



(10) **DE 11 2018 003 631 T5** 2020.05.28

(12)

Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2019/064171**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜG)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2018 003 631.6**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/IB2018/057392**

(86) PCT-Anmeldetag: **25.09.2018**

(87) PCT-Veröffentlichungstag: **04.04.2019**

(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **28.05.2020**

(51) Int Cl.: **A61B 3/11 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:
15/716,596 **27.09.2017** **US**

(71) Anmelder:
International Business Machines Corporation,
Armonk, N.Y., US

(74) Vertreter:
Richardt Patentanwälte PartG mbB, 65185
Wiesbaden, DE

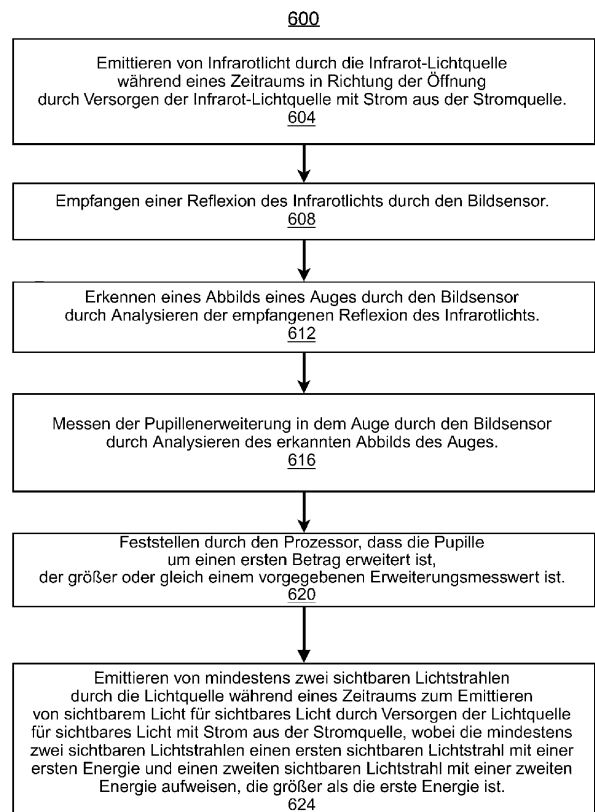
(72) Erfinder:
Karagyris, Alexandros, San Jose, CA, US;
Zimmerman, Thomas, Guthrie, San Jose, CA, US

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **OPHTHALMOSKOP UNTER VERWENDUNG DER NATÜRLICHEN PUPILLENERWEITERUNG**

(57) Zusammenfassung: Eine ophthalmologische Einheit mit einer Einkammer- oder Zweikammeranordnung emittiert selektiv Infrarot-Lichtstrahlen und sichtbare Lichtstrahlen auf ein Zielauge oder ein Paar Zielaugen. Die Einheit bildet den Augenhintergrund ab und ist beim Detektieren von Erkrankungen hilfreich, die sich durch Anomalien des Pupillenreflexes äußern.



Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0001] Ausführungsformen der Erfindung betreffen allgemein medizinische Diagnostikeinheiten und -verfahren und insbesondere in der Ophthalmoskopie verwendete Einheiten und Verfahren.

[0002] Zur medizinischen Untersuchung der Augen eines Patienten gehört üblicherweise eine ophthalmoskopische Untersuchung, ein Prüfung zum Untersuchen und Beobachten des Augenhintergrunds durch eine medizinische Fachkraft, beispielsweise einen Ophthalmologen oder einen medizinisch-technischen Assistenten. Während einer typischen ophthalmologischen Untersuchung löst die medizinische Fachkraft unter Verwendung eines chemischen Mittels eine Erweiterung der Pupille im Auge des Patienten aus. Durch eine vollständige Pupillenerweiterung wird das Gesichtsfeld (field-of-view, FOV), d.h. die Öffnung vergrößert, durch die der Augenhintergrund betrachtet, abgebildet und untersucht werden kann. Aufgrund dieses vergrößerten Gesichtsfeldes ist es der medizinischen Fachkraft möglich, die anatomischen Strukturen im Innern des Auges durch visuelles Betrachten in weißem Licht und unter Verwendung verschiedener Einheiten und bildgebender Verfahren zu untersuchen, die bei fehlender vollständiger Pupillenerweiterung nach dem Stand der Technik keine oder nur geringe brauchbare Ergebnisse liefern dürften.

[0003] Üblicherweise wird die Pupillenerweiterung unter Verwendung von Augentropfen chemisch ausgelöst, die durch eine geübte und ausgebildete medizinische Fachkraft verabreicht werden. Nach dem Verabreichen der Augentropfen müssen die medizinische Fachkraft und der Patient mehr als zehn Minuten bis zur vollständigen und ausreichenden Erweiterung warten. Anschließend bleiben die Pupillen noch mehrere Stunden erweitert.

KURZDARSTELLUNG

[0004] Ausführungsformen der Erfindung betreffen allgemein ophthalmologische Einheiten und Verfahren für deren Bedienung und Anwendung. In der zusammenfassenden Beschreibung von Ausführungsformen der Erfindung erfolgen Bezugnahmen auf erste, zweite und dritte beispielhafte Vorrichtungen zur besseren Klarheit. Einem Fachmann sollte offensichtlich sein, dass ophthalmologische Einheiten auf unterschiedliche Weise konfiguriert werden können. Deshalb sind Ausführungsformen der Erfindung nicht als Einschränkung auf die speziellen Anordnungen zu verstehen, die im Folgenden zusammenfassend beschrieben sind.

[0005] Eine erste beispielhafte Vorrichtung gemäß einer Ausführungsform der Erfindung enthält eine Stromquelle, eine Lichtquelle und einen Bildsensor sowie ein Objektiv und eine Gehäuseeinheit. Die Lichtquelle enthält eine Infrarot-Lichtquelle und eine Lichtquelle für sichtbares Licht, und die Lichtquelle ist funktionell mit der Stromquelle verbunden. Der Bildsensor ist entlang einer ersten Achse nahe der Lichtquelle positioniert, und die Lichtquelle ist entweder in einer Reihe mit der Lichtquelle oder koaxial zu dieser angeordnet. Das Objektiv ist zwischen der Lichtquelle und dem Bildsensor entlang der ersten Achse in einer Reihe mit dem Bildsensor positioniert. Die Gehäuseeinheit kann die Stromquelle, die Lichtquelle, den Bildsensor oder das Objektiv oder eine beliebige Kombination derselben enthalten und weist ferner eine Öffnung mit einem Okular zum Schutz vor Fremdlicht auf. Die Öffnung ist nahe der Lichtquelle gegenüber dem Objektiv und entlang der ersten Achse in einer Reihe mit dem Objektiv angeordnet.

