pupillenerkennungsprozess, den Sichtlinienwinkelberechnungsprozess und den Prozess zur Erkennung der Sichtlinienrichtung.

[0084] Prozesse, die von der Aufnahmebilderhaltungseinheit 11 durchgeführt werden, können im Folgenden zusammenfassend als „Aufnahmebilderhaltungsprozess“ bezeichnet werden. Darüber hinaus können Prozesse, die von der Gesichtsmerkmalspunktextraktionseinheit 12 durchgeführt werden, gemeinsam als „Gesichtsmerkmalspunktextraktionsprozess“ bezeichnet werden. Darüber hinaus können die von der Gesichtsausrichtungsschätzungseinheit 13 durchgeführten Prozesse als „Gesichtsausrichtungsschätzungsprozess“ bezeichnet werden. Darüber hinaus können die von der Insassenzustandsbestimmungseinheit 14 durchgeführten Prozesse zusammenfassend als „Insassenzustandsbestimmungsprozess“ bezeichnet werden. Darüber hinaus können die von der Hinweisausgaberegeleinheit 15 durchgeführten Prozesse und Regelungen zusammenfassend als „Hinweisausgaberegelung“ bezeichnet werden.

[0085] Nachfolgend werden unter Bezugnahme auf die **Fig. 13** bis **Fig. 15** Hardwarekonfigurationen eines Hauptteils der Insassenüberwachungsvorrichtung 200 beschrieben.

[0086] Wie in **Fig. 13** dargestellt, umfasst die Insassenüberwachungsvorrichtung 200 einen Prozessor 51 und einen Speicher 52. In dem Speicher 52 ist ein Programm gespeichert, das einer Vielzahl von Funktionen F1 bis F5, F11, F12, und F21 bis F24 entspricht. Der Prozessor 51 liest das im Speicher 52 gespeicherte Programm und führt es aus. Als Ergebnis wird die Vielzahl der Funktionen F1 bis F5, F11, F12 und F21 bis F24 implementiert.

[0087] Alternativ dazu umfasst die Insassenüberwachungsvorrichtung 200, wie in **Fig. 14** gezeigt, eine Verarbeitungsvorrichtung 53. Die Verarbeitungsschaltung 53 führt Prozesse durch, die der Vielzahl von Funktionen F1 bis F5, F11, F12 und F21 bis F24 entsprechen. Auf diese Weise wird die Vielzahl der Funktionen F1 bis F5, F11, F12 und F21 bis F24 realisiert.

[0088] Alternativ dazu umfasst die Insassenüberwachungsvorrichtung 200, wie in **Fig. 15** gezeigt, einen Prozessor 51, einen Speicher 52 und eine Verarbeitungsschaltung 53. In dem Speicher 52 ist ein Programm gespeichert, das einigen Funktionen aus der Vielzahl der Funktionen F1 bis F5, F11, F12 und F21 bis F24 entspricht. Der Prozessor 51 liest das im Speicher 52 gespeicherte Programm und führt es aus. Infolgedessen werden die oben beschriebenen Funktionen ausgeführt. Darüber hinaus führt die Schaltung 53 Prozesse durch, die den anderen Funktionen aus der Vielzahl der Funktionen F1 bis F5, F11, F12 und F21 bis F24 entsprechen. Als Ergebnis werden die oben beschriebenen anderen Funktionen implementiert.

[0089] Der Prozessor 51 umfasst einen oder mehrere Prozessoren. Jeder einzelne Prozessor verwendet z.B. eine Zentraleinheit (CPU), eine Grafikverarbeitungseinheit (GPU), einen Mikroprozessor, einen Mikrocontroller oder einen digitalen Signalprozessor (DSP).

[0090] Der Speicher 52 umfasst einen oder mehrere nichtflüchtige Speicher. Alternativ dazu umfasst der Speicher 52 einen oder mehrere nichtflüchtige Speicher und einen oder mehrere flüchtige Speicher. Der Speicher 52 umfasst nämlich einen oder mehrere Speicher. Jeder einzelne Speicher verwendet z.B. einen Halbleiterspeicher oder eine Magnetplatte.

[0091] Genauer gesagt verwendet jeder einzelne flüchtige Speicher zum Beispiel einen Direktzugriffsspeicher (RAM). Darüber hinaus verwendet jeder einzelne nichtflüchtige Speicher beispielsweise einen Festwertspeicher (ROM), einen Flash-Speicher, einen löschbaren programmierbaren Festwertspeicher (EPROM), einen elektrisch löschbaren programmierbaren Festwertspeicher (EEPROM), ein Solid-State-Laufwerk oder ein Festplattenlaufwerk.

[0092] Die Verarbeitungsschaltung 53 umfasst eine oder mehrere digitale Schaltungen. Alternativ dazu umfasst die Verarbeitungsschaltung 53 eine oder mehrere digitale Schaltungen und eine oder mehrere analoge Schaltungen. Die Verarbeitungsschaltung 53 umfasst nämlich eine oder mehrere Verarbeitungsschaltungen. Jede einzelne Verarbeitungsschaltung verwendet beispielsweise eine anwendungsspezifische integrierte Schaltung (ASIC), eine programmierbare logische Vorrichtung (PLD), ein

feldprogrammierbares Gate-Array (FPGA), ein System auf einem Chip (SoC) oder eine System Large Scale Integration (LSI).

[0093] Wenn der Prozessor 51 eine Vielzahl von Prozessoren umfasst, haben die Vielzahl von Funktionen F1 bis F5, F11, F12 und F21 bis F24 und die Vielzahl von Prozessoren eine beliebige Entsprechung dazwischen. Jeder aus der Vielzahl der Prozessoren kann nämlich ein Programm lesen und ausführen, das einer oder mehreren Funktionen aus der Vielzahl der Funktionen F1 bis F5, F11, F12 und F21 bis F24 entspricht.

[0094] Wenn der Speicher 52 außerdem eine Vielzahl von Speichern umfasst, haben die Vielzahl von Funktionen F1 bis F5, F11, F12 und F21 bis F24 und die Vielzahl von Speichern eine beliebige Entsprechung dazwischen. Jeder der Vielzahl von Speichern kann nämlich ein Programm speichern, das einer oder mehreren Funktionen aus der Vielzahl von Funktionen F1 bis F5, F11, F12 und F21 bis F24 entspricht.

[0095] Zusätzlich, wenn die Verarbeitungsschaltung 53 eine Vielzahl von Verarbeitungsschaltungen umfasst, haben die Vielzahl von Funktionen F1 bis F5, F11, F12 und F21 bis F24 und die Vielzahl von Verarbeitungsschaltungen eine beliebige Entsprechung dazwischen. Nämlich kann jede der Vielzahl von Verarbeitungsschaltungen einen Prozess durchführen, der einer oder mehreren Funktionen aus der Vielzahl von Funktionen F1 bis F5, F11, F12 und F21 bis F24 entspricht.

[0096] Als nächstes werden unter Bezugnahme auf ein Flussdiagramm in **Fig. 16** die Vorgänge der Insassenüberwachungsvorrichtung 200 beschrieben. Die in **Fig. 16** gezeigten Vorgänge werden wiederholt ausgeführt, wenn eine vorbestimmte Bedingung erfüllt ist (z.B. wenn eine Zündungsstromversorgung des Fahrzeugs 1 eingeschaltet ist).

[0097] Zunächst führt die Aufnahmebilderhaltungseinheit 11 einen Aufnahmebilderhaltungsprozess durch (Schritt ST1). Dann führt die Gesichtsmerkmalpunktextraktionseinheit 12 einen Gesichtsmerkmalpunktextraktionsprozess durch (Schritt ST2). Anschließend führt die Gesichtsausrichtungsschätzungseinheit 13 einen Gesichtsausrichtungsschätzungsprozess durch (Schritt ST3). Dann führt die Sichtlinienerkennungsvorrichtung 300 einen Sichtlinienerkennungsprozess durch (Schritt ST4). Dann führt die Insassenzustandsbestimmungseinheit 14 einen Insassenzustandsbestimmungsprozess durch (Schritt ST5). Dann führt die Hinweisausgaberegelleinheit 15 eine Hinweisausgaberegelleitung durch (Schritt ST6).

[0098] Als Nächstes werden unter Bezugnahme auf ein Flussdiagramm in **Fig. 17** die Vorgänge der Sichtlinienerkennungsvorrichtung 300 beschrieben. Insbesondere werden die Prozesse beschrieben, die in dem in **Fig. 16** dargestellten Schritt ST4 ausgeführt werden.

[0099] Zunächst führt die Pupillenerkennungsvorrichtung 400 einen Pupillenerkennungsprozess durch (Schritt ST11). Dann führt die Sichtlinienwinkelberechnungseinheit 21 einen Sichtlinienwinkelberechnungsprozess durch (Schritt ST12). Dann führt die Sichtlinienrichtungserkennungseinheit 22 einen Sichtlinienrichtungserkennungsprozess durch (Schritt ST13).

[0100] Als nächstes werden unter Bezugnahme auf ein Flussdiagramm in **Fig. 18** die Vorgänge der Pupillenerkennungsvorrichtung 400 beschrieben. Insbesondere werden die Prozesse beschrieben, die bei dem in **Fig. 17** dargestellten Schritt ST11 ausgeführt werden.

[0101] Zunächst führt die Augenbereichsbilderhaltungseinheit 31 einen Augenbereichsbilderhaltungsprozess durch (Schritt ST21). Dann führt die Luminanzgradientenberechnungseinheit 32 einen Luminanzgradientenberechnungsprozess durch (Schritt ST22). Dann führt die Bewertungswertberechnungseinheit 33 einen Bewertungswertberechnungsprozess durch (Schritt ST23). Anschließend führt die Pupillenpositionserkennungseinheit 34 einen Pupillenerkennungsprozess durch (Schritt ST24).

[0102] Als nächstes werden die vorteilhaften Wirkungen beschrieben, die die Pupillenerkennungsvorrichtung 400 bereitstellt.

[0103] Wie oben beschrieben, erkennt die konventionelle Pupillenerkennungsvorrichtung ein Hornhautreflexionsbild in einem aufgenommenen Bild und verwendet das erkannte Hornhautreflexionsbild zur Erkennung einer Pupillenposition. Daher besteht das Problem, dass eine Pupillenposition nicht erkannt werden kann, wenn ein Hornhautreflexionsbild nicht normal erkannt wird.

[0104] Das DMS oder OMS erfordert insbesondere die Verwendung einer kostengünstigen Kamera. Es muss nämlich eine Kamera mit einer niedrigen Auflösung verwendet werden. Normalerweise ist es schwierig, ein Hornhautreflexionsbild zu erkennen, wenn man eine solche Kamera verwendet. Die Verwendung der konventionellen Pupillenerkennungsvorrichtung im DMS oder OMS führt daher zu einem Problem der instabilen Erkennung der Pupillenposition.

[0105] Bei der Pupillenerkennungsvorrichtung 400 hingegen ist nach dem Erkennen einer Pupillenposition PP die Erfassung eines Hornhautreflexionsbildes nicht erforderlich. Daher kann unabhängig davon, ob es sich um einen Zustand handelt, in dem ein Hornhautreflexionsbild normal erkannt wird oder nicht, eine Pupillenposition PP erkannt werden. Infolgedessen kann eine Pupillenposition PP auch dann stabil erkannt werden, wenn die Pupillenerkennungsvorrichtung 400 im Insassenüberwachungssystem 100 verwendet wird.

[0106] Darüber hinaus verwendet die Pupillenerkennungsvorrichtung 400 beim Erkennen einer Pupillenposition PP Bewertungswerte E basierend auf Luminanzgradientenvektoren V_2 . So kann eine Pupillenposition PP mit hoher Genauigkeit erkannt werden. Darüber hinaus kann eine Pupillenposition PP unabhängig von der Größe einer Pupille eines Sichtlinienerkennungsziel-Auges (d. h. unabhängig von der Größe einer Pupillenfläche in einem Augenbereichsbild 12) erkannt werden.

[0107] Darüber hinaus hat in der Pupillenerkennungsvorrichtung 400 ein Bewertungsbereich EA eine kleinere Größe als die Referenzirisgröße. Durch die Verkleinerung des Bewertungsbereichs EA kann eine Erhöhung der Geschwindigkeit eines Bewertungswertberechnungsprozesses erreicht werden. Darüber hinaus kann durch eine Kante basierend auf einer Luminanzdiskontinuität an einem Grenzabschnitt zwischen einem Pupillenbereich und einem Irisbereich ein hoher Bewertungswert E für eine Bildeinheit U im Pupillenbereich berechnet werden.

[0108] Als nächstes wird eine Variante der Pupillenerkennungsvorrichtung 400 beschrieben.

[0109] Ein Teil des Augenbereichsbildes 12, der dem äußeren Augenwinkel entspricht, wird im Folgenden als „äußerer Augenwinkelbereich“ bezeichnet. Darüber hinaus wird ein Teil des Augenbereichsbildes 12, der dem inneren Augenwinkel entspricht, als „innerer Augenwinkelbereich“ bezeichnet. Außerdem wird ein Teil des Augenbereichsbildes 12, der dem oberen Augenlid entspricht, als „oberer Augenlidbereich“ bezeichnet. Darüber hinaus wird ein Teil des Augenbereichsbildes 12, der dem unteren Augenlid entspricht, als „unterer Augenlidbereich“ bezeichnet.

[0110] Ein Bereich, der einem linken Halbtteil des Bewertungsbereichs EA entspricht, wenn das Sichtlinienerkennungszielaug ein linkes Auge ist, oder ein Bereich, der einem rechten Halbtteil des Bewertungsbereichs EA entspricht, wenn das Sichtlinienerkennungszielaug ein rechtes Auge ist, wird im Folgenden als „Bewertungsbereich des ersten Teils“ bezeichnet. Darüber hinaus wird ein Bereich, der

einem rechten Halbtel des Bewertungsbereichs EA entspricht, wenn das Sichtlinienerkennungszielaue ein linkes Auge ist, oder ein Bereich, der einem linken Halbtel des Bewertungsbereichs EA entspricht, wenn das Sichtlinienerkennungszielaue ein rechtes Auge ist, als „Bewertungsbereich für den zweiten Teil“ bezeichnet. Darüber hinaus wird ein Bereich, der einem Teil der unteren Hälfte des Bewertungsbereichs EA entspricht, als „Bewertungsbereich für den dritten Teil“ bezeichnet. Darüber hinaus wird ein Bereich, der einem Abschnitt der oberen Hälfte des Bewertungsbereichs EA entspricht, als „Bewertungsbereich des vierten Abschnitts“ bezeichnet.

[0111] In einem Fall, in dem das Zielaue für die Sichtlinienerkennungszielaue das linke Auge ist, wenn eine Fokusbildeinheit U_I in einem Bewertungswertberechnungsprozess am äußeren Augenwinkelteil angeordnet ist, kann ein Zustand auftreten, in dem im Wesentlichen der rechte Halbtel des Bewertungsbereichs EA in einem Bereich außerhalb der Lidspalte angeordnet ist. Zusätzlich kann in einem Fall, in dem das Sichtlinienerkennungszielaue das rechte Auge ist, wenn eine Fokusbildeinheit U_I in einem Bewertungswertberechnungsprozess an dem äußeren Eckabschnitt des Auges angeordnet ist, ein Zustand auftreten, in dem im Wesentlichen der linke Halbtel des Bewertungsbereichs EA in einem Bereich außerhalb der Lidspalte angeordnet ist.

[0112] Zusätzlich kann in einem Fall, in dem das Sichtlinienerkennungszielaue das linke Auge ist, wenn sich eine Fokusbildeinheit U_I in einem Bewertungswertberechnungsprozess am inneren Augenwinkelabschnitt befindet, ein Zustand eintreten, in dem sich im Wesentlichen der linke Halbtel des Bewertungsbereichs EA in einem Bereich außerhalb der Lidspalte befindet. Zusätzlich kann in einem Fall, in dem das Sichtlinienerkennungszielaue das rechte Auge ist, wenn eine Fokusbildeinheit U_I in einem Bewertungswertberechnungsprozess an dem äußeren Augenwinkelabschnitt angeordnet ist, ein Zustand auftreten, in dem im Wesentlichen der rechte Halbtel des Bewertungsbereichs EA in einem Bereich außerhalb der Lidspalte angeordnet ist.

[0113] Zusätzlich kann, wenn sich eine Fokusbildeinheit U_I in einem Bewertungswertberechnungsprozess am oberen Augenlidabschnitt befindet, ein Zustand eintreten, in dem sich im Wesentlichen der obere Halbtel des Bewertungsbereichs EA in einem Bereich außerhalb der Lidspalte befindet. Darüber hinaus kann, wenn eine Fokusbildeinheit U_I in einem Bewertungswertberechnungsprozess am unteren Augenlidabschnitt angeordnet ist, ein Zustand auftreten, in dem im Wesentlichen der untere Halbtel des Bewertungsbereichs EA in

einem Bereich außerhalb der Lidspalte angeordnet ist.