[0006] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung weist die erste beispielhafte Vorrichtung ferner eine Steuereinheit mit einem Prozessor und einer physischen Speichereinheit zum Speichern durch den Prozessor ausführbarer Programmanweisungen auf. Durch Ausführen der Programmanweisungen arbeitet die ophthalmologische Einheit wie folgt. Die Infrarot-Lichtquelle emittiert während eines Zeitraums Infrarotlicht in Richtung der Öffnung durch Versorgen der Infrarot-Lichtquelle mit Strom aus der Stromquelle. Der Bildsensor empfängt eine Reflexion des Infrarotlichts. Der Bildsensor erkennt durch Analysieren der empfangenen Reflexion des Infrarotlichts ein Abbild eines Auges. Der Bildsensor misst durch Analysieren des erkannten Abbildes des Auges die Pupillenerweiterung des Auges. Der Prozessor stellt fest, dass die Pupille um einen ersten Betrag erweitert ist, der größer als ein vorgegebener Erweiterungsmesswert oder gleich diesem ist.

[0007] Gemäß einer Ausführungsform wird die erste beispielhafte Vorrichtung durch Ausführen der Programmanweisungen veranlasst, wie folgt zu arbeiten. Die Lichtquelle für sichtbares Licht emittiert während eines Zeitraums der Emission von sichtbarem Licht nacheinander mindestens zwei sichtbare Lichtstrahlen durch Versorgen der Lichtquelle für sichtbares Licht mit Strom aus der Stromquelle. Die mindestens zwei sichtbaren

Lichtstrahlen umfassen einen ersten sichtbaren Lichtstrahl mit einer ersten Energie und einen zweiten sichtbaren Lichtstrahl mit einer zweiten Energie, die größer als die erste Energie ist.

[0008] Gemäß einer Ausführungsform ist in der ersten beispielhaften Vorrichtung der Zeitraum zum Emittieren von sichtbarem Licht länger als null und kürzer als oder gleich 200 Millisekunden. Gemäß einer Ausführungsform wird jeder der mindestens zwei sichtbaren Lichtstrahlen während eines gleichen Anteils der Zeitdauer zum Emittieren von sichtbarem Licht emittiert.

[0009] Gemäß einer Ausführungsform umfasst die erste beispielhafte Vorrichtung eine Eingabe/Ausgabe- (E/A-) Einheit, und durch Ausführen der Programmanweisungen wird die Vorrichtung ferner veranlasst, wie folgt zu arbeiten. Der Bildsensor detektiert eine Reaktionszeit der Pupillenverengung des Auges als Reaktion auf das Emittieren der mindestens zwei sichtbaren Lichtstrahlen. Der Prozessor erzeugt einen Deltabericht mit Daten, die eine Differenz zwischen der gemessenen Reaktionszeit der Pupillenverengung und einer erwarteten Reaktionszeit der Pupillenverengung anzeigen. Der Deltabericht wird durch die E/A-Einheit ausgegeben.

[0010] Gemäß einer Ausführungsform weist die erste beispielhafte Vorrichtung eine Eingabe/Ausgabe- (E/A-) Einheit auf, und durch Ausführen der Programmanweisungen wird die Vorrichtung ferner veranlasst, wie folgt zu arbeiten. Die Infrarot-Lichtquelle emittiert einen Infrarot-Lichtstrahl. Der Bildsensor empfängt eine Reflexion jedes der mindestens zwei Infrarot-Lichtstrahlen. Durch die E/A-Einheit werden eine oder mehrere Abbilder der empfangenen Reflexion jedes der mindestens zwei Infrarot-Lichtstrahlen ausgegeben.

[0011] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung liegt der Bildsensor in der ersten beispielhaften Vorrichtung koaxial zu der Lichtquelle, und die Vorrichtung weist weiterhin auf. Ein Spiegel ist entlang der ersten Achse in Reihe mit dem Bildsensor und dem Objektiv und entlang einer zweiten Achse in Reihe mit der Lichtquelle angeordnet. Die erste Achse steht senkrecht zu der zweiten Achse.

[0012] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung umfasst die zweite beispielhafte Vorrichtung eine Gehäuseeinheit. Die Gehäuseeinheit enthält eine erste Kammer und eine zweite Kammer auf, die funktionell mit einer oder mehreren Stromquellen verbunden sind. Sowohl die erste als auch die zweite Kammer enthalten eine Lichtquelle und einen Bildsensor, ein Objektiv und eine Öffnung. Die Lichtquelle umfasst eine Infrarot-Lichtquelle und eine Lichtquelle für sichtbares Licht auf. Die Lichtquelle ist funktionell mit einer Stromquelle verbunden. Der Bildsensor ist entlang einer ersten Achse nahe der Lichtquelle angeordnet. Die Lichtquelle ist entweder in einer Reihe mit der Lichtquelle oder koaxial zu dieser angeordnet. Das Objektiv ist entlang der ersten Achse zwischen der Lichtquelle und dem Bildsensor in einer Reihe mit dem Bildsensor angeordnet. Die Öffnung hat ein Okular zum Schutz vor Fremdlicht. Die Öffnung ist nahe der Lichtquelle gegenüber dem Objektiv und entlang der ersten Achse in einer Reihe mit dem Objektiv angeordnet.

[0013] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung weist die zweite beispielhafte Vorrichtung mindestens eine Steuereinheit mit einem Prozessor und einer physischen Speichereinheit zum Speichern durch den Prozessor ausführbarer Programmanweisungen auf. Durch Ausführen der Programmanweisungen wird die zweite beispielhafte Vorrichtung veranlasst, wie folgt zu arbeiten. Entsprechende Infrarot-Lichtquellen der ersten Kammer und der zweiten Kammer emittieren für einen Zeitraum Infrarotlicht in Richtung der Öffnung durch Versorgen der Infrarot-Lichtquelle mit Strom aus der Stromquelle. Entsprechende Bildsensoren der ersten Kammer und der zweiten Kammer empfangen eine Reflexion des Infrarotlichts. Entsprechende Bildsensoren der ersten Kammer und der zweiten Kammer erkennen ein Abbild eines Auges durch Analysieren der empfangenen Reflexion des Infrarotlichts. Entsprechende Bildsensoren der ersten Kammer und der zweiten Kammer messen durch Analysieren des erkannten Abbildes des Auges die Pupillenerweiterung des Auges. Der Prozessor stellt für jede der ersten Kammer und der zweiten Kammer fest, dass die Pupille um einen ersten Betrag erweitert ist, der größer als oder gleich einem vorgegebenen Erweiterungs-Messwert ist.

[0014] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung wird die zweite beispielhafte Vorrichtung durch Ausführen ihrer Programmanweisungen veranlasst, wie folgt zu arbeiten. Eine oder beide Lichtquellen für sichtbares Licht der ersten Kammer beziehungsweise der zweiten Kammer emittieren in einer Kammer während eines Zeitraums zum Emittieren von sichtbarem Licht durch Versorgen der Lichtquelle für sichtbares Licht mit Strom aus der Stromquelle nacheinander mindestens zwei sichtbare Lichtstrahlen. Die mindestens zwei Lichtstrahlen umfassen einen ersten sichtbaren Lichtstrahl mit einer ersten Energie und einen zweiten sichtbaren Lichtstrahl mit einer zweiten Energie, die größer als die erste Energie ist.

[0015] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ist der Zeitraum zum Emittieren von sichtbarem Licht in der zweiten beispielhaften Vorrichtung länger als null und kürzer als oder gleich 200 Millisekunden. Gemäß

einer Ausführungsform der Erfindung wird jeder der mindestens zwei sichtbaren Lichtstrahlen während eines gleichen Anteils des Zeitraums zum Emittieren von sichtbarem Licht emittiert.

[0016] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung weist die zweite beispielhafte Vorrichtung ferner eine Eingabe/Ausgabe- (E/A-) Einheit auf. Durch Ausführen der Programmanweisungen der zweiten beispielhaften Vorrichtung wird diese veranlasst, wie folgt zu arbeiten. Der Bildsensor detektiert eine Reaktionszeit der Pupillenverengung des Auges als Reaktion auf das Emittieren der mindestens zwei sichtbaren Lichtstrahlen in der ersten Kammer, der zweiten Kammer oder beiden Kammern. Es wird ein Deltabericht erzeugt. Der Deltabericht enthält Daten, die einen Unterschied zwischen der gemessenen Reaktionszeit der Pupillenverengung und einer erwarteten Reaktionszeit der Pupillenverengung anzeigen. Der Deltabericht wird durch die E/A-Einheit ausgegeben.

[0017] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung weist die zweite beispielhafte Vorrichtung ferner eine Eingabe/Ausgabe- (E/A-) Einheit auf, und durch Ausführen der Programmanweisungen wird die zweite beispielhafte Vorrichtung veranlasst, wie folgt zu arbeiten. Der Bildsensor der ersten Kammer detektiert eine Reaktionszeit der Pupillenverengung des Auges, das an der Öffnung der ersten Kammer positioniert ist, als Reaktion auf das Emittieren der mindestens zwei sichtbaren Lichtstrahlen in der ersten Kammer. Das Emittieren der mindestens zwei sichtbaren Lichtstrahlen erfolgt während des Zeitraums zum Emittieren von sichtbarem Licht ausschließlich für die erste Kammer. Es wird ein Deltabericht erzeugt. Der Deltabericht enthält Daten, die einen Unterschied zwischen der gemessenen Reaktionszeit der Pupillenverengung des Auges in der ersten Kammer und der gemessenen Reaktionszeit der Pupillenverengung des Auges in der zweiten Kammer anzeigen. Der Deltabericht wird durch die E/A-Einheit ausgegeben.

[0018] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung weist die Steuereinheit in der zweiten beispielhaften Vorrichtung ferner eine Eingabe/Ausgabe- (E/A-) Einheit auf, und durch Ausführen der Anweisungen der zweiten beispielhaften Vorrichtung wird diese veranlasst, wie folgt zu arbeiten. Entsprechende Infrarot-Lichtquellen der ersten Kammer und der zweiten Kammer emittieren einen Infrarot-Lichtstrahl. Entsprechende Bildsensoren der ersten Kammer und der zweiten Kammer empfangen eine Reflexion von jedem der mindestens zwei Infrarot-Lichtstrahlen. Die E/A-Einheit gibt eine oder mehrere Abbilder der empfangenen Reflexion jedes der mindestens zwei Infrarot-Lichtstrahlen in der ersten Kammer und der zweiten Kammer aus.

[0019] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung umfasst eine dritte beispielhafte Vorrichtung ein Paar lichtemittierende Einheiten, eine Öffnung oder ein Paar Öffnungen, ein Paar Bildsensoren und ein Paar Objektive. Das Paar lichtemittierende Einheiten ist so beschaffen, dass es Licht auf ein Paar Zielaugen emittiert. Das Licht umfasst Infrarotlicht und sichtbares Licht. Die eine Öffnung oder das Paar Öffnungen ist so gestaltet, dass sie/es mit dem Paar Zielaugen gekoppelt werden, um zu verhindern, dass Fremdlicht von außerhalb der Vorrichtung auf das Paar Zielaugen trifft. Das Paar Bildsensoren dient zum Empfangen des von dem Paar Zielaugen reflektierten Lichts. Das Paar Objektive dient zum Fokussieren des von dem Paar Zielaugen auf das Paar Bildsensoren reflektierten Lichts.

[0020] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung enthält die dritte beispielhafte Vorrichtung ferner eine Steuereinheit zum Bestrahlen des Paares Zielaugen mit einer Mehrzahl nacheinander immer energiereicherer Lichtstrahlen innerhalb eines Zeitraums.

[0021] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung führt ein beispielhaftes Verfahren zum Untersuchen eines Paares Zielaugen eines Patienten unter Verwendung einer beispielhaften Vorrichtung die folgenden Schritte aus. Bei dem Verfahren wird das Paar Zielaugen mit einem Paar Okulare der Vorrichtung zum Schutz vor Fremdlicht abgedeckt. Zu dem Abdecken gehört das Inkontaktbringen des Paares Okulare zum Schutz vor Fremdlicht mit dem Gesicht des Patienten. Das Verfahren umfasst Überwachen der Pupillenerweiterung des Paares Zielaugen, während das Paar Okulare zum Schutz vor Fremdlicht in Kontakt mit dem Gesicht des Patienten steht, und weiterhin Emittieren von Infrarotlicht auf das Paar Zielaugen durch ein Paar Lichtquellen der Vorrichtung auf der Grundlage des Überwachens auf. Das Verfahren umfasst auch Detektieren von Infrarotlicht, das als Reaktion auf die Emission des Infrarotlichts durch das Paar Zielaugen reflektiert wurde, unter Verwendung eines Paares Bildsensoren der Vorrichtung.

[0022] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung gehört in dem beispielhaften Verfahren zu dem Schritt des Überwachens Detektieren, ob die Pupillen des Paares Zielaugen größtmögliche Erweiterung erreicht haben.

[0023] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung enthält das beispielhafte Verfahren ferner den Schritt des Emittierens von mindestens zwei sichtbaren Lichtstrahlen selektiv jeweils durch eine der Lichtquellen auf

das Paar Zielaugen während eines Zeitraums zum Emittieren von sichtbarem Licht durch Versorgen der Lichtquelle mit Strom aus einer Stromquelle. Die mindestens zwei Lichtstrahlen umfassen einen ersten sichtbaren Lichtstrahl mit einer ersten Energie und einen zweiten sichtbaren Lichtstrahl mit einer zweiten Energie, die größer als die erste Energie ist.

[0024] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung umfasst das beispielhafte Verfahren auch Empfangen von Abbildern des ersten Auges und des zweiten Auges. Ferner umfasst das Verfahren Messen einer Reaktionszeit der Pupillenverengung in dem ersten Auge im Verhältnis zur Pupillenverengung in einem zweiten Auge in dem Paar Zielaugen auf der Grundlage der empfangenen Abbilder. Das Verfahren weist auch Erzeugen eines Deltaberichts auf, der Daten enthält, die eine Differenz zwischen den gemessenen Reaktionszeiten der Pupillenverengung in dem ersten Auge und dem zweiten Auge anzeigen. Das Verfahren weist auch Ausgeben der Differenzmeldung durch eine E/A-Einheit der Vorrichtung auf.