[0114] In diesen Zuständen kann ein Luminanzgradientenvektor V2, der einer Bildeinheit U im Bereich außerhalb der Lidspalte entspricht, zur Berechnung eines ersten Bewertungswertes E1 verwendet werden. Dies kann dazu führen, dass die Genauigkeit der Erkennung einer Pupillenposition PP abnimmt.

[0115] Daher kann die erste Bewertungswertberechnungseinheit 41 Augenmerkmalspunktinformationen erhalten, die von der Gesichtsmerkmalspunktextraktionseinheit 12 ausgegeben werden. Die erste Bewertungswertberechnungseinheit 41 kann unter Verwendung der erhaltenen Augenmerkmalspunktinformationen bestimmen, ob sich die Fokusbildeinheit U_I am äußeren Augenwinkelabschnitt befindet oder nicht. Wenn die erste Bewertungswertberechnungseinheit 41 bestimmt, dass sich die Fokusbildeinheit U_I an dem äußeren Augenwinkelabschnitt befindet, kann die erste Bewertungswertberechnungseinheit 41 einen ersten Bewertungswert E1 unter Verwendung des Bewertungsbereichs des ersten Abschnitts anstelle des Bewertungsbereichs EA berechnen.

[0116] Zusätzlich kann die erste Bewertungswertberechnungseinheit 41 unter Verwendung der oben beschriebenen erhaltenen Augenmerkmalspunktinformationen bestimmen, ob sich die Fokusbildeinheit U_I an dem inneren Augenwinkelabschnitt befindet oder nicht. Wenn die erste Bewertungswertberechnungseinheit 41 bestimmt, dass sich die Fokusbildeinheit U_I an dem inneren Augenwinkelabschnitt befindet, kann die erste Bewertungswertberechnungseinheit 41 einen ersten Bewertungswert E1 unter Verwendung des Bewertungsbereichs des zweiten Abschnitts anstelle des Bewertungsbereichs EA berechnen.

[0117] Zusätzlich kann die erste Bewertungswertberechnungseinheit 41 unter Verwendung der oben beschriebenen erhaltenen Augenmerkmalspunktinformationen bestimmen, ob sich die Fokusbildeinheit U_I am oberen Augenlidabschnitt befindet oder nicht. Wenn die erste Bewertungswertberechnungseinheit 41 bestimmt, dass sich die Fokusbildeinheit U_I an dem oberen Augenlidabschnitt befindet, kann die erste Bewertungswertberechnungseinheit 41 einen ersten Bewertungswert E1 unter Verwendung des Bewertungsbereichs des dritten Abschnitts anstelle des Bewertungsbereichs EA berechnen.

[0118] Zusätzlich kann die erste Bewertungswertberechnungseinheit 41 unter Verwendung der Augenmerkmalspunktinformationen bestimmen, ob sich die Fokusbildeinheit U_I am unteren Augenlidabschnitt befindet oder nicht. Wenn die erste Bewertungswertberechnungseinheit 41 bestimmt, dass

sich die Fokusbildeinheit U_I am unteren Augenlidabschnitt befindet, kann die erste Bewertungswertberechnungseinheit 41 einen ersten Bewertungswert E1 unter Verwendung des Bewertungsbereichs des vierten Abschnitts anstelle des Bewertungsbereichs EA berechnen.

[0119] Wenn der Bewertungsbereich des ersten Abschnitts, der Bewertungsbereich des zweiten Abschnitts, der Bewertungsbereich des dritten Abschnitts oder der Bewertungsbereich des vierten Abschnitts für die Berechnung eines ersten Bewertungswerts E1 verwendet wird, kann der erste Bewertungswert E1 als ein Wert basierend auf $n/(N/2)$ berechnet werden, anstatt als ein Wert basierend auf n/N berechnet zu werden.

[0120] Infolgedessen kann unabhängig von der Position einer Pupille eines Sichtlinienerkennungszielauges (d.h. unabhängig von der Position eines Pupillenbereichs im Augenbereichsbild 12) eine Pupillenposition PP erkannt werden. Zum Beispiel kann eine Pupillenposition PP auch dann erkannt werden, wenn sich die Pupille in der Nähe des oberen Augenlids befindet.

[0121] Als nächstes wird eine weitere Variante der Pupillenerkennungsvorrichtung 400 beschrieben.

[0122] Die Luminanzgradientenberechnungseinheit 32 kann unter Verwendung eines ersten Luminanzgradientenwertes ΔB_X und eines zweiten Luminanzgradientenwertes ΔB_Y einen Wert (im Folgenden als „Luminanzgradientenwert“ bezeichnet) ΔB berechnen, der der Größe eines Luminanzgradientenvektors V2 entspricht. Die Luminanzgradienteninformation kann die berechneten Luminanzgradientenwerte ΔB umfassen.

[0123] Die erste Bewertungswertberechnungseinheit 41 kann Luminanzgradientenwerte ΔB von Luminanzgradientenvektoren V2, die den jeweiligen einzelnen Bewertungsbildeinheiten U_E entsprechen, mit einem vorgegebenen Schwellenwert ΔB_{th} vergleichen. Die erste Bewertungswertberechnungseinheit 41 kann Luminanzgradientenvektoren V2, die jeweils einen Luminanzgradientenwert ΔB kleiner oder gleich dem Schwellenwert ΔB_{th} aufweisen, von der Berechnung eines ersten Bewertungswertes E1 ausschließen.

[0124] Infolgedessen können unnötige Luminanzgradientenvektoren V2 von der Berechnung eines ersten Bewertungswertes E1 ausgeschlossen werden. Insbesondere können beispielsweise Luminanzgradientenvektoren V2, die der oben beschriebenen Kante entsprechen, in die Berechnung der ersten Bewertungswerte E1 einbezogen werden, während andere Luminanzgradientenvektoren V2 von der Berechnung der ersten Bewertungswerte

E1 ausgeschlossen werden können. Als Ergebnis kann, während eine Pupillenposition PP mit hoher Genauigkeit erkannt wird, eine Erhöhung der Geschwindigkeit eines Bewertungswertberechnungsprozesses erreicht werden.

[0125] Als nächstes wird unter Bezugnahme auf **Fig. 19** eine weitere Variante der Pupillenerkennungsvorrichtung 400 beschrieben.

[0126] Die Form eines Bewertungsbereichs EA ist nicht auf eine quadratische Form beschränkt. Der Bewertungsbereich EA kann eine beliebige Form haben. Beispielsweise kann die Form des Bewertungsbereichs EA eine Rautenform oder eine Kreisform sein (siehe **Fig. 19**).

[0127] Im Folgenden werden unter Bezugnahme auf die **Fig. 20** bis **Fig. 27** Varianten des Insassenüberwachungssystems 100 beschrieben.

[0128] Eine fahrzeuginterne Informationsvorrichtung 4 kann am Fahrzeug 1 angebracht sein. Darüber hinaus kann ein tragbares Informationsterminal 5 im Fahrzeug 1 mitgeführt werden. Die fahrzeuginterne Informationsvorrichtung 4 und das tragbare Informationsendgerät 5 können frei miteinander kommunizieren. Die fahrzeuginterne Informationsvorrichtung 4 kann frei mit einem Server 6 außerhalb des Fahrzeugs 1 kommunizieren. Das tragbare Informationsendgerät 5 kann frei mit dem Server 6 außerhalb des Fahrzeugs 1 kommunizieren.

[0129] Bei der Kamera 2 kann es sich um eine Kamera handeln, die in der fahrzeuginternen Informationsvorrichtung 4 oder dem tragbaren Informationsendgerät 5 bereitgestellt wird. Darüber hinaus kann die Ausgabevorrichtung 3 in der fahrzeuginternen Informationsvorrichtung 4 oder dem tragbaren Informationsanschluss 5 bereitgestellt sein. Darüber hinaus kann jede der Vielzahl von Funktionen F1 bis F5, F11, F12 und F21 bis F24 durch die fahrzeuginterne Informationsvorrichtung 4 implementiert werden, oder kann durch das tragbare Informationsendgerät 5 implementiert werden, oder kann durch den Server 6 implementiert werden, oder kann durch die fahrzeuginterne Informationsvorrichtung 4 und das tragbare Informationsendgerät 5, die miteinander kooperieren, implementiert werden, oder kann durch die fahrzeuginterne Informationsvorrichtung 4 und den Server 6, die miteinander kooperieren, implementiert werden, oder kann durch das tragbare Informationsendgerät 5 und den Server 6, die miteinander kooperieren, implementiert werden.

[0130] Wie in **Fig. 20** gezeigt, kann ein Hauptteil des Insassenüberwachungssystems 100 die fahrzeuginterne Informationsvorrichtung 4 umfassen. Alternativ kann, wie in **Fig. 21** gezeigt, der Hauptteil des Insassenüberwachungssystems 100 das tragbare Infor-

mationsterminal 5 umfassen. Alternativ kann der Hauptteil des Insassenüberwachungssystems 100, wie in **Fig. 22** gezeigt, die fahrzeuginterne Informationsvorrichtung 4 und das tragbare Informationsendgerät 5 umfassen. Alternativ kann der Hauptteil des Insassenüberwachungssystems 100, wie in **Fig. 23** dargestellt, die fahrzeuginterne Informationsvorrichtung 4 und den Server 6 umfassen. Alternativ dazu kann der Hauptteil des Insassenüberwachungssystems 100, wie in **Fig. 24** dargestellt, das tragbare Informationsendgerät 5 und den Server 6 umfassen. Alternativ kann, wie in **Fig. 25**, **Fig. 26** oder **Fig. 27** gezeigt, der Hauptteil des Insassenüberwachungssystems 100 die fahrzeuginterne Informationsvorrichtung 4, das tragbare Informationsendgerät 5 und den Server 6 umfassen.

[0131] Wie oben beschrieben, umfasst die Pupillenerkennungsvorrichtung 400 gemäß der ersten Ausführungsform die Augenbereichsbilderhaltungseinheit 31, die Bilddaten (zweite Bilddaten) erhält, die ein Augenbereichsbild I2 in einem von der Kamera 2 erfassten Bild I1 darstellen; die Luminanzgradientenberechnungseinheit 32, die Luminanzgradientenvektoren V2 berechnet, die jeweiligen individuellen Bildeinheiten U in dem Augenbereichsbild I2 entsprechen, unter Verwendung der Bilddaten (zweite Bilddaten); die Bewertungswertberechnungseinheit 33, die Bewertungswerte E entsprechend den jeweiligen Einzelbildeinheiten U unter Verwendung der Luminanzgradientenvektoren V2 berechnet; und die Pupillenpositionserkennungseinheit 34, die eine Pupillenposition PP in dem Augenbereichsbild I2 unter Verwendung der Bewertungswerte E erkennt. Durch diese Konfiguration kann nach dem Erkennen einer Pupillenposition PP die Notwendigkeit, ein Hornhautreflexionsbild zu erkennen, eliminiert werden. Folglich kann die Pupillenposition PP auch bei Verwendung einer Kamera 2 mit geringer Auflösung stabil erkannt werden. Darüber hinaus kann die Pupillenposition PP mit hoher Genauigkeit erkannt werden.

[0132] Darüber hinaus umfasst die Sichtlinienerkennungsvorrichtung 300 gemäß der ersten Ausführungsform die Pupillenerkennungsvorrichtung 400; die Sichtlinienwinkelberechnungseinheit 21, die einen Sichtlinienwinkel ϕ auf Grundlage einer Pupillenposition PP berechnet; und die Sichtlinienrichtungserkennungseinheit 22, die eine Sichtlinienrichtung auf Grundlage des Sichtlinienwinkels ϕ erkennt. Durch diese Konfiguration kann eine Sichtlinienrichtung stabil erkannt werden, selbst wenn die Kamera 2 mit einer niedrigen Auflösung verwendet wird.

[0133] Darüber hinaus umfasst das Insassenüberwachungssystem 100 gemäß der ersten Ausführungsform die Sichtlinienerkennungsvorrichtung 300; die Insassenzustandsbestimmungseinheit 14, die auf Grundlage einer Sichtlinienrichtung bestimmt,

ob der Zustand eines Insassen (Erfassungszielperson) des Fahrzeugs 1 ein Hinweiszielzustand ist oder nicht; und die Hinweisausgaberegelungseinheit 15, die eine Regelung zur Ausgabe eines Hinweises auf Grundlage eines Ergebnisses der Bestimmung durch die Insassenzustandsbestimmungseinheit 14 durchführt. Durch diese Konfiguration kann ein Hinweiszielzustand stabil erkannt werden, selbst wenn die Kamera 2 mit einer niedrigen Auflösung verwendet wird.

[0134] Zusätzlich umfasst ein Pupillenerkennungsverfahren gemäß der ersten Ausführungsform den Schritt ST21, bei dem die Augenbereichsbilderhaltungseinheit 31 Bilddaten (zweite Bilddaten) erhält, die ein Augenbereichsbild I2 in einem von der Kamera 2 erfassten Bild I1 darstellen; den Schritt ST22, bei dem die Luminanzgradientenberechnungseinheit 32 Luminanzgradientenvektoren V2 berechnet, die jeweiligen individuellen Bildeinheiten U in dem Augenbereichsbild I2 entsprechen, unter Verwendung der Bilddaten (zweiten Bilddaten); Schritt ST23, bei dem die Bewertungswertberechnungseinheit 33 Bewertungswerte E entsprechend den jeweiligen Einzelbildeinheiten U unter Verwendung der Luminanzgradientenvektoren V2 berechnet; und Schritt ST24, bei dem die Pupillenpositionserkennungseinheit 34 eine Pupillenposition PP in dem Augenbereichsbild I2 unter Verwendung der Bewertungswerte E erkennt. Durch diese Konfiguration kann beim Erkennen einer Pupillenposition PP die Notwendigkeit, ein Hornhautreflexionsbild zu erkennen, eliminiert werden. Folglich kann die Pupillenposition PP auch bei Verwendung einer Kamera 2 mit geringer Auflösung stabil erkannt werden. Darüber hinaus kann die Pupillenposition PP mit hoher Genauigkeit erkannt werden.

[0135] Zweite Ausführungsform. **Fig. 28** ist ein Blockdiagramm, das einen Hauptteil eines Insassenüberwachungssystems gemäß einer zweiten Ausführungsform zeigt. **Fig. 29** ist ein Blockdiagramm, das einen Hauptteil einer Pupillenerkennungsvorrichtung im Insassenüberwachungssystem gemäß der zweiten Ausführungsform zeigt. Unter Bezugnahme auf die **Fig. 28** und **Fig. 29** wird das Insassenüberwachungssystem gemäß der zweiten Ausführungsform beschrieben. Es ist zu beachten, dass in **Fig. 28** die gleichen Blöcke wie in **Fig. 1** mit den gleichen Bezugszeichen versehen sind und ihre Beschreibung entfällt. Es ist zu beachten, dass in **Fig. 29** die gleichen Blöcke wie in **Fig. 2** mit den gleichen Bezugszeichen versehen sind und ihre Beschreibung weggelassen wird.

[0136] Wie in **Fig. 28** dargestellt, umfasst ein Insassenüberwachungssystem 100a die Kamera 2, die Ausgabevorrichtung 3 und eine Insassenüberwachungsvorrichtung 200a. Die Insassenüberwachungsvorrichtung 200a umfasst die Aufnahmebil-

derhaltungseinheit 11, die Gesichtsmerkmalspunktextraktionseinheit 12, die Gesichtsausrichtungsschätzungseinheit 13, die Insassenzustandsbestimmungseinheit 14, die Hinweisausgaberegeleinheit 15 und eine Sichtlinienerkennungsvorrichtung 300a. Die Sichtlinienerkennungsvorrichtung 300a umfasst die Sichtlinienwinkelberechnungseinheit 21, die Sichtlinienrichtungserkennungseinheit 22 und eine Pupillenerkennungsvorrichtung 400a. Wie in **Fig. 29** gezeigt, umfasst die Pupillenerkennungsvorrichtung 400a die Augenbereichsbilderhaltungseinheit 31, die Luminanzgradientenberechnungseinheit 32, eine Bewertungswert-Berechnungseinheit 33a und eine Pupillenpositionserkennungseinheit 34a. Die Bewertungswertberechnungseinheit 33a umfasst eine zweite Bewertungswertberechnungseinheit 42.

[0137] Die Bewertungswert-Berechnungseinheit 33a erhält Luminanzgradienteninformationen, die von der Luminanzgradientenberechnungseinheit 32 ausgegeben werden. Die Bewertungswert-Berechnungseinheit 33a berechnet Bewertungswerte E, die den jeweiligen individuellen Bildeinheiten U in einem Augenbereichsbild I2 entsprechen, unter Verwendung der erhaltenen Luminanzgradienteninformationen. Die Bewertungswertberechnungseinheit 33a gibt Informationen, die die berechneten Bewertungswerte E (d.h. Bewertungswertinformationen) umfassen, an die Pupillenpositionserkennungseinheit 34a aus.

[0138] Hier umfassen die von der Bewertungswertberechnungseinheit 33a berechneten Bewertungswerte E jeweils einen zweiten Bewertungswert E2, der von der zweiten Bewertungswertberechnungseinheit 42 berechnet wird. Die Bewertungswertinformationen umfassen nämlich die berechneten zweiten Bewertungswerte E2. Die zweiten Bewertungswerte E2 basieren jeweils auf der Anzahl m der Richtungen der Luminanzgradientenvektoren V2, die auf eine entsprechende der einzelnen Bildeinheiten U (d.h. eine Fokusbildeinheit U_I) gerichtet sind. Unter Bezugnahme auf **Fig. 30** wird ein Verfahren zur Berechnung eines zweiten Bewertungswertes E2 beschrieben.

[0139] Zunächst legt die zweite Bewertungswertberechnungseinheit 42 einen Bewertungsbereich EA fest, der eine Fokusbildeinheit U_I umfasst. Der Bewertungsbereich EA ist derselbe wie der in der ersten Ausführungsform beschriebene. Daher wird auf eine wiederholte Beschreibung verzichtet.

[0140] In der zweiten Bewertungswertberechnungseinheit 42 gibt es voreingestellte M Richtungen D_1 bis D_M, die auf die Fokusbildeinheit U_I ausgerichtet sind. M ist eine beliebige ganze Zahl größer oder gleich 2. **Fig. 30** zeigt ein Beispiel für die Richtungen D_1 bis D_8 für den Fall von M = 8. Wie in **Fig. 30** gezeigt, sind die Richtungen D_1 bis D_8 auf Rich-

tungen eingestellt, die man erhält, indem man 360° in acht gleiche Teile teilt. Das heißt, die Richtungen D_1 bis D_8 werden auf Richtungen festgelegt, die in 45°-Intervallen angeordnet sind.

[0141] Die oben beschriebene erhaltene Luminanzgradienteninformation umfasst für jeden der N Luminanzgradientenvektoren V2, die den N Bewertungsbildeinheiten U_E entsprechen, einen Luminanzgradientenwinkel θ , der der Richtung des entsprechenden der N Luminanzgradientenvektoren V2 entspricht. Unter Verwendung der Luminanzgradientenwinkel θ bestimmt die zweite Bewertungswertberechnungseinheit 42 für jede der M Richtungen D_1 bis D_M, ob es einen Luminanzgradientenvektor V2 gibt, der auf die Fokusbildeinheit U_I in einer der Richtung D entsprechenden Orientierung gerichtet ist oder nicht. Durch diese Bestimmung berechnet die zweite Bewertungswertberechnungseinheit 42 die Anzahl m der Richtungen der Luminanzgradientenvektoren V2, die auf die Fokusbildeinheit U_I gerichtet sind. Insbesondere wird m als ein Wert zwischen 0 und M, einschließlich, berechnet.

[0142] Dann berechnet die zweite Bewertungswertberechnungseinheit 42 einen zweiten Bewertungswert E2 basierend auf der berechneten Anzahl m von Richtungen. Der zweite Bewertungswert E2 wird nämlich als ein größerer Wert für eine größere Anzahl m von Richtungen berechnet. Mit anderen Worten, der zweite Bewertungswert E2 wird als kleinerer Wert für eine kleinere Anzahl m von Richtungen berechnet.

[0143] Beispielsweise wird in einem Fall von M = 8 (siehe **Fig. 30**) angenommen, dass N Luminanzgradientenvektoren V2 Luminanzgradientenvektoren V2 umfassen, die auf die Fokusbildeinheit U_I in Orientierungen entsprechend den Richtungen D_1 und D_2 gerichtet sind, und keine Luminanzgradientenvektoren V2 umfassen, die auf die Fokusbildeinheit U_I in Orientierungen entsprechend den Richtungen D_3 bis D_8 gerichtet sind. In diesem Fall wird die Anzahl m der Richtungen von der zweiten Bewertungswertberechnungseinheit 42 als 2 berechnet. Darüber hinaus berechnet die zweite Bewertungswertberechnungseinheit 42 einen zweiten Bewertungswert E2 basierend auf der berechneten Anzahl m von Richtungen. Zum Beispiel wird ein zweiter Bewertungswert E2 basierend auf m/M berechnet.

[0144] Die Pupillenpositionserkennungseinheit 34a erhält die Bewertungswertinformationen, die von der Bewertungswertberechnungseinheit 33a ausgegeben werden. Die Pupillenpositionserkennungseinheit 34a erkennt eine Pupillenposition PP in dem Augenbereichsbild I2 unter Verwendung der erhaltenen Bewertungswertinformationen. Die Pupillenpositionserkennungseinheit 34a gibt Informationen, die

die erkannte Pupillenposition PP (d.h. Pupillenpositionsinformationen) anzeigen, an die Sichtlinienwinkelberechnungseinheit 21 aus.

[0145] Insbesondere erkennt die Pupillenpositionserkennungseinheit 34a den größten Wert unter einer Vielzahl von zweiten Bewertungswerten E2, die einer Vielzahl von Bildeinheiten U in dem Augenbereichsbild I2 entsprechen. Mit anderen Worten, die Pupillenpositionserkennungseinheit 34a erkennt den Maximalwert aus der Vielzahl der zweiten Bewertungswerte E2. Die Pupillenpositionserkennungseinheit 34a erkennt Koordinatenwerte C_X und C_Y, die den Ort einer dem erkannten Maximalwert entsprechenden Bildeinheit U angeben. Als Ergebnis werden die Koordinatenwerte C_X und C_Y entsprechend einer Pupillenposition PP erkannt.

[0146] Die Prinzipien des Erkennens einer Pupillenposition PP durch Erkennung des größten Wertes (d.h. des Maximalwertes) sind die gleichen wie in der ersten Ausführungsform beschrieben. Daher wird auf eine wiederholte Beschreibung verzichtet.

[0147] Das Bezugszeichen „F23a“ kann im Folgenden für eine Funktion der Bewertungswertberechnungseinheit 33a verwendet werden. Darüber hinaus kann das Bezugszeichen „F24a“ für eine Funktion der Pupillenpositionserkennungseinheit 34a verwendet werden.

[0148] Prozesse, die von der Bewertungswertberechnungseinheit 33a durchgeführt werden, können im Folgenden zusammenfassend als „Bewertungswertberechnungsprozess“ bezeichnet werden. Darüber hinaus können Prozesse, die von der Pupillenpositionserkennungseinheit 34a durchgeführt werden, zusammenfassend als „Pupillenpositionsberechnungsprozess“ bezeichnet werden.

[0149] Die Hardwarekonfigurationen eines Hauptteils der Insassenüberwachungsvorrichtung 200a sind die gleichen, wie sie unter Bezugnahme auf die **Fig. 13** bis **Fig. 15** in der ersten Ausführungsform beschrieben sind. Daher wird auf eine detaillierte Beschreibung verzichtet. Die Insassenüberwachungsvorrichtung 200a hat nämlich eine Vielzahl von Funktionen F1 bis F5, F11, F12, F21, F22, F23a und F24a. Jede der Vielzahl von Funktionen F1 bis F5, F11, F12, F21, F22, F23a und F24a kann durch den Prozessor 51 und den Speicher 52 oder durch die Verarbeitungsschaltung 53 implementiert werden.

[0150] Die Vorgänge der Insassenüberwachungsvorrichtung 200a sind dieselben, die unter Bezugnahme auf das Flussdiagramm von **Fig. 16** in der ersten Ausführungsform beschrieben sind. Daher wird auf eine wiederholte Beschreibung verzichtet.

[0151] Die Vorgänge der Sichtlinienerkennungsvorrichtung 300a sind dieselben, die unter Bezugnahme auf das Flussdiagramm von **Fig. 17** in der ersten Ausführungsform beschrieben wurden. Daher wird auf eine wiederholte Beschreibung verzichtet.

[0152] Als nächstes werden unter Bezugnahme auf ein Flussdiagramm von **Fig. 31** die Vorgänge der Pupillenerkennungsvorrichtung 400a beschrieben. Es ist zu beachten, dass in **Fig. 31** die gleichen Schritte wie in **Fig. 18** mit den gleichen Bezugszeichen versehen sind und eine Beschreibung derselben entfällt.

[0153] Zunächst werden die Schritte ST21 und ST22 durchgeführt. Dann führt die Bewertungswertberechnungseinheit 33a einen Bewertungswertberechnungsprozess durch (Schritt ST23a). Anschließend führt die Pupillenpositionserkennungseinheit 34a einen Pupillenerkennungsprozess durch (Schritt ST24a).

[0154] Es ist zu beachten, dass die Pupillenerkennungsvorrichtung 400a die gleichen verschiedenen Varianten annehmen kann, wie sie in der ersten Ausführungsform beschrieben sind. Darüber hinaus kann das Insassenüberwachungssystem 100a die gleichen verschiedenen Varianten annehmen, wie sie in der ersten Ausführungsform beschrieben sind.

[0155] Zum Beispiel, wenn die zweite Bewertungswertberechnungseinheit 42 bestimmt, dass sich eine Fokusbildeinheit U_I an einem äußeren Augenwinkelabschnitt befindet, kann die zweite Bewertungswertberechnungseinheit 42 einen zweiten Bewertungswert E2 unter Verwendung eines ersten Abschnittsbewertungsbereiches berechnen. Außerdem kann die zweite Bewertungswertberechnungseinheit 42 einen zweiten Bewertungswert E2 unter Verwendung eines zweiten Bewertungsbereiches verwenden, wenn die zweite Bewertungswertberechnungseinheit 42 bestimmt, dass sich eine fokussierte Bildeinheit U_I in einem inneren Augenwinkelbereich befindet. Wenn die zweite Bewertungswertberechnungseinheit 42 bestimmt, dass sich eine Fokusbildeinheit U_I an einem oberen Augenlidabschnitt befindet, kann die zweite Bewertungswertberechnungseinheit 42 außerdem einen zweiten Bewertungswert E2 unter Verwendung eines dritten Abschnittsbewertungsbereiches berechnen. Wenn die zweite Bewertungswertberechnungseinheit 42 bestimmt, dass sich eine Fokusbildeinheit U_I an einem unteren Augenlidabschnitt befindet, kann die zweite Bewertungswertberechnungseinheit 42 außerdem einen zweiten Bewertungswert E2 unter Verwendung eines vierten Abschnittsbewertungsbereiches berechnen.

[0156] Wenn der Bewertungsbereich des ersten Abschnitts, der Bewertungsbereich des zweiten

Abschnitts, der Bewertungsbereich des dritten Abschnitts oder der Bewertungsbereich des vierten Abschnitts für die Berechnung eines zweiten Bewertungswerts E2 verwendet wird, kann der zweite Bewertungswert E2 als ein auf $m/(M/2)$ basierender Wert berechnet werden, anstatt als ein auf m/M basierender Wert berechnet zu werden.

[0157] Darüber hinaus kann die zweite Bewertungswertberechnungseinheit 42 beispielsweise Luminanzgradientenvektoren V2, die jeweils einen Luminanzgradientenwert ΔB aufweisen, der kleiner oder gleich einem Schwellenwert ΔB_{th} ist, von der Berechnung eines zweiten Bewertungswerts E2 ausschließen.

[0158] Wie oben beschrieben, umfasst in der Pupillenerkennungsvorrichtung 400a gemäß der zweiten Ausführungsform ein Bewertungswert E einen zweiten Bewertungswert E2 basierend auf der Anzahl m der Richtungen der Luminanzgradientenvektoren V2, die auf eine entsprechende der einzelnen Bildeinheiten U gerichtet sind. Bei der Erkennung einer Pupillenposition PP mit hoher Genauigkeit können selbstverständlich die ersten Bewertungswerte E1 verwendet werden und die zweiten Bewertungswerte E2 können ebenfalls verwendet werden.

Dritte Ausführungsform.

[0159] Fig. 32 ist ein Blockdiagramm, das einen Hauptteil eines Insassenüberwachungssystems gemäß einer dritten Ausführungsform zeigt. Fig. 33 ist ein Blockdiagramm, das einen Hauptteil einer Pupillenerkennungsvorrichtung im Insassenüberwachungssystem gemäß der dritten Ausführungsform zeigt. Unter Bezugnahme auf die Fig. 32 und Fig. 33 wird das Insassenüberwachungssystem gemäß der dritten Ausführungsform beschrieben. Es ist zu beachten, dass in Fig. 32 die gleichen Blöcke wie in Fig. 1 mit den gleichen Bezugszeichen versehen sind und ihre Beschreibung entfällt. Es ist zu beachten, dass in Fig. 33 die gleichen Blöcke wie in Fig. 2 mit den gleichen Bezugszeichen versehen sind und ihre Beschreibung weggelassen wird.

[0160] Wie in Fig. 32 dargestellt, umfasst ein Insassenüberwachungssystem 100b die Kamera 2, die Ausgabevorrichtung 3 und eine Insassenüberwachungsvorrichtung 200b. Die Insassenüberwachungsvorrichtung 200b umfasst die Aufnahmebilderhaltungseinheit 11, die Gesichtsmerkmalspunktextraktionseinheit 12, die Gesichtsausrichtungsschätzungseinheit 13, die Insassenzustandsbestimmungseinheit 14, die Hinweisausgaberegeleinheit 15 und eine Sichtlinienerkennungsvorrichtung 300b. Die Sichtlinienerkennungsvorrichtung 300b umfasst die Sichtlinienwinkelberechnungseinheit 21, die Sichtlinienrichtungserkennungseinheit 22, und eine Pupil-

lenerkennungsvorrichtung 400b. Wie in Fig. 33 dargestellt, umfasst die Pupillenerkennungsvorrichtung 400b die Augenbereichsbilderhaltungseinheit 31, die Luminanzgradientenberechnungseinheit 32, eine Bewertungswert-Berechnungseinheit 33b und eine Pupillenpositionserkennungseinheit 34b. Die Bewertungswertberechnungseinheit 33b umfasst die erste Bewertungswertberechnungseinheit 41 und die zweite Bewertungswertberechnungseinheit 42.

[0161] Die Bewertungswert-Berechnungseinheit 33b erhält Luminanzgradienteninformationen, die von der Luminanzgradientenberechnungseinheit 32 ausgegeben werden. Die Bewertungswert-Berechnungseinheit 33b berechnet Bewertungswerte E, die jeweiligen individuellen Bildeinheiten U in einem Augenbereichsbild I2 entsprechen, unter Verwendung der erhaltenen Luminanzgradienteninformationen. Die Bewertungswertberechnungseinheit 33b gibt Informationen, die die berechneten Bewertungswerte E (d.h. Bewertungswertinformationen) umfassen, an die Pupillenpositionserkennungseinheit 34b aus.

[0162] Hier umfassen die von der Bewertungswertberechnungseinheit 33b berechneten Bewertungswerte E jeweils einen ersten Bewertungswert E1, der von der ersten Bewertungswertberechnungseinheit 41 berechnet wird, und einen zweiten Bewertungswert E2, der von der zweiten Bewertungswertberechnungseinheit 42 berechnet wird. Die Bewertungswertinformationen umfassen nämlich die berechneten ersten Bewertungswerte E1 und die berechneten zweiten Bewertungswerte E2.

[0163] Ein Verfahren zur Berechnung eines ersten Bewertungswertes E1 ist das gleiche wie das in der ersten Ausführungsform beschriebene. Daher wird auf eine wiederholte Beschreibung verzichtet. Darüber hinaus ist ein Verfahren zur Berechnung eines zweiten Bewertungswertes E2 dasselbe wie das in der zweiten Ausführungsform beschriebene. Daher wird auf eine wiederholte Beschreibung verzichtet.

[0164] Die Pupillenpositionserkennungseinheit 34b erhält die Bewertungswertinformationen, die von der Bewertungswertberechnungseinheit 33b ausgegeben werden. Die Pupillenpositionserkennungseinheit 34b erkennt eine Pupillenposition PP in einem Augenbereichsbild I2 unter Verwendung der erhaltenen Bewertungswertinformationen. Die Pupillenpositionserkennungseinheit 34b gibt Informationen, die die erkannte Pupillenposition PP (d.h. Pupillenpositionsinformationen) anzeigen, an die Sichtlinienwinkelberechnungseinheit 21 aus. Drei Verfahren zum Erkennen einer Pupillenposition PP durch die Pupillenpositionserkennungseinheit 34b werden im Folgenden beschrieben.