[0025] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ist bei dem beispielhaften Verfahren der Zeitraum zum Emittieren von sichtbarem Licht länger als null und kürzer als oder gleich 200 Millisekunden.

[0026] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung umfasst bei dem beispielhaften Verfahren das Emittieren mindestens eines Lichtstrahls für jede einzelne Spektralfarbe des sichtbaren Lichts selektiv durch eine der Lichtquellen auf ein erstes Auge in dem Paar Zielaugen nacheinander eine Emission mit geringstmöglicher Energie bis zu höchstmöglicher Energie.

[0027] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung beträgt bei dem beispielhaften Verfahren die Pupillenerweiterung zumindest während eines Anteils des Zeitraums zum Emittieren von sichtbarem Licht weniger als 100%.

Figurenliste

[0028] Nunmehr werden Ausführungsformen der Erfindung lediglich beispielhaft unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen beschrieben, wobei:

Fig. 1 ein Schaubild einer Umgebung **100** für medizinische Diagnostik mit einem Benutzer **110** und einer ophthalmologischen Einheit **150** gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ist.

Fig. 2 ein Ausschnitt des Schaubildes der Umgebung **100** für medizinische Diagnostik von **Fig. 1** ist, die in einer Reihe angeordnete ausgewählte Komponenten mindestens einer Kammer der ophthalmologischen Einheit **150** gemäß einer Ausführungsform der Erfindung enthält.

Fig. 3 ein Ausschnitt des Schaubildes der Umgebung **100** für medizinische Diagnostik von **Fig. 1** ist, die koaxial angeordnete ausgewählte Komponenten mindestens einer Kammer der ophthalmologischen Einheit **150** gemäß einer Ausführungsform der Erfindung enthält.

Fig. 4 ein Ausschnitt des Schaubildes einer Zweikammeranordnung der Umgebung **100** für medizinische Diagnostik nach den **Fig. 1** und **Fig. 2** ist, die in Reihe angeordnete ausgewählte Komponenten der ophthalmologischen Einheit **150** gemäß einer Ausführungsform der Erfindung enthält.

Fig. 5 ein Ausschnitt des Schaubildes einer Zweikammeranordnung der Umgebung **100** für medizinische Diagnostik nach den **Fig. 1** und **Fig. 3** ist, die koaxial angeordnete ausgewählte Komponenten der ophthalmologischen Einheit **150** gemäß einer Ausführungsform der Erfindung enthält.

Fig. 6A ein Ablaufplan eines Verfahrens zum Anwenden der ophthalmologischen Einheit nach den **Fig. 1** bis **Fig. 3** gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ist.

Fig. 6B ein Ablaufplan eines Verfahrens zum Anwenden der ophthalmologischen Einheit nach den **Fig. 1** bis **Fig. 3** gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ist.

Fig. 6C ein Ablaufplan eines Verfahrens zum Anwenden der ophthalmologischen Einheit nach den **Fig. 1** bis **Fig. 3** gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ist.

Fig. 7A ein Ablaufplan eines Verfahrens zum Anwenden der ophthalmologischen Einheit nach den **Fig. 1** und **Fig. 4** bis **Fig. 5** gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ist.

Fig. 7B ein Ablaufplan eines Verfahrens zum Anwenden der ophthalmologischen Einheit nach den **Fig. 1** und **Fig. 4** bis **Fig. 5** gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ist.

Fig. 7C ein Ablaufplan eines Verfahrens zum Anwenden der ophthalmologischen Einheit nach den **Fig. 1** und **Fig. 4** bis **Fig. 5** gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ist.

Fig. 7D ein Ablaufplan eines Verfahrens zum Anwenden der ophthalmologischen Einheit nach den **Fig. 1** und **Fig. 4 bis Fig. 5** gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ist.

Fig. 8 ein Blockschaubild eines Cloud-Computing-Knotens (Datenverarbeitungseinheit) ist, der in die ophthalmologische Einheit nach den **Fig. 1 bis Fig. 5** einbezogen oder funktionell mit dieser verbunden sein kann, um die Verfahren der **Fig. 6A bis Fig. C** und **Fig. 7A bis Fig. D** gemäß einer Ausführungsform der Erfindung durchzuführen.

Fig. 9 ein Blockschaubild einer Cloud-Computing-Umgebung ist, die den Cloud-Computing-Knoten nach **Fig. 8** gemäß einer Ausführungsform der Erfindung enthält.

Fig. 10 ein Blockschaubild der Funktionsschichten der Cloud-Computing-Umgebung nach **Fig. 9** gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ist.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0029] Aktuelle ophthalmologische Ausrüstungen und Prozeduren haben mehrere beträchtliche medizinische und praktische Nachteile. Tatsache ist, dass Patienten und medizinische Fachkräfte mit den Nachteilen dieser Praktiken leben müssen, und es ist bekannt, dass Millionen Menschen weltweit einfach keinen Zugang zu ordnungsgemäßer Behandlung haben können. Das liegt vor allem daran, dass es keine bekannte Alternative dazu gibt, auf die Untersuchung ganz zu verzichten oder andere Untersuchungen durchzuführen, die nur begrenzten Nutzen und unvollständige Ergebnisse liefern.

[0030] Für Ausführungsformen der Erfindung können mindestens vier Kategorien von Problemen auf diesem Gebiet genannt werden: (1) Auslösen der Pupillenerweiterung, (2) Parallele Untersuchung, (3) Synchronizität und (4) Mobilität und Skalierbarkeit.

[0031] Auslösen der Pupillenerweiterung. Die chemisch ausgelöste Pupillenerweiterung ist für den Patienten für einen längeren Zeitraum mit Unannehmlichkeiten verbunden. Die Augen des Patienten bleiben länger erweitert als zum Durchführen der ophthalmologischen Untersuchung erforderlich. Während die Pupillen erweitert sind, kann der Patient nur verschwommen sehen und von stechenden Schmerzen, erhöhtem Augeninnendruck, Rötung, Entzündung und Lichtempfindlichkeit betroffen sein. Der Patient muss zum Schutz seiner Augen vor Tageslicht sogar eine störende Schutzbrille tragen.