<Erstes Erkennungsverfahren>

[0165] In der Pupillenpositionserkennungseinheit 34b ist ein vorgegebener Referenzwert E_{ref} vorgelegt. Die Pupillenpositionserkennungseinheit 34b erkennt unter einer Vielzahl von Bildeinheiten U , die in einem Augenbereichsbild I_2 umfasst sind, Bildeinheiten U , die ersten Bewertungswerten E_1 entsprechen, die größer oder gleich dem Referenzwert E_{ref} sind. Dann erkennt die Pupillenpositionserkennungseinheit 34b eine Bildeinheit U , deren entsprechender zweiter Bewertungswert E_2 der größte Wert unter den erkannten Bildeinheiten U ist. Das heißt, die Pupillenpositionserkennungseinheit 34b erkennt eine Bildeinheit U , deren entsprechender zweiter Bewertungswert E_2 der Maximalwert ist. Dann erkennt die Pupillenpositionserkennungseinheit 34b Koordinatenwerte C_X und C_Y , die den Ort der erkannten Bildeinheit U angeben. Als Ergebnis werden die Koordinatenwerte C_X und C_Y erkannt, die einer Pupillenposition PP entsprechen.

[0166] Die Prinzipien des Erkennens einer Pupillenposition PP durch Erkennung des größten Wertes (d.h. des Maximalwertes) sind die gleichen wie in der ersten Ausführungsform beschrieben. Daher wird auf eine wiederholte Beschreibung verzichtet.

<Zweites Erkennungsverfahren>

[0167] In der Pupillenpositionserkennungseinheit 34b ist ein vorbestimmter Referenzwert E_{2ref} vorgelegt. Die Pupillenpositionserkennungseinheit 34b erkennt unter einer Vielzahl von Bildeinheiten U , die in einem Augenbereichsbild I_2 umfasst sind, Bildeinheiten U , die zweiten Bewertungswerten E_2 entsprechen, die größer oder gleich dem Referenzwert E_{2ref} sind. Dann erkennt die Pupillenpositionserkennungseinheit 34b eine Bildeinheit U , deren entsprechender erster Bewertungswert E_1 der größte Wert unter den erkannten Bildeinheiten U ist. Das heißt, die Pupillenpositionserkennungseinheit 34b erkennt eine Bildeinheit U , deren entsprechender erster Bewertungswert E_1 der Maximalwert ist. Dann erkennt die Pupillenpositionserkennungseinheit 34b Koordinatenwerte C_X und C_Y , die den Ort der erkannten Bildeinheit U angeben. Als Ergebnis werden die Koordinatenwerte C_X und C_Y , die einer Pupillenposition PP entsprechen, erkannt.

[0168] Die Prinzipien des Erkennens einer Pupillenposition PP durch Erkennung des größten Wertes (d.h. des Maximalwertes) sind die gleichen wie in der ersten Ausführungsform beschrieben. Daher wird auf eine wiederholte Beschreibung verzichtet.

<Drittes Erkennungsverfahren>

[0169] Die Pupillenpositionserkennungseinheit 34b berechnet für jede einzelne Bildeinheit U in einem

Augenbereichsbild I_2 einen statistischen Wert S aus einem entsprechenden ersten Bewertungswert E_1 und einem entsprechenden zweiten Bewertungswert E_2 . Die Pupillenpositionserkennungseinheit 34b erkennt eine Bildeinheit U , deren entsprechender statistischer Wert S der größte Wert unter einer Vielzahl von Bildeinheiten U ist, die in dem Augenbereichsbild I_2 umfasst sind. Das heißt, die Pupillenpositionserkennungseinheit 34b erkennt eine Bildeinheit U , deren entsprechender statistischer Wert S der Maximalwert ist. Die Pupillenpositionserkennungseinheit 34b erkennt Koordinatenwerte C_X und C_Y , die die Position der erkannten Bildeinheit U angeben. Als Ergebnis werden die Koordinatenwerte C_X und C_Y , die einer Pupillenposition PP entsprechen, erkannt.

[0170] Die Prinzipien des Erkennens einer Pupillenposition PP durch Erkennung des größten Wertes (d.h. des Maximalwertes) sind die gleichen wie in der ersten Ausführungsform beschrieben. Daher wird auf eine wiederholte Beschreibung verzichtet.

[0171] Ein statistischer Wert S verwendet z.B. einen Gesamtwert eines entsprechenden ersten Bewertungswertes E_1 und eines entsprechenden zweiten Bewertungswertes E_2 ($S = E_1 + E_2$). Alternativ verwendet ein statistischer Wert S beispielsweise einen Gesamtwert eines Wertes E_1' , der durch Gewichtung eines entsprechenden ersten Bewertungswertes E_1 mit einem vorgegebenen Gewichtungswert W_1 erhalten wird, und einen entsprechenden zweiten Bewertungswert E_2 ($S = E_1' + E_2$). Alternativ verwendet ein statistischer Wert S beispielsweise einen Gesamtwert eines entsprechenden ersten Bewertungswertes E_1 und eines Wertes E_2' , der durch Gewichtung eines entsprechenden zweiten Bewertungswertes E_2 mit einem vorgegebenen Gewichtungswert W_2 erhalten wird ($S = E_1 + E_2'$). Alternativ verwendet ein statistischer Wert S beispielsweise einen Gesamtwert aus einem Wert E_1' , der durch Gewichtung eines entsprechenden ersten Bewertungswertes E_1 mit einem vorgegebenen Gewichtungswert W_1 erhalten wird, und einem Wert E_2' , der durch Gewichtung eines entsprechenden zweiten Bewertungswertes E_2 mit einem vorgegebenen Gewichtungswert W_2 erhalten wird ($S = E_1' + E_2'$).

[0172] Das Bezugszeichen „F23b“ kann im Folgenden für eine Funktion der Bewertungswertberechnungseinheit 33b verwendet werden. Darüber hinaus kann das Bezugszeichen „F24b“ für eine Funktion der Pupillenpositionserkennungseinheit 34b verwendet werden.

[0173] Prozesse, die von der Bewertungswertberechnungseinheit 33b durchgeführt werden, können im Folgenden zusammenfassend als „Bewertungswertberechnungsprozess“ bezeichnet werden. Darü-

ber hinaus können Prozesse, die von der Pupillenpositionserkennungseinheit 34b durchgeführt werden, zusammenfassend als „Pupillenpositionsberechnungsprozess“ bezeichnet werden.

[0174] Die Hardwarekonfigurationen eines Hauptteils der Insassenüberwachungsvorrichtung 200b sind die gleichen, wie sie unter Bezugnahme auf die **Fig. 13** bis **Fig. 15** in der ersten Ausführungsform beschrieben sind. Daher wird auf eine detaillierte Beschreibung verzichtet. Die Insassenüberwachungsvorrichtung 200b hat nämlich eine Vielzahl von Funktionen F1 bis F5, F11, F12, F21, F22, F23b und F24b. Jede der Vielzahl von Funktionen F1 bis F5, F11, F12, F21, F22, F23b und F24b kann durch den Prozessor 51 und den Speicher 52 oder durch die Verarbeitungsschaltung 53 implementiert werden.

[0175] Die Vorgänge der Insassenüberwachungsvorrichtung 200b sind die gleichen, wie sie unter Bezugnahme auf das Flussdiagramm von **Fig. 16** in der ersten Ausführungsform beschrieben sind. Daher wird auf eine wiederholte Beschreibung verzichtet.

[0176] Die Vorgänge der Sichtlinienerkennungsvorrichtung 300b sind dieselben, die unter Bezugnahme auf das Flussdiagramm in **Fig. 17** in der ersten Ausführungsform beschrieben wurden. Daher wird auf eine wiederholte Beschreibung verzichtet.

[0177] Als nächstes werden unter Bezugnahme auf ein Flussdiagramm von **Fig. 34** die Vorgänge der Pupillenerkennungsvorrichtung 400b beschrieben. Es ist zu beachten, dass in **Fig. 34** dieselben Schritte wie in **Fig. 18** mit denselben Bezugszeichen versehen sind und eine Beschreibung derselben unterbleibt.

[0178] Zunächst werden die Schritte ST21 und ST22 durchgeführt. Dann führt die Bewertungswertberechnungseinheit 33b einen Bewertungswertberechnungsprozess durch (Schritt ST23b). Anschließend führt die Pupillenpositionserkennungseinheit 34b einen Pupillenerkennungsprozess durch (Schritt ST24b).

[0179] Es ist zu beachten, dass die Pupillenerkennungsvorrichtung 400b die gleichen verschiedenen Varianten annehmen kann, wie sie in der ersten Ausführungsform beschrieben sind. Darüber hinaus kann das Insassenüberwachungssystem 100b die gleichen verschiedenen Varianten annehmen, wie sie in der ersten Ausführungsform beschrieben sind.

[0180] Wenn die Bewertungswertberechnungseinheit 33b beispielsweise bestimmt, dass sich eine Fokusbildeinheit U_I in einem äußeren Augenwinkelbereich befindet, kann die Bewertungswertberech-

nungseinheit 33b einen ersten Bewertungswert E1 und einen zweiten Bewertungswert E2 unter Verwendung eines Bewertungsbereichs des ersten Bereichs berechnen. Wenn die Bewertungswertberechnungseinheit 33b feststellt, dass sich eine Fokusbildeinheit U_I an einem Augeninnenwinkelabschnitt befindet, kann die Bewertungswertberechnungseinheit 33b außerdem einen ersten Bewertungswert E1 und einen zweiten Bewertungswert E2 unter Verwendung eines zweiten Abschnittsbewertungsbereichs berechnen. Zusätzlich kann die Bewertungswertberechnungseinheit 33b einen ersten Bewertungswert E1 und einen zweiten Bewertungswert E2 unter Verwendung eines dritten Abschnittsbewertungsbereichs berechnen, wenn die Bewertungswertberechnungseinheit 33b bestimmt, dass sich eine Fokusbildeinheit U_I an einem oberen Augenlidabschnitt befindet. Wenn die Bewertungswertberechnungseinheit 33b bestimmt, dass sich eine Fokusbildeinheit U_I an einem unteren Augenlidabschnitt befindet, kann die Bewertungswertberechnungseinheit 33b außerdem einen ersten Bewertungswert E1 und einen zweiten Bewertungswert E2 unter Verwendung eines vierten Abschnittsbewertungsbereichs berechnen.

[0181] Darüber hinaus kann die Bewertungswertberechnungseinheit 33b beispielsweise Luminanzgradientenvektoren V2, die jeweils einen Luminanzgradientenwert ΔB aufweisen, der kleiner oder gleich einem Schwellenwert ΔB_{th} ist, von der Berechnung eines ersten Bewertungswerts E1 und eines zweiten Bewertungswerts E2 ausschließen.

[0182] Wie oben beschrieben, umfasst in der Pupillenerkennungsvorrichtung 400b gemäß der dritten Ausführungsform ein Bewertungswert E einen ersten Bewertungswert E1 basierend auf der Anzahl n von Luminanzgradientenvektoren V2, die auf eine entsprechende der einzelnen Bildeinheiten U gerichtet sind, und umfasst einen zweiten Bewertungswert E2 basierend auf der Anzahl m von Richtungen von Luminanzgradientenvektoren V2, die auf die entsprechende der einzelnen Bildeinheiten U gerichtet sind. Bei der Erkennung einer Pupillenposition PP mit hoher Genauigkeit können natürlich die ersten Bewertungswerte E1 verwendet werden und die zweiten Bewertungswerte E2 können ebenfalls verwendet werden.

[0183] Es ist zu beachten, dass in der Offenbarung der vorliegenden Anmeldung eine freie Kombination der Ausführungsformen, Modifikationen beliebiger Komponenten jeder der Ausführungsformen oder das Weglassen beliebiger Komponenten in jeder der Ausführungsformen möglich sind, die in den Anwendungsbereich der Offenbarung fallen.

INDUSTRIELLE ANWENDBARKEIT		42	zweite Bewertungs- wertberechnungsein- heit,
[0184]	Pupillenerkennungsvorrichtungen, Sichtli- nienerkennungsvorrichtungen und Pupillenerken- nungsverfahren gemäß der vorliegenden Offenbar- ung können z. B. in	51	Prozessor,
	Insassenüberwachungssystemen verwendet wer- den. Insassenüberwachungssysteme gemäß der vorliegenden Offenbarung können z. B. in Fahrzeu- gen verwendet werden.	52 53	Speicher, Verarbeitungsvorrich- tung,
		100, 100a, 100b	Insassenüberwa- chungssystem,
	Bezugszeichenliste	200, 200a, 200b	Insassenüberwa- chungsvorrichtung,
1	Fahrzeug,		
2	Kamera,	300, 300a, 300b	Sichtlinienerkennungs- vorrichtung, und
3	Ausgabevorrichtung,	400, 400a, 400b	Pupillenerkennungs- vorrichtung.
4			
	fahrzeuginterne Infor- mationsvorrichtung,		
5	tragbaresInformations- terminal,		
6	Server,		
11	Gesichtsmerkmal- spunktextraktionsein- heit,		
12	Gesichtsmerkmal- spunktextraktionsein- heit,		
13	Gesichtsorientie- rungsschätzungsein- heit,		
14	Insassenzustandsbes- timmungseinheit,		
15	Hinweisausgabereg- einheit,		
21	Sichtlinienwinkelbe- rechnungseinheit,		
22	Sichtlinienrichtungser- kennungseinheit,		
31	Augenbereichsbilder- fassungseinheit,		
32	Luminanzgradienten- berechnungseinheit,		
33, 33a, 33b	Bewertungswertbe- rechnungseinheit,		
34, 34a, 34b	Pupillenpositionser- kennungseinheit,		
41	erste Bewertungswert- berechnungseinheit,		

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Zitierte Patentliteratur

- JP 2012024154 A [0004]

Patentansprüche

1. Pupillenerkennungsvorrichtung, umfassend:
 eine Augenbereichsbilderhaltungseinheit zum Erhalten von Bilddaten, die ein Augenbereichsbild in einem von einer Kamera aufgenommenen Bild darstellen;
 eine Luminanzgradientenberechnungseinheit zum Berechnen von Luminanzgradientenvektoren, die den jeweiligen individuellen Bildeinheiten in dem Augenbereichsbild entsprechen, unter Verwendung der Bilddaten;
 eine Bewertungswertberechnungseinheit zum Berechnen von Bewertungswerten, die den jeweiligen einzelnen Bildeinheiten entsprechen, unter Verwendung der Luminanzgradientenvektoren; und
 eine Pupillenpositionserkennungseinheit zum Erkennen einer Pupillenposition in dem Augenbereichsbild, unter Verwendung der Bewertungswerte.

2. Pupillenerkennungsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei jeder der Bewertungswerte einen ersten Bewertungswert basierend auf der Anzahl der Luminanzgradientenvektoren umfasst, die auf eine entsprechende der einzelnen Bildeinheiten gerichtet sind.

3. Pupillenerkennungsvorrichtung nach Anspruch 2, wobei die Pupillenpositionserkennungseinheit die Pupillenposition erkennt, indem sie eine Position einer der Bildeinheiten erkennt, die einem Maximalwert des ersten Bewertungswerts entspricht.

4. Pupillenerkennungsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei jeder der Bewertungswerte einen zweiten Bewertungswert umfasst, der auf der Anzahl der Richtungen von Luminanzgradientenvektoren basiert, die auf eine entsprechende der einzelnen Bildeinheiten gerichtet sind.

5. Pupillenerkennungsvorrichtung nach Anspruch 4, wobei die Pupillenpositionserkennungseinheit die Pupillenposition erkennt, indem sie eine Position einer der Bildeinheiten erkennt, die einem Maximalwert des zweiten Bewertungswerts entspricht.

6. Pupillenerkennungsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei jeder der Bewertungswerte einen ersten Bewertungswert umfasst, der auf der Anzahl von Luminanzgradientenvektoren basiert, die auf eine entsprechende der einzelnen Bildeinheiten gerichtet sind, und einen zweiten Bewertungswert umfasst, der auf der Anzahl von Richtungen von Luminanzgradientenvektoren basiert, die auf die entsprechende der einzelnen Bildeinheiten gerichtet sind.

7. Pupillenerkennungsvorrichtung nach Anspruch 6, wobei die Pupillenpositionserkennungseinheit die Pupillenposition erkennt, indem sie eine Position einer Bildeinheit erkennt, die einem Maximalwert des zweiten Bewertungswerts unter mindestens einer der Bildeinheiten entspricht, die dem ersten Bewertungswert entspricht, der größer als oder gleich einem Referenzwert ist.