[0032] In der Praxis ist die chemisch ausgelöste Pupillenerweiterung sowohl für den Patienten als auch die medizinische Fachkraft mit Beeinträchtigungen verbunden. Durch das Vorgehen wird der Patient in seinen Aktivitäten nach der Untersuchung eingeschränkt (zum Beispiel kann der Patient nicht Auto fahren oder lesen). Deshalb muss der Patient für einen Tag Urlaub nehmen oder einen Termin ein paar Stunden verschieben (wodurch sein Terminplan unflexibel wird). Die medizinische Fachkraft mit ihrer Praxis kann möglicherweise beeinträchtigt sein, da sie Termine lieber über den ganzen Tag hinweg vergibt als nur für den Nachmittag. Außerdem dürfen nur ausgewählte medizinische Fachkräfte Mydriatika (pupillenerweiternde Augentropfen) verabreichen. Dadurch ist die Versorgung geografisch auf Orte beschränkt, an denen ausgebildete medizinische Fachkräfte körperlich anwesend und bereit sind, das Mydriatikum zu verabreichen. Darüber hinaus brauchen die Pupillen des Patienten mehr als zehn Minuten bis zur vollständigen Erweiterung, sodass die medizinischen Fachkräfte das chemische Mittel wesentlich eher verabreichen müssen, als die Untersuchung beginnen kann. Somit verlängert sich der Termin bei der medizinischen Fachkraft sowohl für die medizinische Fachkraft als auch für den Patienten, und die medizinische Fachkraft kann sich dem Patienten nicht ausreichend widmen und nicht so viele Patienten untersuchen. Während sich die Pupillen erweitern, wird der Patient nicht betreut, und die medizinische Fachkraft leistet auch keine Betreuung; beide warten einfach nur ab. Während der Untersuchung muss das Untersuchungszimmer dunkel bleiben, damit sich der Patient an die Überempfindlichkeit gegenüber sichtbarem Licht gewöhnen kann. Arbeiten und Bewegen in einem Dunkelraum sind sowohl für den Patienten als auch für die medizinische Fachkraft erschwert.

[0033] Darüber hinaus ist bei aktuellen Untersuchungsverfahren eine vollständige Pupillenerweiterung erforderlich, und es kann keine quantitative Diagnose des Augenverhaltens in der Verengungsphase durchgeführt werden, wenn die Pupille kleiner als 100% ist. Das liegt daran, dass das Hauptziel dieser Verfahren und Einheiten darin besteht, den Augenhintergrund zu untersuchen. Die vollständige Pupillenerweiterung wird für die Untersuchung des Augenhintergrunds als ideal angesehen, da hierbei das größte Gesichtsfeld für die Untersuchung zur Verfügung steht. Bei einem durch eine bildgebende Einheit aufgenommenen Abbilds des Augenhintergrundes beliebiger Größe ist der interessierende Bereich in dem Abbild möglicherweise umso größer, je stärker die Pupillen erweitert sind.

[0034] Parallele Untersuchung. Bei derzeitigen ophthalmoskopischen Verfahren, darunter multispektrale bildgebende Verfahren, werden das Augenverhalten und die Pupillenerweiterung und -verengung nacheinander gemessen. Zum Beispiel werden derzeitige multispektrale bildgebende Werkzeuge dazu verwendet, jeweils nur ein Auge zu untersuchen. Eine gleichzeitige Untersuchung beider Augen eines Patienten erfolgt nicht, da deren Vorteile nach dem Stand der Technik nicht erkannt oder anerkannt werden. Vielmehr wird nach dem Stand der Technik ein Einrichten der Einheit zum Durchführen gleichzeitiger Untersuchungen als Nachteil angesehen, dass dies eine Verdoppelung der Untersuchungs-Infrastruktur erfordern würde. Allein das Kostenargument ist ausreichend, keine gleichzeitige Untersuchung beider Augen unter Verwendung solcher Einheiten durchzuführen, da nach dem Stand der Technik keinerlei Vorteile darin gesehen werden.

[0035] Synchronizität. Derzeitige ophthalmologische Untersuchungseinheiten verwenden keine asymmetrisch oder asynchron auf die Augen eines Patienten einwirkenden sichtbaren Lichtstrahlen.

[0036] Asynchrone Pupillenverengung in einem ersten Auge als Reaktion auf Anregen eines zweiten Auges mit sichtbarem Licht kann auf verschiedene Erkrankungen in dem ersten Auge, dem zweiten Auge oder in beiden Augen oder in anderen Teilen des optischen Systems hinweisen, die an der gleichzeitigen Reaktion der Pupillenerweiterung und -verengung beteiligt sind. Wenn das erste Auge mit einer erweiterten Pupille mit einem sichtbaren Lichtstrahl angeregt wird, zieht sich die Pupille zusammen. Bei einem gesunden Patienten führt das Verengen des ersten Auges als Reaktion auf den Reiz zu einer gleichzeitigen Pupillenverengung in dem zweiten Auge, auch wenn das zweite Auge nicht direkt angeregt wird. Stark ausgeprägte Fälle asynchroner Pupillenverengung können qualitativ durch eine visuelle Untersuchung erkannt werden, erfordern jedoch speziell ausgebildete medizinische Fachkräfte, oft sogar einen Ophthalmologen, um dies zu erkennen. Ein schwaches, aber signifikantes Fehlen der Synchronizität lässt sich jedoch nicht durch visuelle Untersuchung erkennen. Dadurch wird die Patientenbehandlung jedoch stark eingeschränkt, weil so eine Früherkennung unmöglich wird. Wenn die Diagnose abschließend durch manuelle Untersuchung gestellt wird, kommt es zu ernstern Symptomen, schwereren Komplikationen und weniger verfügbaren Behandlungsmöglichkeiten. Zu erwarten ist, dass jegliche Behandlungsmöglichkeit weniger wirksam sein dürfte, als wenn die Erkrankung früher diagnostiziert worden wäre.

[0037] Außerdem handelt es sich bei der manuellen Beobachtung der asynchronen Pupillenverengung selbst durch eine speziell ausgebildete medizinische Fachkraft um eine qualitative Einschätzung. Menschen sind nicht in der Lage, zeitlich asynchrone Pupillenverengung quantitativ zu bewerten (z.B. in Form von Millisekunden).

[0038] Mobilität und Skalierbarkeit. Zwar werden regelmäßig Fortschritte in der Ophthalmologie gemacht, jedoch wirken sich die oben dargelegten Beschränkungen nach dem Stand der Technik bezüglich der ophthalmologischen Untersuchungsverfahren und -einheiten darauf aus, dass diese Verfahren nicht einfach außerhalb einer stationären medizinischen Einrichtung durchgeführt und angewendet werden können. Abgesehen von den strittigen Untersuchungstechniken muss sich ein Patient für eine solche Untersuchung zur Praxis eines Ophthalmologen begeben. In logistischer Hinsicht bedeutet dies, dass selbst materiell besser gestellte Patienten oft monatelang auf einen Termin bei einem angesehenen Facharzt warten müssen. Für die meisten Menschen auf dieser Erde stellen regelmäßige Besuche bei einem Ophthalmologen einen Luxus dar. Es ist klar, dass das aktuelle Modell der ophthalmologischen Versorgung nicht mobil und nicht skalierbar ist.

[0039] Demgemäß besteht ein beträchtlicher nicht erkannter und nicht befriedigter Bedarf, diese und andere Einschränkungen nach dem Stand der Technik zu beheben. Einige Ausführungsformen der Erfindung können Lösungen für eine oder mehrere dieser Anforderungen bereitstellen.