8. Pupillenerkennungsvorrichtung nach Anspruch 6, wobei die Pupillenpositionserkennungseinheit die Pupillenposition erkennt, indem sie eine Position einer Bildeinheit erkennt, die einem Maximalwert des ersten Bewertungswerts unter mindestens einer der Bildeinheiten entspricht, die dem zweiten Bewertungswert entspricht, der größer als oder gleich einem Referenzwert ist.

9. Pupillenerkennungsvorrichtung nach Anspruch 6, wobei die Pupillenpositionserkennungseinheit die Pupillenposition erkennt, indem sie eine Position einer der Bildeinheiten erkennt, die einem Maximalwert eines statistischen Werts des ersten Bewertungswerts und des zweiten Bewertungswerts entspricht.

10. Pupillenerkennungsvorrichtung nach Anspruch 9, wobei der statistische Wert auf mindestens einem von einem durch Gewichtung des ersten Bewertungswerts erhaltenen Wert und einem durch Gewichtung des zweiten Bewertungswerts erhaltenen Wert basiert.

11. Pupillenerkennungsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Bewertungswertberechnungseinheit einen der Luminanzgradientenvektoren, der eine Größe kleiner oder gleich einem Schwellenwert hat, von der Berechnung der Bewertungswerte ausschließt.

12. Pupillenerkennungsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Bewertungswertberechnungseinheit jeden der Bewertungswerte unter Verwendung mindestens eines der Luminanzgradientenvektoren berechnet, der in einem Bewertungsbereich liegt, der einer entsprechenden der einzelnen Bildeinheiten entspricht.

13. Pupillenerkennungsvorrichtung nach Anspruch 12, wobei, wenn die Bewertungswertberechnungseinheit einen der Bewertungswerte berechnet, der einer der Bildeinheiten entspricht, die sich in einem Augenaußenwinkelabschnitt des Augenbereichsbildes befindet, die Bewertungswertberechnungseinheit den einen der Bewertungswerte unter Verwendung mindestens eines der Luminanzgradientenvektoren berechnet, der sich in einem ersten Abschnittsbewertungsbereich befindet, der einem linken Halbabschnitt oder einem rechten Halbabschnitt des Bewertungsbereichs entspricht.

14. Pupillenerkennungsvorrichtung nach Anspruch 12, wobei, wenn die Bewertungswertberechnungseinheit einen der Bewertungswerte berechnet, der einer der Bildeinheiten entspricht, die sich in einem Augeninnenwinkelabschnitt des Augenbereichsbildes befindet, die Bewertungswertberechnungseinheit den einen der Bewertungswerte unter Verwendung mindestens eines der Luminanzgradientenvektoren berechnet, der sich in einem zweiten Abschnittsbewertungsbereich befindet, der einem rechten Halbabschnitt oder einem linken Halbabschnitt des Bewertungsbereichs entspricht.

15. Pupillenerkennungsvorrichtung nach Anspruch 12, wobei, wenn die Bewertungswertberechnungseinheit einen der Bewertungswerte berechnet, der einer der Bildeinheiten entspricht, die sich in einem oberen Augenlidabschnitt des Augenbereichsbildes befindet, die Bewertungswertberechnungseinheit den einen der Bewertungswerte unter Verwendung von mindestens einem der Luminanzgradientenvektoren berechnet, der sich in einem dritten Abschnittsbewertungsbereich befindet, der einem unteren Halbabschnitt des Bewertungsbereichs entspricht.

16. Pupillenerkennungsvorrichtung nach Anspruch 12, wobei, wenn die Bewertungswertberechnungseinheit einen der Bewertungswerte berechnet, der einer der Bildeinheiten entspricht, die sich in einem unteren Augenlidabschnitt des Augenbereichsbildes befindet, die Bewertungswertberechnungseinheit den einen der Bewertungswerte unter Verwendung mindestens eines der Luminanzgradientenvektoren berechnet, der sich in einem vierten Abschnittsbewertungsbereich befindet, der einem oberen Halbabschnitt des Bewertungsbereichs entspricht.

17. Pupillenerkennungsvorrichtung nach Anspruch 12, wobei der Bewertungsbereich eine kleinere Größe als eine Referenzirisgröße aufweist.

18. Sichtlinienerkennungsvorrichtung, umfassend:
die Pupillenerkennungsvorrichtung nach Anspruch 1;
eine Sichtlinienwinkelberechnungseinheit zur Berechnung eines Sichtlinienwinkels auf Grundlage der Pupillenposition; und
eine Sichtlinienrichtungserkennungseinheit zur Erkennung einer Sichtlinienrichtung auf Grundlage des Sichtlinienwinkels.

19. Insassenüberwachungssystem, umfassend:
die Sichtlinienerkennungsvorrichtung nach Anspruch 18;
eine Insassenzustandsbestimmungseinheit zur Bestimmung auf Grundlage der Sichtlinienrichtung, ob ein Zustand eines Insassen eines Fahrzeugs

ein Hinweiszielzustand ist oder nicht; und
eine Hinweisausgaberegulierung zur Durchführung einer Regulierung zur Ausgabe eines Hinweises auf Grundlage eines Ergebnisses der Bestimmung durch die Insassenzustandsbestimmungseinheit.

20. Pupillenerkennungsverfahren, das die folgenden Schritte umfasst:
Erhalten, durch eine Augenbereichsbilderhaltungseinheit, von Bilddaten, die ein Augenbereichsbild in einem von einer Kamera aufgenommenen Bild darstellen;
Berechnen, durch eine Luminanzgradientenberechnungseinheit, von Luminanzgradientenvektoren, die jeweiligen individuellen Bildeinheiten in dem Augenbereichsbild entsprechen, unter Verwendung der Bilddaten;
Berechnen, durch eine Bewertungswertberechnungseinheit, von Bewertungswerten, die den jeweiligen einzelnen Bildeinheiten entsprechen, unter Verwendung der Luminanzgradientenvektoren; und
Erkennen, durch eine Pupillenpositionserkennungseinheit, einer Pupillenposition in dem Augenbereichsbild unter Verwendung der Bewertungswerte.