[0040] Allgemein stellen Ausführungsformen der Erfindung ophthalmologische Untersuchungseinheiten und -verfahren für deren Bedienung und Verwendung bereit. Mit einigen dieser ophthalmologischen Einheiten können die Pupillenerweiterung auf natürliche Weise ausgelöst und bei Bedarf beide Augen gleichzeitig, aber asynchron untersucht werden. Dem Fachmann ist jedoch klar, dass Ausführungsformen der Erfindung nicht unbedingt Elemente aufweisen müssen, die jeder dieser Überlegungen entgegenkommen, oder dass Ausführungsformen der Erfindung nicht unbedingt allen diesen Anforderungen genügen müssen, um die Schwelle der Neuheit und des Selbstverständlichen zu überschreiten. Die Erfindung ist durch die Ansprüche definiert.

[0041] Eine beispielhafte Ausführungsform der Erfindung stellt eine tragbare Einheit, beispielsweise eine Schutzbrille oder Maske oder eine montierte Einheit, die am Fußboden oder am Tisch angebracht ist, oder eine mobile Untersuchungseinheit, die in Kontakt mit dem Gesicht eines Patienten kommt, indem ein oder beide Augen des Patienten bedeckt werden, und wahlweise eine das Gesicht umgebende Struktur zum Auslösen der natürlichen Pupillenerweiterung bereit. Unter Verwendung einer Kombination einer Infrarot-Lichtquelle und

einer Lichtquelle für sichtbares Licht sowie unter Verwendung verschiedener Konfigurationen und Verfahren zum Emittieren von Lichtstrahlen durch diese Lichtquellen nutzen Ausführungsformen der Erfindung Bildsensoren zum Erfassen des Zustands der Augen des Patienten und deren Reaktionen auf Reize, um Anomalien zu detektieren und Erkrankungen zu diagnostizieren.

[0042] Gemäß einer beispielhaften Ausführungsform ist die ophthalmologische Einheit so eingerichtet, dass sie mit einem auf einer Cloud beruhenden Softwaredienst Daten zum Bereitstellen medizinischer Diagnosen und medizinischer Empfehlungen austauschen, insbesondere in geografischen Umgebungen, in denen übliche ophthalmologische Einrichtungen, Einheiten und Verfahren nur begrenzt zur Verfügung stehen.

[0043] Gemäß der Ausführungsform, bei der es sich bei der Einheit um eine tragbare Einheit (z.B. eine Schutzbrille oder eine tragbare Maske) handelt, kann die Einheit in Wohnungen oder abgelegenen Orten und sogar im Freien bereitgestellt werden, wo eine ophthalmologische Versorgung nur schwierig bereitgestellt werden kann oder nicht einfach verfügbar ist. Die Patientenversorgung und der Versorgungsbereich werden wesentlich verbessert.

[0044] Nunmehr werden Ausführungsformen der Erfindung in Verbindung mit den Figuren erörtert. Die Figuren veranschaulichen beispielhafte, nicht als Einschränkung zu verstehende und alternative Ausführungsformen der Erfindung. Vor dem Erörtern jeder Figur im Einzelnen wird eine allgemeine Übersicht über einige der Figuren gegeben. Die allgemeine Übersicht gibt dem Fachmann Aufschluss über die Probleme nach dem Stand der Technik, über ein Erkennen und Ausüben der durch die Erfindung bereitgestellten speziellen Lösungen und die erreichbaren Ergebnisse.

[0045] **Fig. 1** veranschaulicht als Übersichtsdarstellung eine allgemeine Untersuchungsumgebung mit einem (auch als Patient bezeichneten) Benutzer und einer beispielhaften ophthalmologischen Einheit. **Fig. 1** veranschaulicht, wie die ophthalmologische Einheit (durch eine oder mehrere Öffnungen) geformt sein kann, um in Kontakt mit dem Patienten zu gelangen und die Augen des Patienten zu abzudecken und Lichtstrahlen von außen (d.h. von einer Lichtquelle außerhalb der ophthalmologischen Einheit emittierte Lichtstrahlen) davon abzuhalten, auf das Auge des Patienten zu treffen. Durch diesen Mechanismus werden die Augen abgeschirmt und die natürliche Pupillenerweiterung ohne Bedarf an Mydriatika ausgelöst. Die in **Fig. 1** gezeigte ophthalmologische Einheit kann mindestens eine oder mindestens zwei Kammern haben. Bei der Zweikammer-Anordnung nimmt jede Kammer ein zu untersuchendes Auge auf.

[0046] Die **Fig. 2** und **Fig. 3** veranschaulichen beispielhafte Anordnungen der verschiedenen inneren Komponenten einer Einzelkammer der ophthalmologischen Einheit von **Fig. 1**. Das heißt, jede Kammer der ophthalmologischen Einheit kann jede in den **Fig. 2** und **Fig. 3** bereitgestellte Anordnung aufweisen.

[0047] Die **Fig. 4** und **Fig. 5** veranschaulichen die beispielhaften Zweikammer-Anordnungen der ophthalmologischen Einheit von **Fig. 1**. Bei jeder Kammer der Zweikammer-Anordnung der **Fig. 4** und **Fig. 5** kann es sich um eine der in den **Fig. 2** und **Fig. 3** bereitgestellten Einzelkammern handeln. Diese Anordnungen können in der Zweikammer-Anordnung miteinander gemischt und aufeinander angepasst werden.

[0048] Die **Fig. 6A** bis **Fig. C** und **Fig. 7A** bis **Fig. D** sind Ablaufpläne beispielhafter Verfahren, die die ophthalmologische Einheit von **Fig. 1** verwenden.

[0049] **Fig. 8** zeigt einen beispielhaften Cloud-Computing-Knoten (Datenverarbeitungseinheit), der verschiedene Datenverarbeitungsfunktionen und -operationen der ophthalmologischen Einheit von **Fig. 1** ausführt und aufeinander abstimmt. Bei der Datenverarbeitungseinheit von **Fig. 8** kann es sich um einen Steuer-Chip (oder eine beliebige andere geeignete Einheit) handeln, die funktionell mit der ophthalmologischen Einheit verbunden ist. Zum Beispiel kann es sich hierbei um einen Datenverarbeitungs-Chip handeln, der innerhalb einer Kammer der ophthalmologischen Einheit untergebracht oder funktionell mit dieser verbunden ist. Die Datenverarbeitungseinheit kann alternativ in einzelne Komponenten der ophthalmologischen Einheit integriert sein. Zum Beispiel kann die Datenverarbeitungseinheit (darunter zum Beispiel ihr Prozessor) mit einem oder mehreren Bildsensoren der ophthalmologischen Einheit identisch oder ein Bestandteil derselben sein.

[0050] Die **Fig. 9** und **Fig. 10** zeigen Aspekte einer Cloud-Computing-Umgebung und ihrer Funktionsschichten zum Bereitstellen medizinischer Diagnose- beziehungsweise Analysedienste. Die ophthalmologische Einheit von **Fig. 1** kann mit der Cloud-Umgebung verbunden werden, um aufgenommene Bilder zu übertragen und den Cloud-Dienst in die Lage zu versetzen, Bildanalyse, medizinische Diagnoseanalyse oder eine beliebige andere

Form von Analyse durchzuführen, die erforderlich ist. Alternativ können einige oder alle diese Funktionen lokal in der ophthalmologischen Einheit ausgeführt und die Ergebnisse an den Cloud-Dienst übertragen werden.