Es folgen 19 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

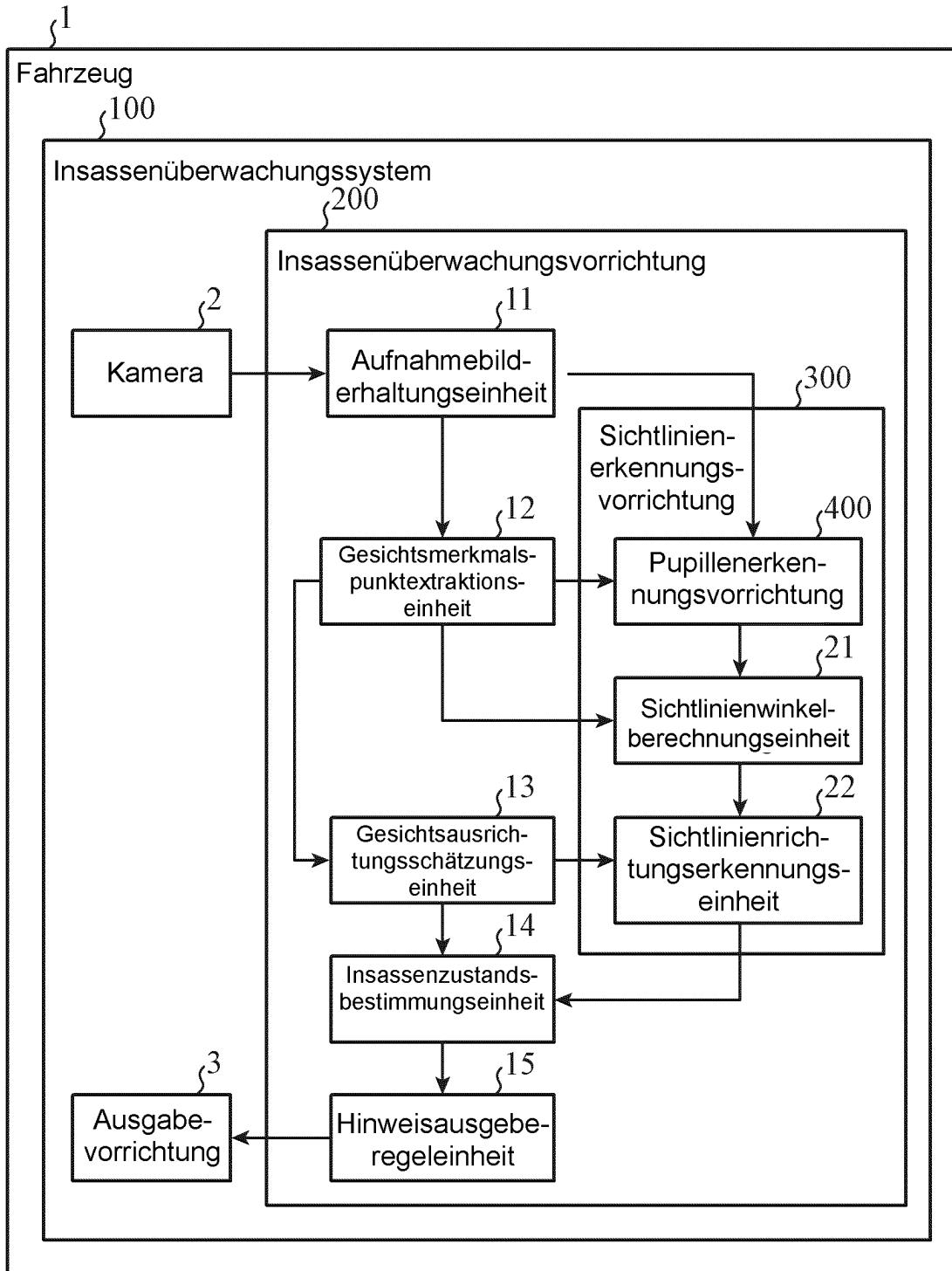


FIG. 2

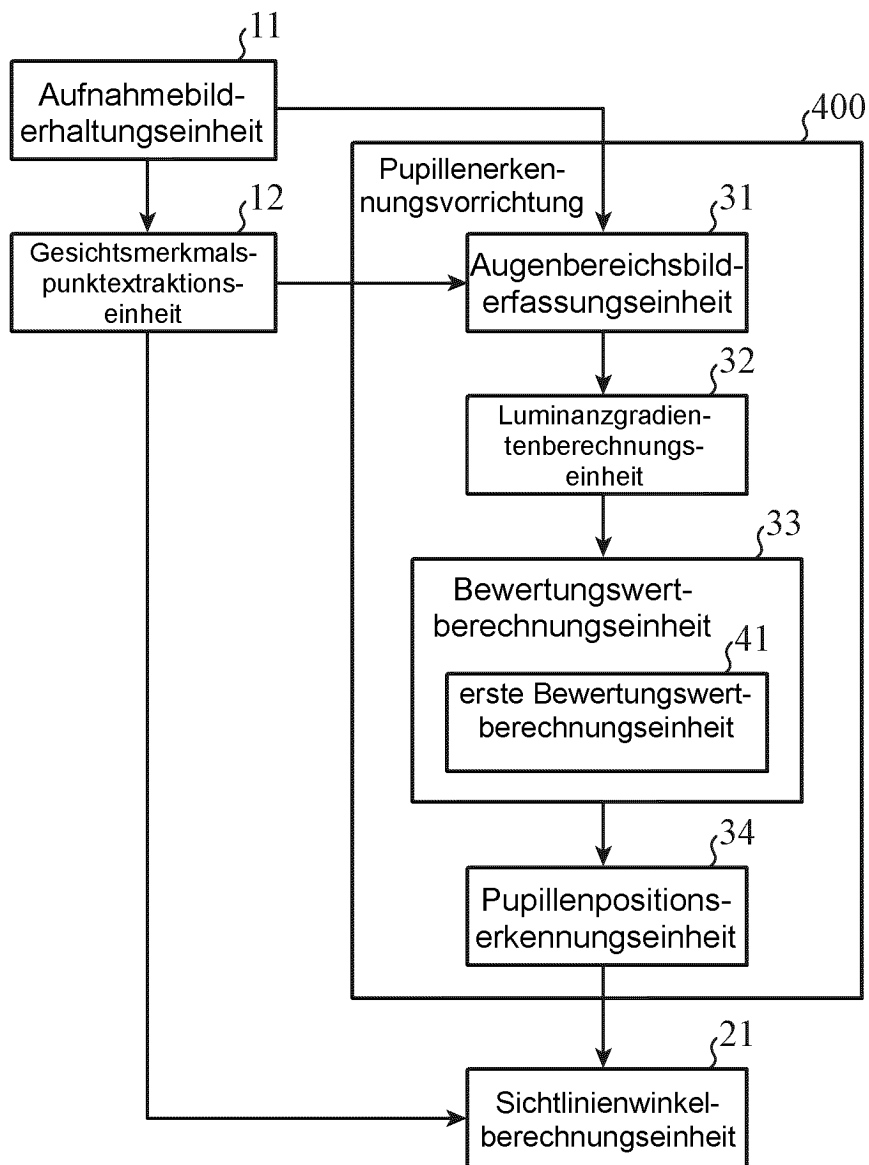


FIG. 3

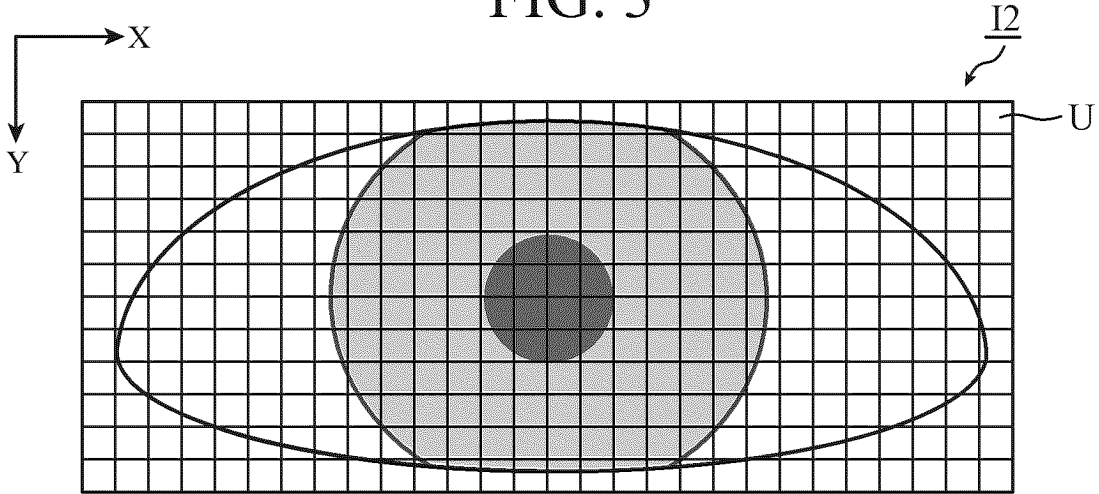


FIG. 4

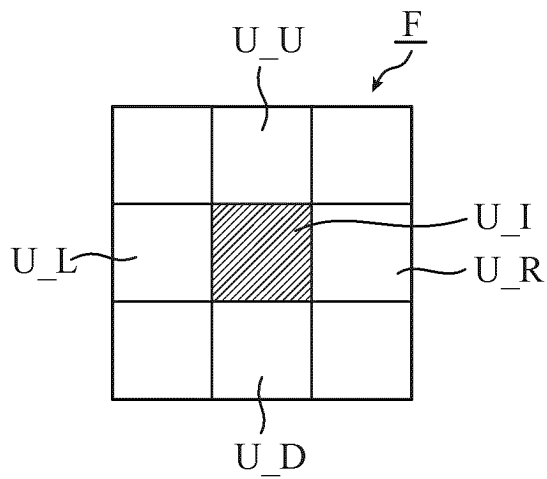


FIG. 5

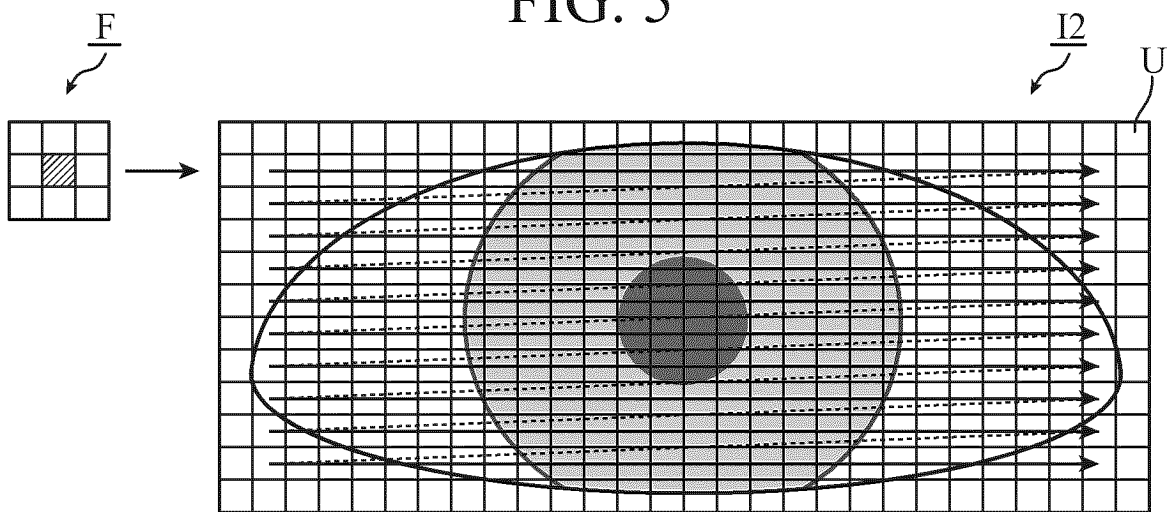


FIG. 6

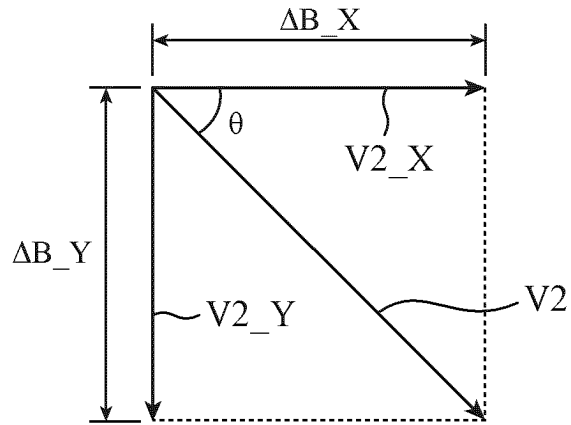


FIG. 7

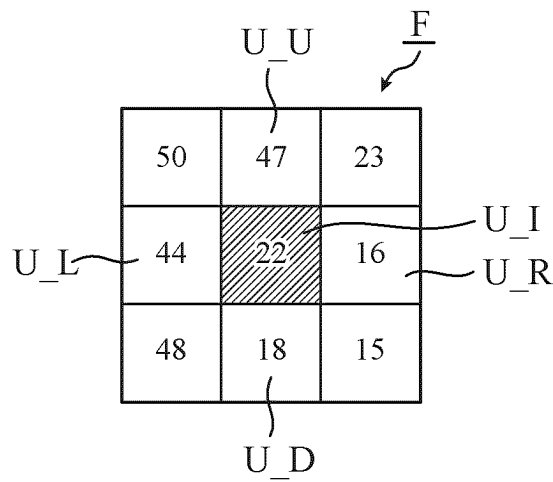


FIG. 8

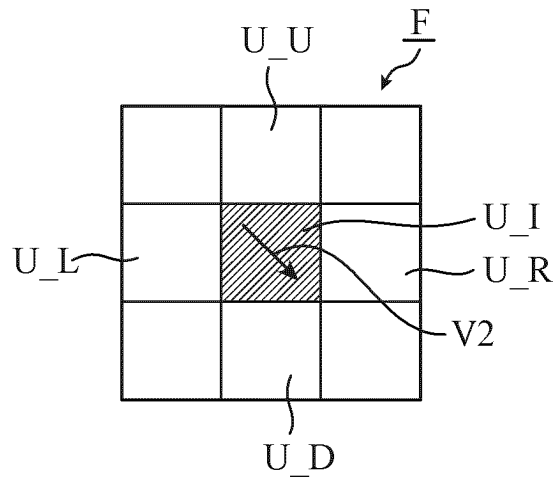


FIG. 9

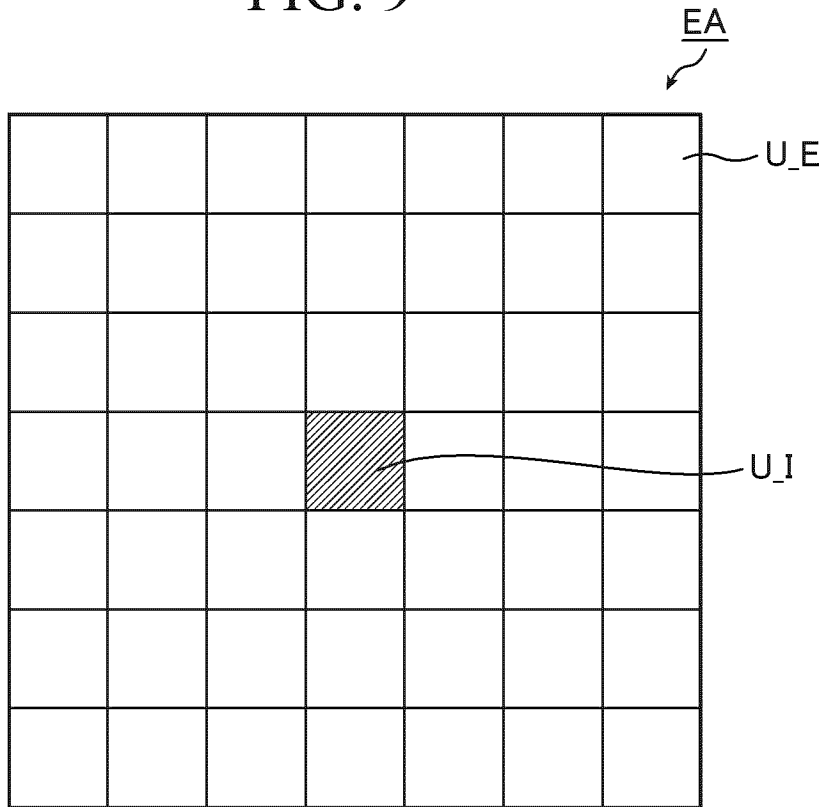


FIG. 10

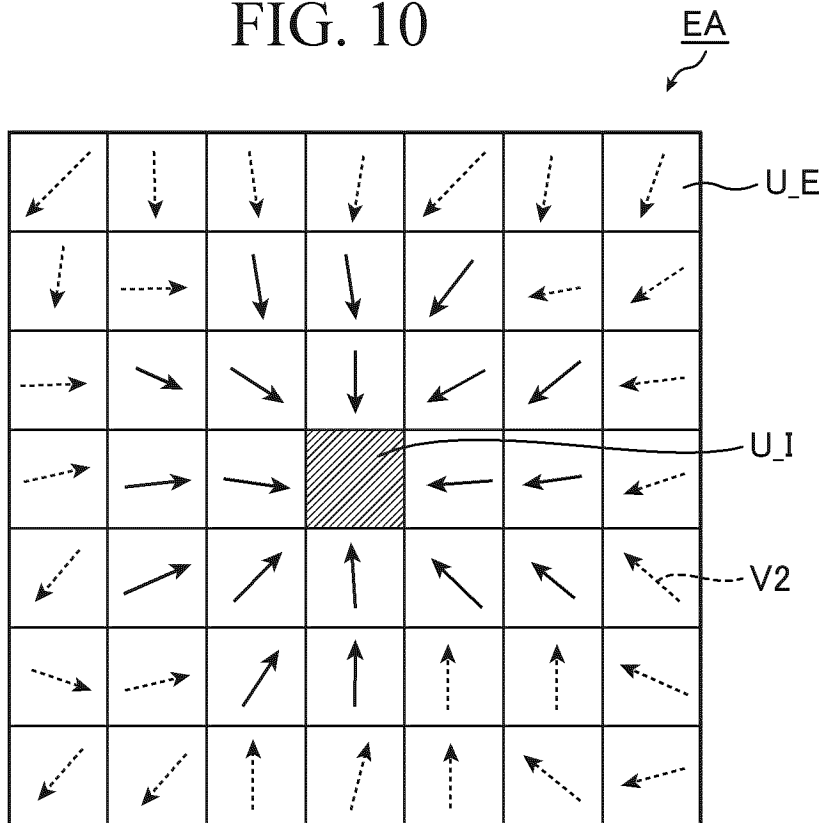


FIG. 11

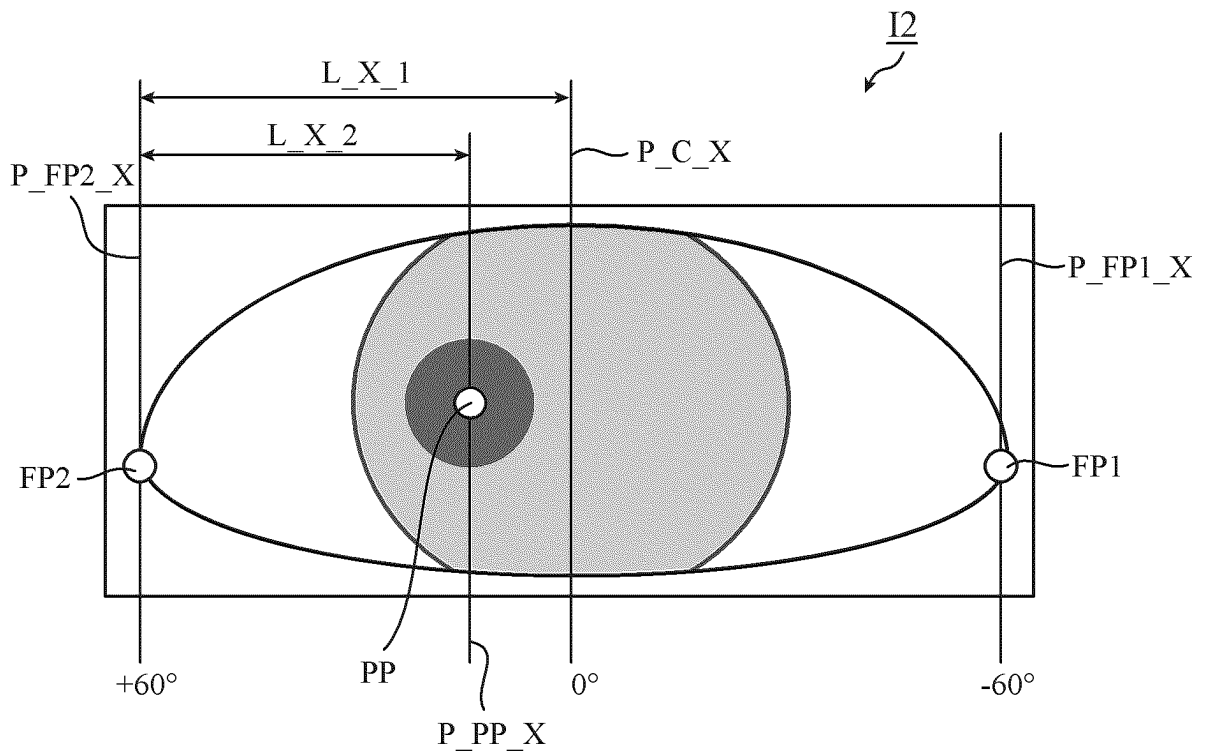


FIG. 12

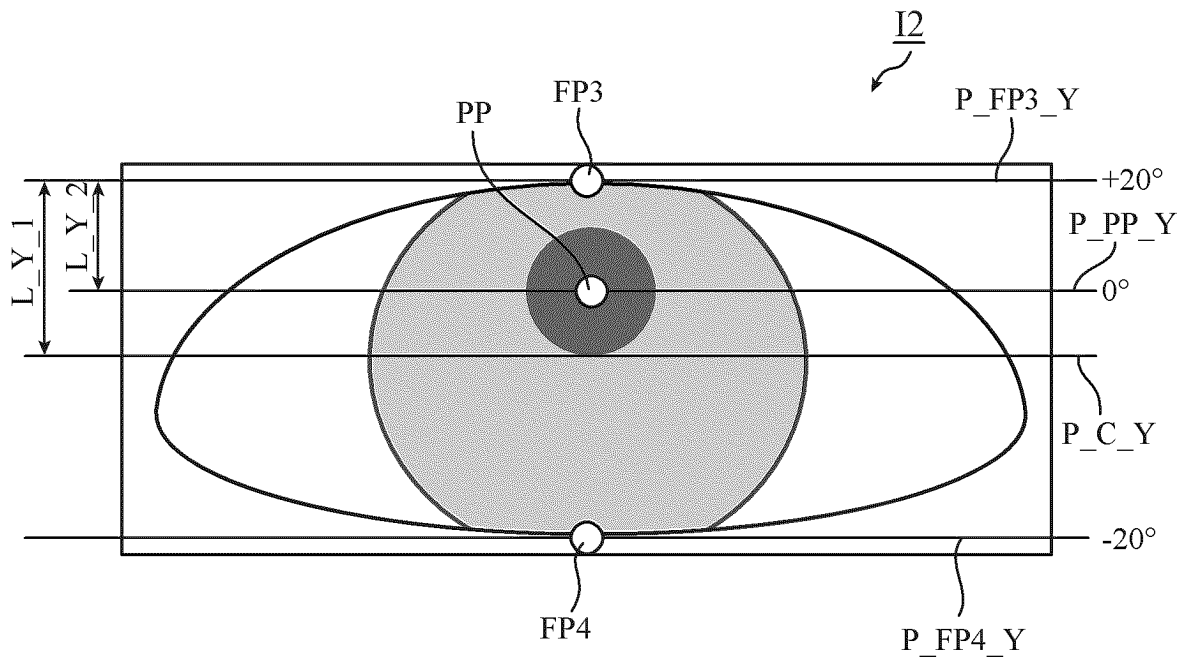


FIG. 13

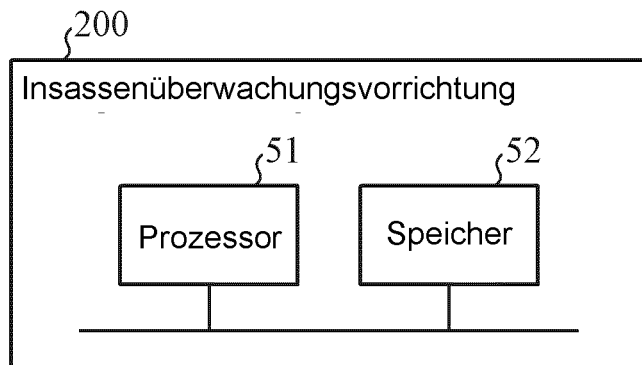


FIG. 14

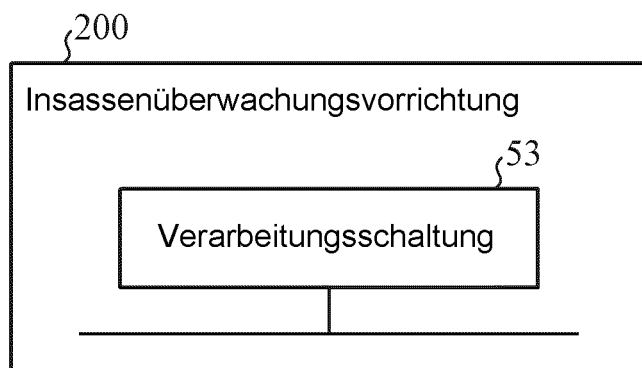


FIG. 15

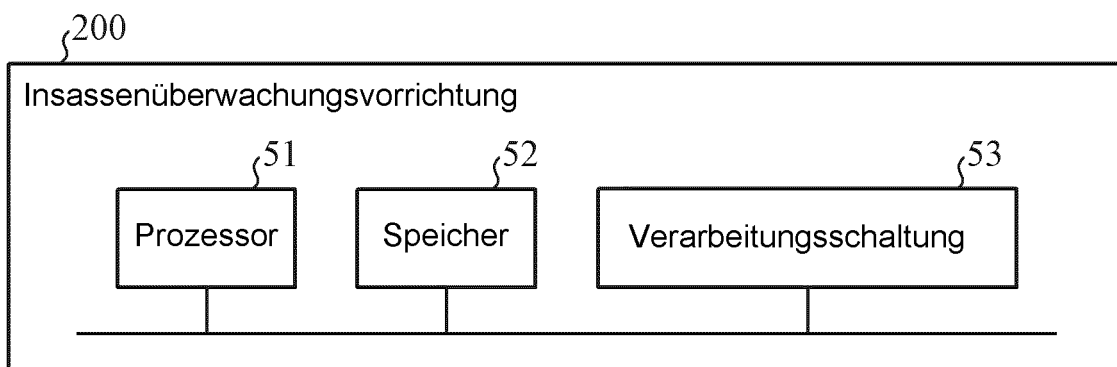


FIG. 16

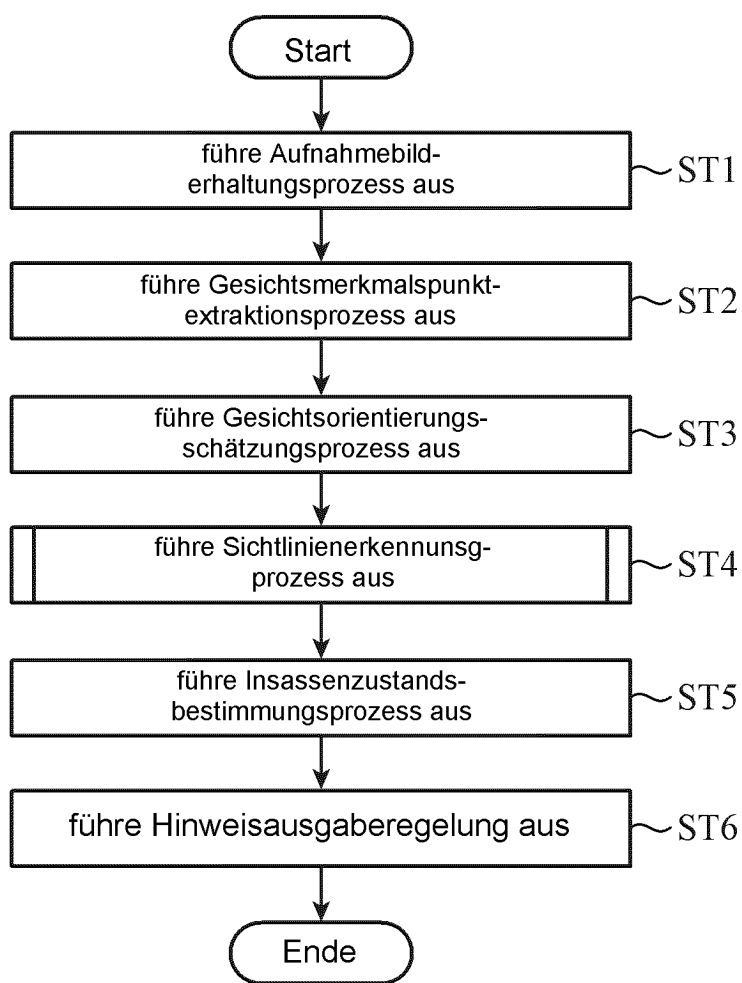


FIG. 17

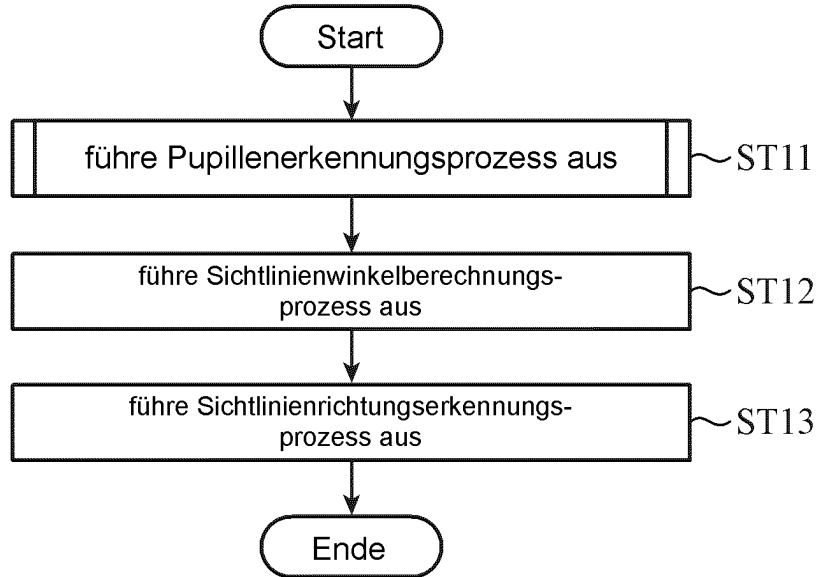


FIG. 18

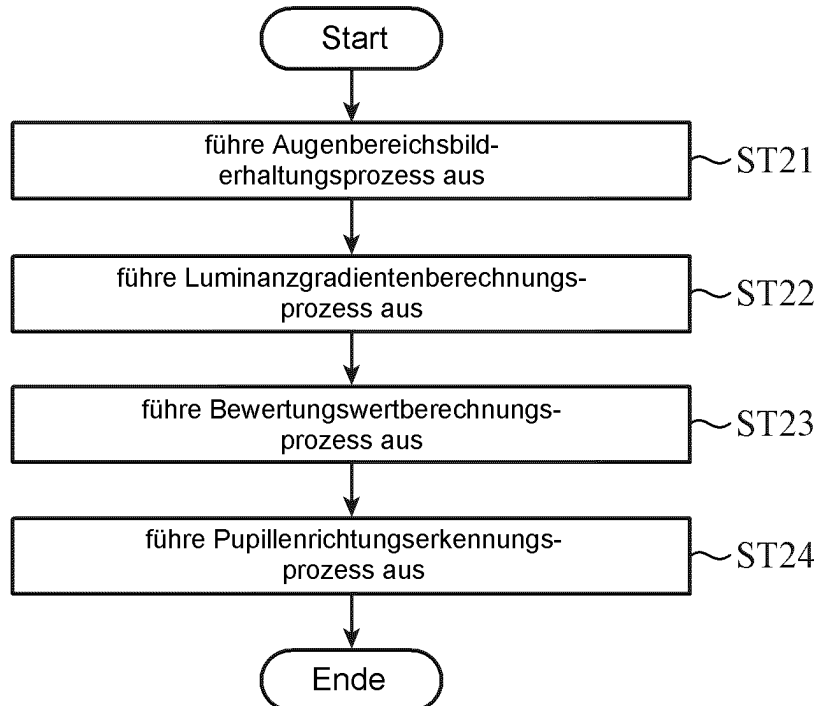


FIG. 19

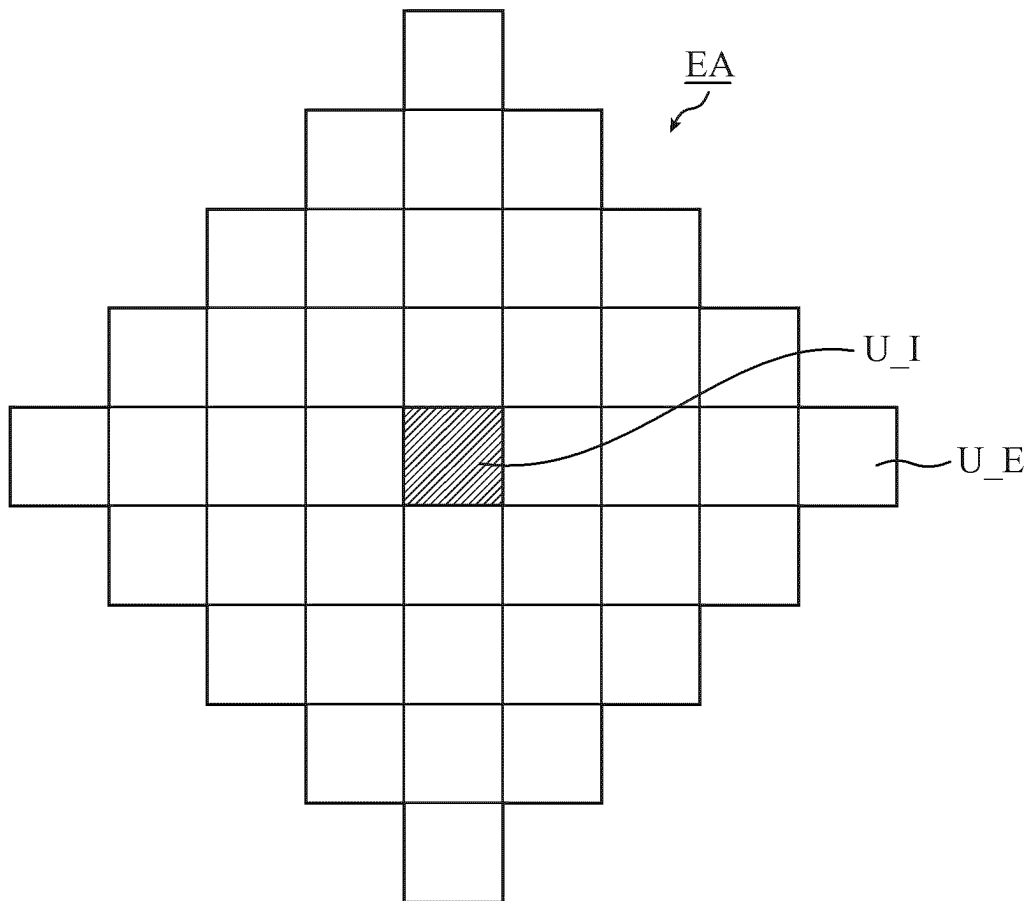


FIG. 20

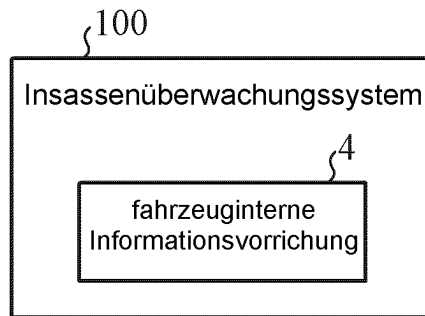


FIG. 21

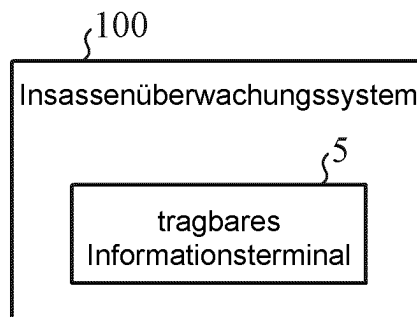


FIG. 22

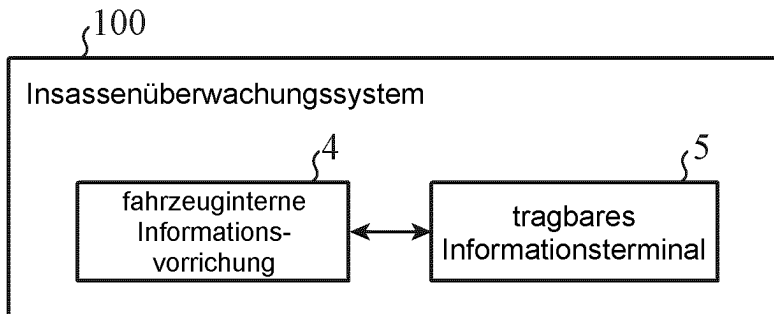