[0051] Nach dieser allgemeinen Übersicht über die Figuren werden nunmehr Ausführungsformen der Erfindung ausführlich unter direkter Bezugnahme auf die Figuren beschrieben.

[0052] **Fig. 1** ist ein Schaubild einer medizinischen Diagnoseumgebung **100** mit einem (auch als „Patient“ bezeichneten) Benutzer und einer ophthalmologischen Einheit **150** gemäß einer Ausführungsform der Erfindung. Bei der medizinischen Diagnoseumgebung **100** kann es sich zum Beispiel um einen Platz im Freien oder einen Innenraum wie beispielsweise ein Zimmer in einem Krankenhaus oder einem Ambulatorium oder ein beliebiges anderes geografisches Gebiet handeln, in dem sich der Benutzer **110** aufhält. Dem Fachmann ist klar, dass Merkmale mindestens einiger Ausführungsformen der Erfindung ermöglichen, die ophthalmologische Einheit **150** in provisorischen Operationssälen oder sogar in der Wohnung eines Patienten aufzustellen.

[0053] Wiederum Bezug nehmend auf **Fig. 1** kann die ophthalmologische Einheit **150** gemäß einer Ausführungsform der Erfindung eine tragbare Schutzbrille, eine am Fußboden oder auf dem Tisch montierte Vorrichtung oder anderweitig konfiguriert sein, um in Kontakt mit dem Gesicht des Patienten gebracht zu werden, um Abbilder von den Augen des Patienten aufzunehmen. Die ophthalmologische Einheit **150** umfasst eine oder mehrere Kammern und hat an einer dem Patienten zugewandten Seite **180** eine oder mehrere Öffnungen. Die dem Patienten zugewandte Seite **180** der ophthalmologischen Einheit **150** ist mit einer oder mehreren Komponenten zum Schutz vor Fremdlicht ausgestattet. Gemäß einer Ausführungsform kann die Komponente zum Schutz vor Fremdlicht einen gepolsterten oder Gummistreifen enthalten, der an den Rand der dem Patienten zugewandten Seite **180** angepasst beziehungsweise an diesem befestigt ist. Die dem Patienten zugewandte Seite **180** und/oder die Komponenten zum Schutz vor Fremdlicht können gekrümmt oder anderweitig so geformt sein, dass sie sich an das Gesicht eines Patienten anpassen. Die dem Patienten zugewandte Seite **180** oder die Komponenten zum Schutz vor Fremdlicht können durch einen Formungsprozess so an das Gesicht angepasst werden, dass die Komponenten zum Schutz vor Fremdlicht beim Ansetzen des Gesichts des Patienten an der dem Patienten zugewandten Seite **180** die Augen des Patienten vollständig oder im Wesentlichen vollständig vor Fremdlicht schützen. Gemäß einer Ausführungsform kann die dem Patienten zugewandte Seite **180** zwei Öffnungen aufweisen, wobei an jeder der beiden Öffnungen ein Okular angebracht ist. Diese Okulare können Schutzbrillen oder Okularen ähneln, wie sie bei Mikroskopen, Kompaktkameras, Ski-Schutzbrillen und Virtual-Reality-Brillen verwendet werden. Solche Okulare können so geformt sein, dass sie zur Augenhöhle oder einem Bereich am Kopf des Patienten passen. Es kann jede in der Technik bekannte zum Erreichen der gewünschten Wirkung, d.h., die Augen des Patienten vollständig oder im Wesentlichen vor Fremdlicht zu schützen, verwendet werden. Unter dem Ausdruck „im Wesentlichen schützen“ ist zu verstehen, dass keine Fremdlichtstrahlen auf das/die Auge/n des Patienten treffen, um zu verhindern, dass sich die Pupille um mehr als einen Schwellenwertfaktor verengt. Der Schwellenwertfaktor kann benutzerdefiniert, vorgegeben und (z.B. durch einen technischen Angestellten oder einen Ophthalmologen) einstellbar sein.

[0054] Gemäß Ausführungsformen, bei denen es sich bei der ophthalmologischen Einheit **150** um eine mobile tragbare Einheit handelt, kann an der Öffnung **180** oder einem anderen Teil der ophthalmologischen Einheit **150** eine Befestigungsvorrichtung angebracht sein, um die Vorrichtung am Kopf des Patienten zu befestigen. Diese Anordnung kann besonders ideal bei Ausführungsformen der Erfindung sein, bei denen die ophthalmologische Einheit **150** eine geringe Bauhöhe und ein geringes Gewicht hat. Diese Anordnung kann einfach und preiswert in provisorischen Operationssälen oder im Freien aufgestellt werden.

[0055] Durch Abschotten der Augen eines Patienten können sich die Pupillen auf natürliche Weise erweitern. Durch diesen natürlichen Prozess zum Auslösen der Pupillenerweiterung entfällt die Notwendigkeit, Mydriatika zu verabreichen, und deren negative Nebenwirkungen und Nachteile werden vermieden. Zum Beispiel kann unter Verwendung der ophthalmologischen Einheit **150** ohne Abdunkeln der Umgebung eine größtmögliche natürliche Erweiterung ausgelöst werden. Dadurch ist es möglich, die ophthalmologische Einheit in beleuchteten Räumen oder im Freien zu verwenden. Außerdem kann ein Auslösen der natürlichen Pupillenerweiterung durch den Patienten selbst oder eine andere Person herbeigeführt werden, und der Patient ist nicht auf eine medizinische Fachkraft angewiesen oder braucht nicht zu einer medizinischen Einrichtung zu fahren. Gesundheitsdienstleister oder medizinische Fachkräfte können aus der Ferne oder automatisch diagnostische Dienstleistungen für Patienten erbringen, insbesondere wenn diese in weitab liegenden oder unterversorgten Gebieten wohnen oder nur geringen oder keinen direkten Zugang zu Gesundheitseinrichtungen oder medizinischen Fachkräften haben.

[0056] Die ophthalmologische Einheit **150** kann funktionell mit einer (nicht gezeigten) Steuereinheit mit einem Prozessor oder anderen in Verbindung mit **Fig. 8** beschriebenen Komponenten verbunden sein. Die ophthalmologische Einheit **150** kann die Steuereinheit aufnehmen. Die Steuereinheit oder die ophthalmologische Einheit kann auch eine oder mehrere Eingabe/Ausgabe- (E/A-) Einheiten zum Austausch von Daten mit einem oder mehreren Benutzern (darunter der Patient oder die medizinische Fachkraft) oder anderen Systemen enthalten. Zum Beispiel können zu den E/A-Einheiten eine digitale Anzeige, ein drahtloser Sender und Empfänger (zum Beispiel eine Bluetooth-Komponente), ein Stromkabel, eine Datenaufzeichnungseinheit, eine Speichereinheit (beispielsweise eine SD-Speicherkarte) oder eine beliebige andere in der Technik bekannte E/A-Einheit gehören. Gemäß einer Ausführungsform kann die ophthalmologische Einheit **150** Daten mit einer medizinischen Cloud-Umgebung austauschen, um medizinische Dienstleistungen in Form von Software-Analyse bereitzustellen. Diese Ausführungsformen werden in Verbindung mit den **Fig. 8** bis **Fig. 10** ausführlich erörtert.