FIG. 23

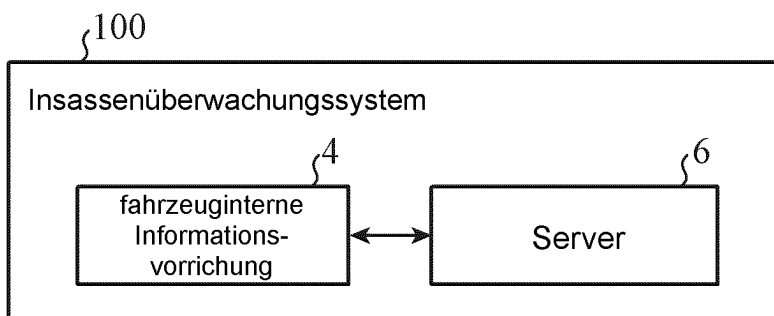


FIG. 24

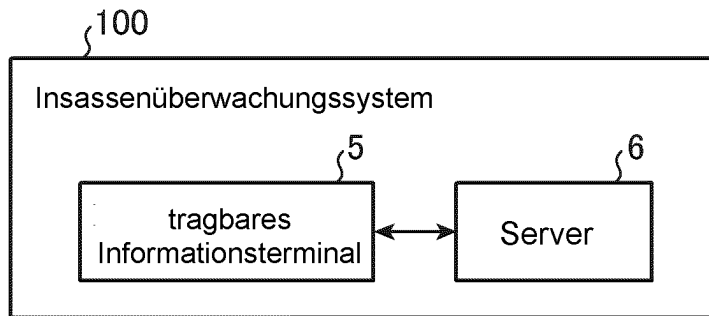


FIG. 25

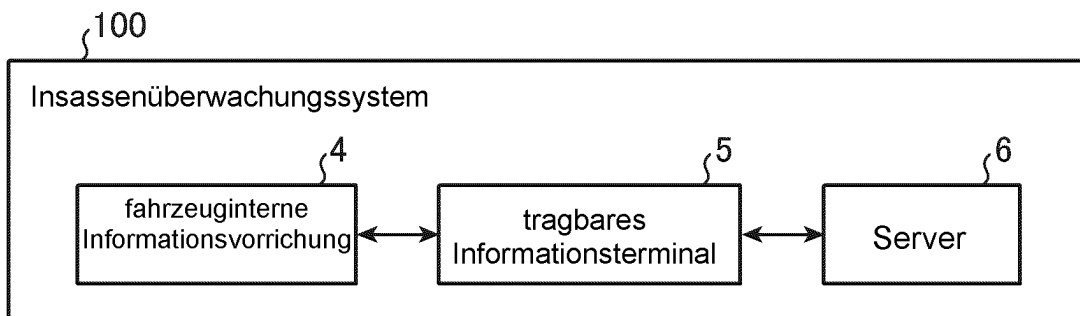


FIG. 26

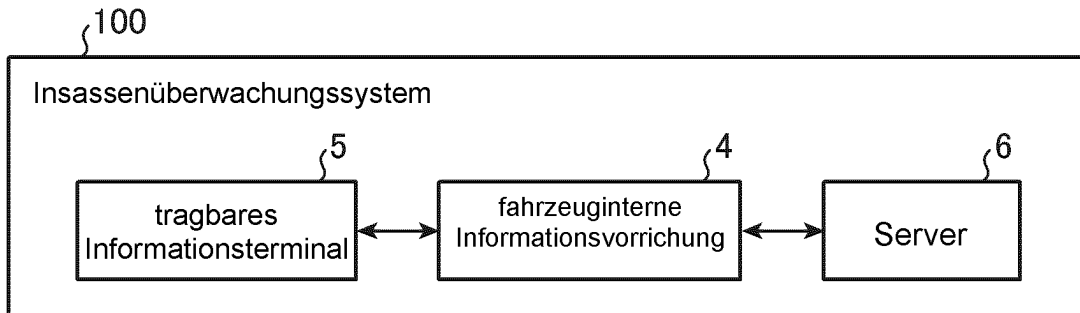


FIG. 27

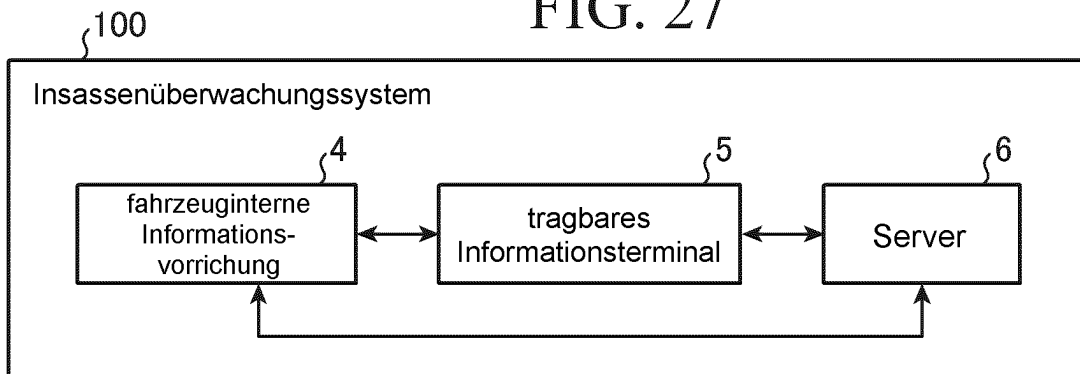


FIG. 28

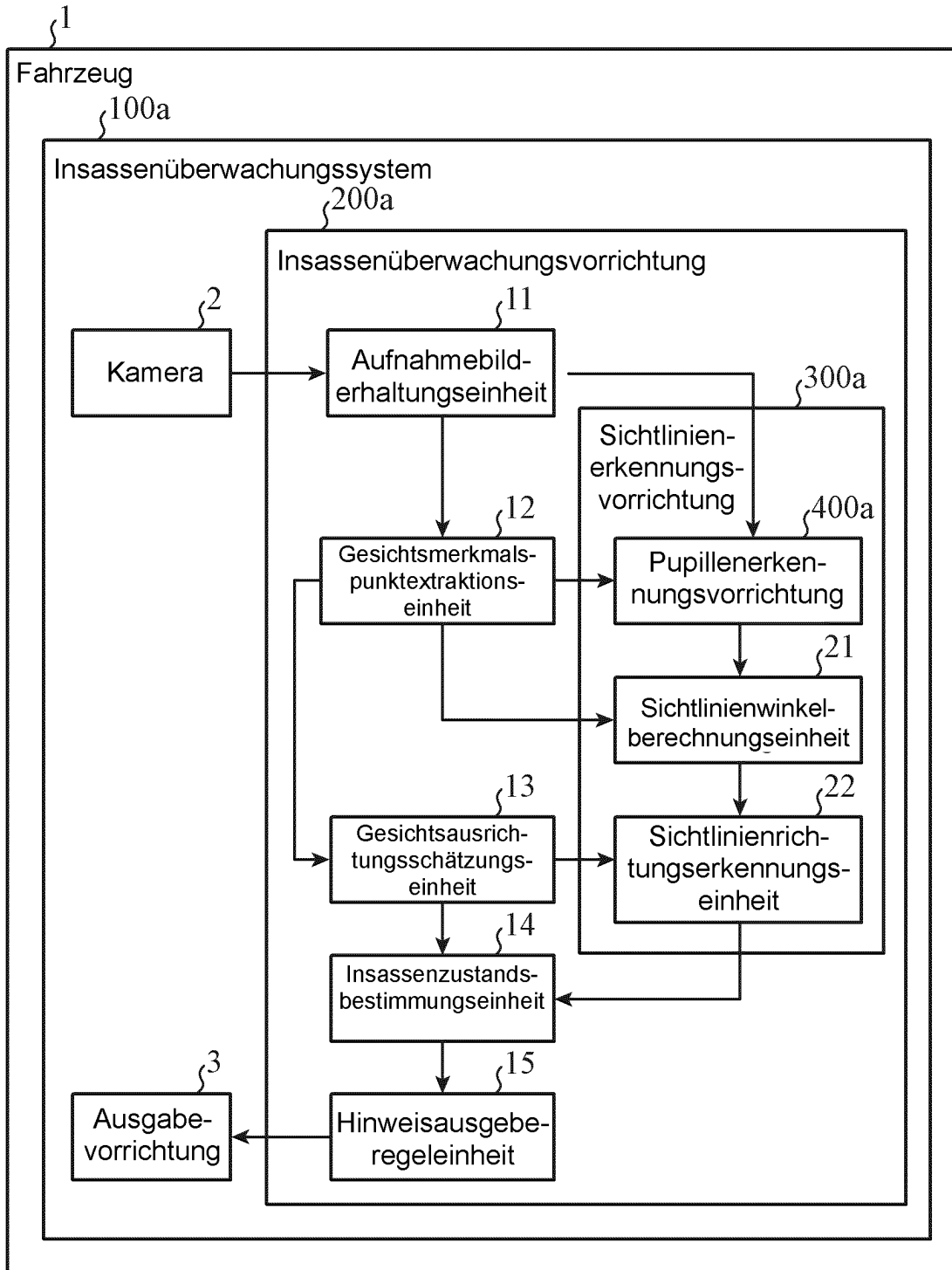


FIG. 29

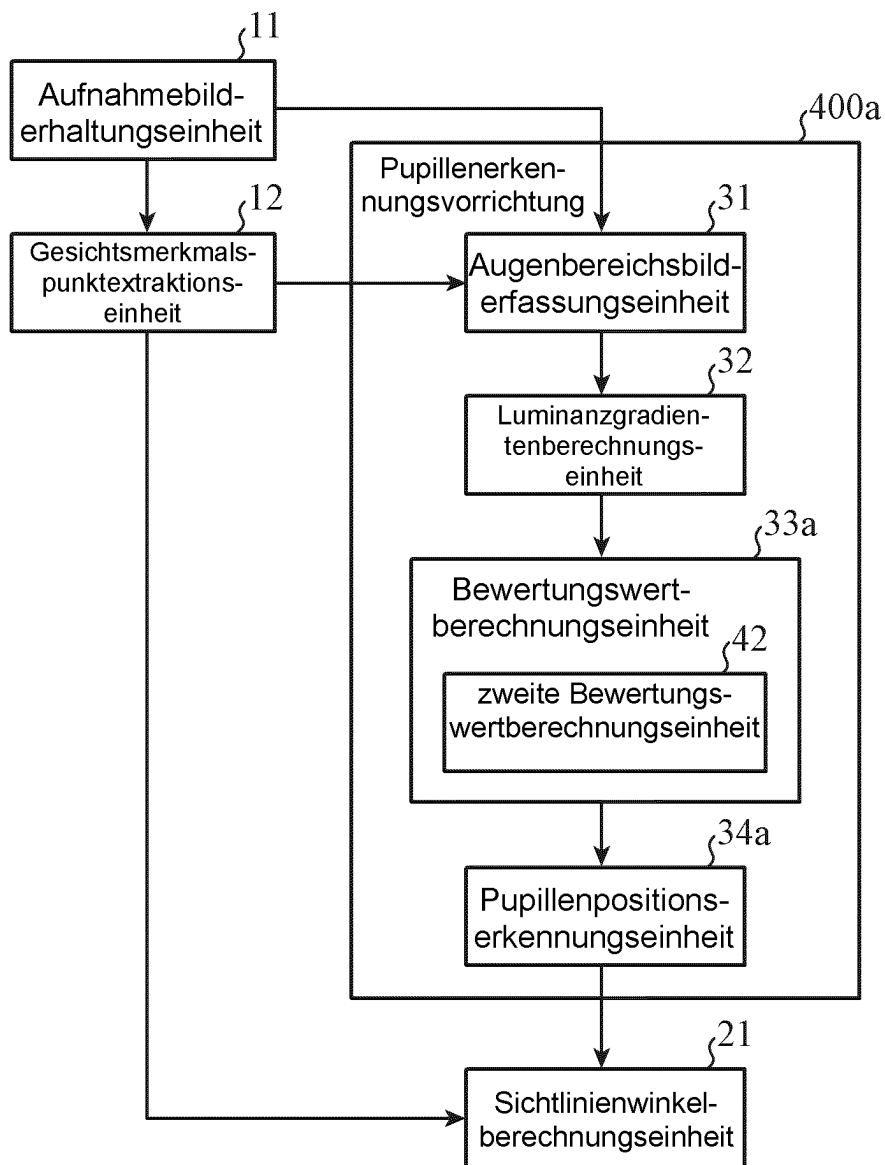


FIG. 30

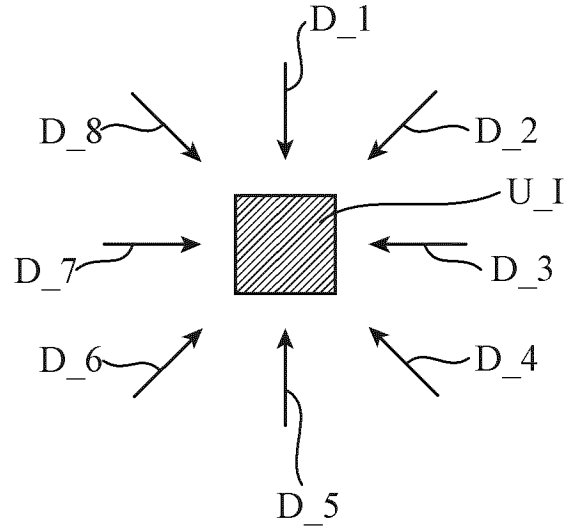


FIG. 31

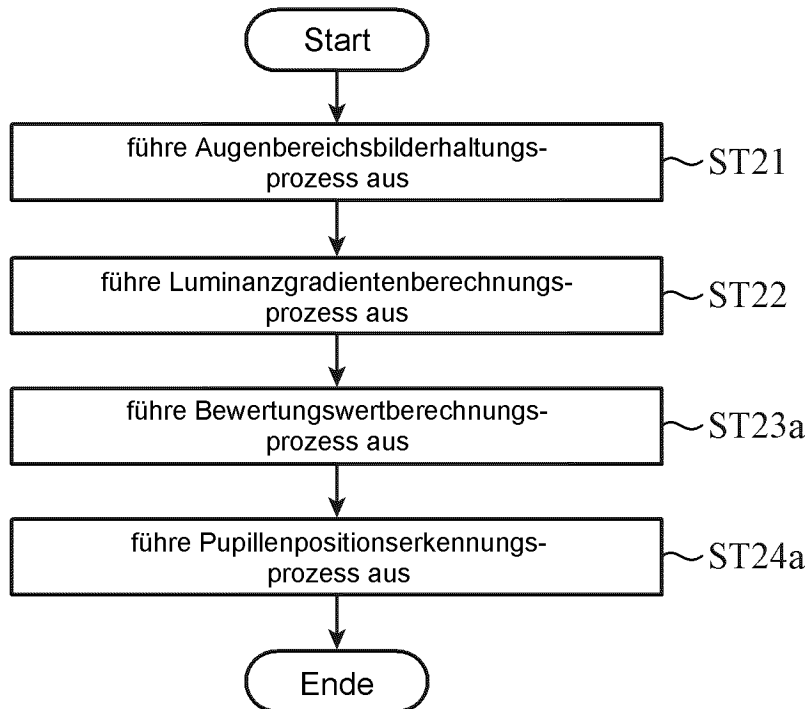


FIG. 32

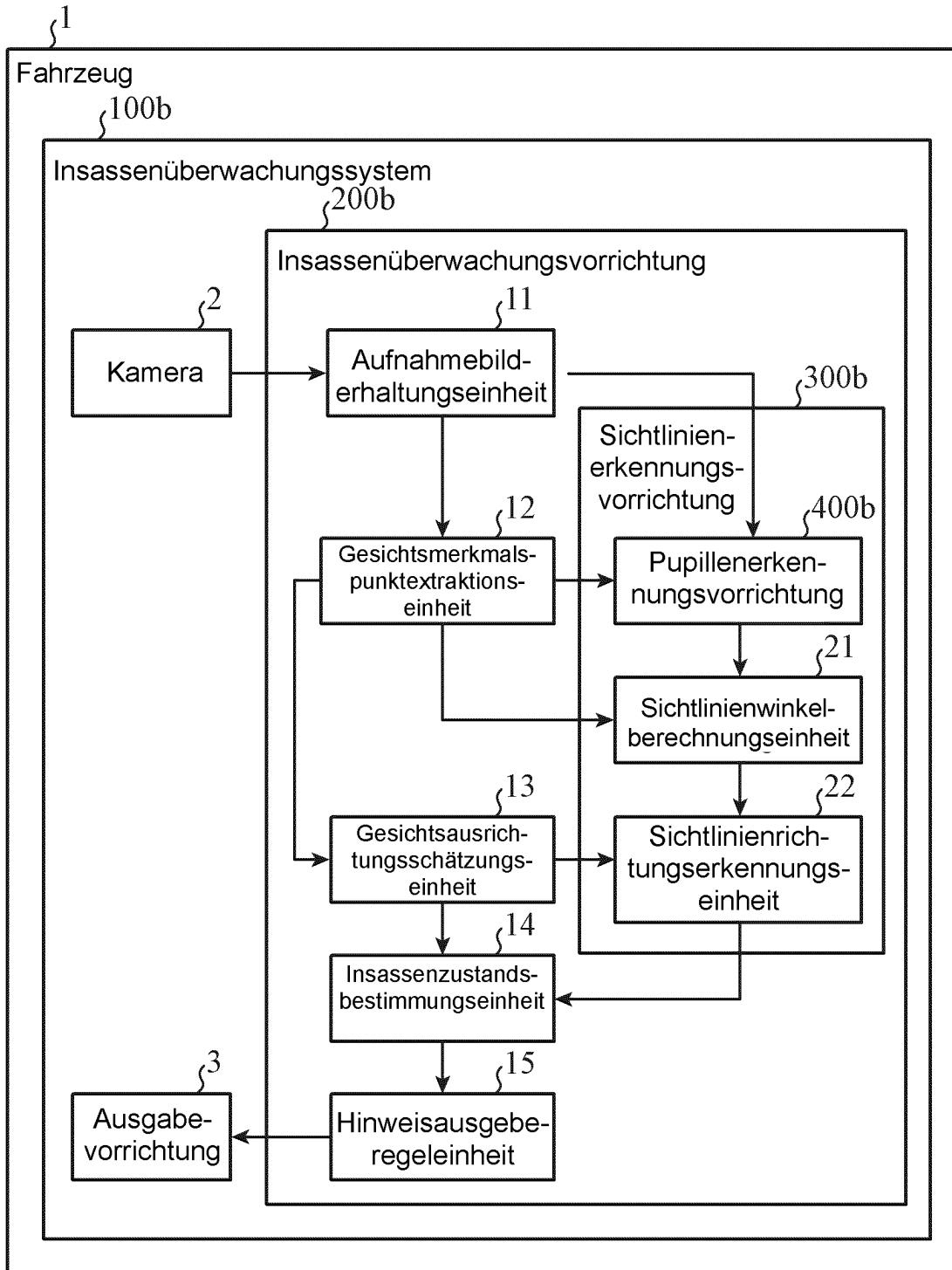


FIG. 33

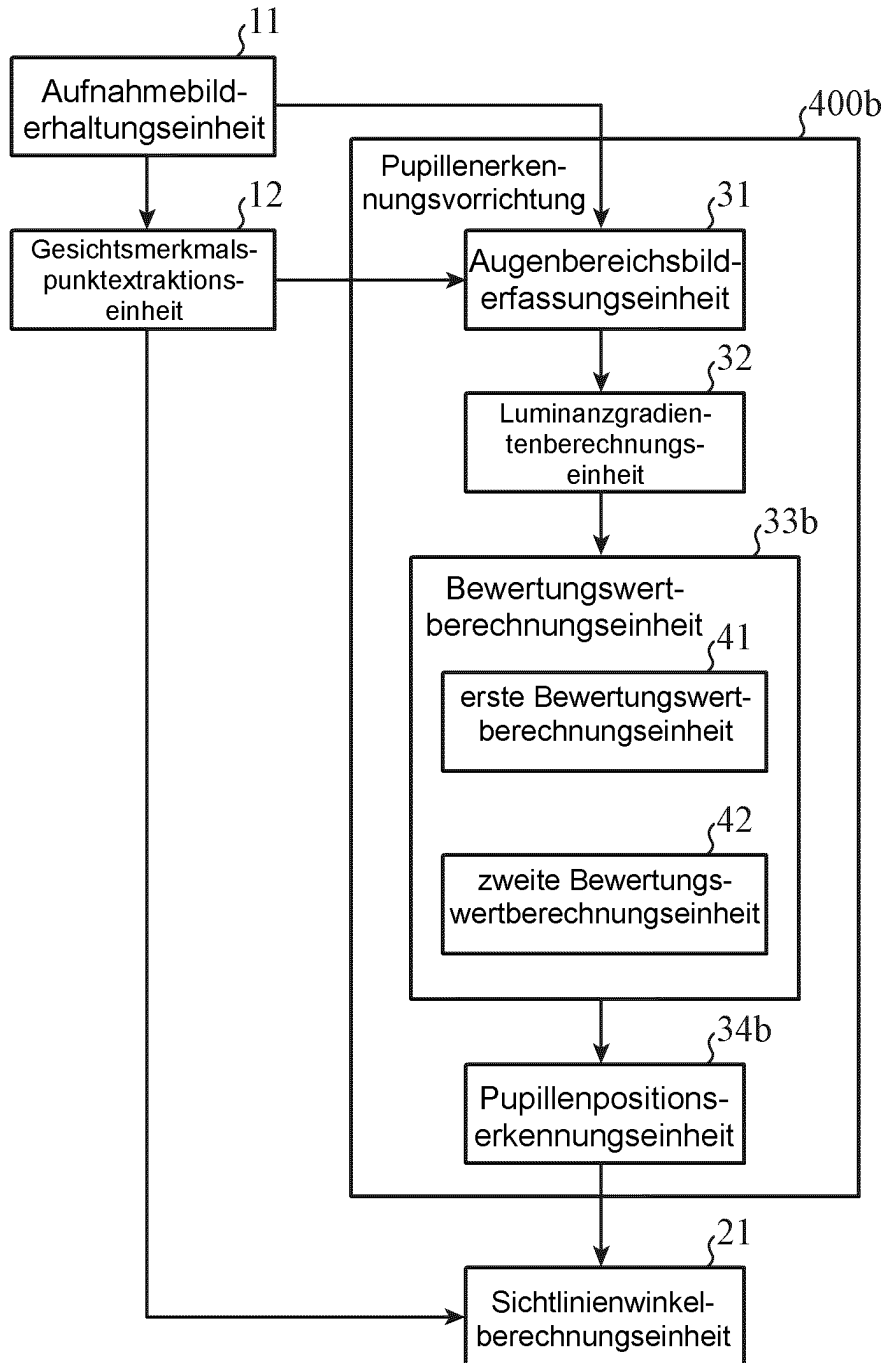


FIG. 34