[0057] Benutzer wie beispielsweise ein Patient oder eine medizinische Fachkraft können die ophthalmologische Einheit **150** unter Verwendung eines in der Technik bekannten Mechanismus bedienen, darunter, ohne darauf beschränkt zu sein, ein funktionell mit der ophthalmologischen Einheit **150** verbundenes Steuerpult (das z.B. an einer Fläche der Vorrichtung angebracht ist) oder eine Softwareanwendung (z.B. eine mobile Applikation). Zusätzlich kann die ophthalmologische Einheit **150** über einen auf einer Cloud beruhenden Dienstleister ferngesteuert werden. Die Steuerelemente können zum Starten, Unterbrechen, Anhalten, Wiederholen oder anderweitigen Steuern der Funktionen der Einheit betätigt werden.

[0058] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung hat die ophthalmologische Einheit **150** die Abmessungen 125 mm (B) x 200 mm (L) x 110 mm (H), wobei die dem Patienten zugewandte Seite 200 mm lang ist (obwohl das Okular oder jeweilige Passstück für das Auge/die Augenhöhle kleiner oder größer sein kann). Verschiedene Flächen können gekrümmt oder anderweitig geformt sein, um den technischen und ästhetischen Anforderungen zu genügen. Diese Abmessungen sind nur beispielhaft.

[0059] **Fig. 2** ist eine Teilansicht der medizinischen Diagnoseumgebung **100** von **Fig. 1**, die mindestens eine in einer Reihe angeordnete Kammer der ophthalmologischen Einheit **150** gemäß einer Ausführungsform der Erfindung enthält.

[0060] Bei der mindestens einen Kammer der ophthalmologischen Einheit **150** kann es sich um eine Komponente einer größeren Gehäuseeinheit handeln. Zur besseren Veranschaulichung von Ausführungsformen der Erfindung sind die Gehäuseeinheit und die mindestens eine Kammer in **Fig. 2** nicht ausdrücklich gezeigt. Die mindestens eine Kammer enthält eine Stromquelle, eine Lichtquelle **152**, einen Bildsensor **162** und ein Objektiv **160**. Diese Anordnung dient nur zum Veranschaulichen, und andere Anordnungen sind möglich. Zum Beispiel braucht die Stromquelle nicht innerhalb der mindestens einen Kammer oder innerhalb der Gehäuseeinheit untergebracht zu sein. Außerdem wird beschrieben, dass sich verschiedene Komponenten innerhalb der mindestens einen Kammer befinden, jedoch ist dem Fachmann klar, dass diese Komponenten unterschiedlich positioniert sein können, um dieselben Ergebnisse zu erzielen.

[0061] Bei der Stromquelle kann es sich um eine beliebige in der Technik bekannte Energiequelle handeln, beispielsweise um einen Akku-Satz oder ein an eine Stromsteckdose anschließbares Stromkabel oder eine beliebige andere Stromquelle handeln, die ausreichend elektrischen Strom zum Betreiben der Lichtquelle **152** und des Bildsensors **162** erzeugt. Der Begriff Stromquelle bezieht sich allgemein auf eine beliebige Komponente in der ophthalmologischen Einheit, die Strom erzeugt und funktionell mit elektrischen Verbrauchern verbunden ist. Die Stromquelle oder andere Komponenten der Einheit können durch eine Steuereinheit gesteuert werden, um die Lichtquelle **152** oder eine oder mehrere der einzelnen Strahler in der Lichtquelle **152** mit Strom zu versorgen.

[0062] Bei der Lichtquelle **152** kann es sich um eine Reihe einer oder mehrerer Licht emittierender Einheiten handeln, die Infrarotlicht, sichtbares Licht oder beides emittieren. Zum Beispiel kann die Lichtquelle **152** eine oder mehrere Lichtquellen zum Emittieren von sichtbarem Licht und eine oder mehrere Infrarot-Lichtquellen enthalten. Bei jeder dieser Lichtquellen kann es sich um eine Leuchtdiode (light emitting diode, LED) handeln. Zum Beispiel können die LEDs für sichtbares Licht jeweils 1,5 x 1,6 mm große RGB-LEDs infrage kommen. Die LEDs können in einer oder mehreren Anordnungen positioniert sein, die auf einem Substrat befestigt sind. Die LEDs können so positioniert sein, dass die Substratblöcke Lichtstrahlen daran hindern, sich in einer unerwünschten Richtung auszubreiten. Zum Beispiel können die LEDs in einer Reihenanordnung so positioniert sein, dass das Substrat der Seite des Bildsensors **160** am Einheitengehäuse zugewandt ist und so keine Lichtstrahlen direkt zum Bildsensor emittiert. Anderenfalls könnten sich diese Lichtstrahlen mit Lichtstrahlen überlagern, die vom Auge des Patienten reflektiert werden. Bei Bedarf können LEDs bereitgestellt werden,

die zum Emittieren von Infrarotlicht und sichtbarem Licht bei verschiedenen Wellenlängen, Frequenzen oder unterschiedlicher Photonenenergie erforderlich sind.

[0063] Die Lichtquelle **152** gemäß Ausführungsformen der Erfindung kann Infrarot-Lichtstrahlen und sichtbare Lichtstrahlen während unterschiedlicher Zeiträume, überlappender Zeiträume oder ein und desselben Zeitraums emittieren. Gemäß einigen Ausführungsformen, bei denen die Lichtquelle **152** sichtbare Lichtstrahlen emittiert, emittiert sie mindestens zwei sichtbare Lichtstrahlen mit ansteigender Energieintensität. Die Energieintensität kann eine Funktion der Wellenlänge, der Frequenz oder der Photonenenergie der sichtbaren Lichtstrahlen sein. Zum Beispiel kann eine grüne LED einen Lichtstrahl mit einer Wellenlänge von ~495 bis 570 nm, einer Energie von ~526 bis 6-6 THz und einer Photonenenergie von 2,17 bis 2,50 eV emittieren. Die Eigenschaft des Erhöhen (oder Ansteigens) der Energieintensität ist dem Prozess des Erhöhen der Photonenenergie oder dem Prozess des Verringerns (Abnehmens oder Absenkens) der Wellenlänge äquivalent. Die Eigenschaft des Verringerns (oder Abnehmens) der Energieintensität ist dem Prozess des Verringerns (Ansteigens oder Vergrößerns) der Wellenlänge äquivalent.

[0064] Im Gegensatz zum Stand der Technik ermöglichen die Auswahlmöglichkeiten der Lichtquelle **152** und ihrer Struktur und Anordnung wie oben beschrieben verschiedene neuartige Prozesse, darunter: weitestgehendes Vergrößern des Gesichtsfeldes des Augenhintergrundes während Emissionen von sichtbaren Lichtstrahlen (was zu einer Erweiterung der aufgenommenen Abbilder des Augenhintergrundes führt); gleichzeitiges Abbilden mit sichtbarem Licht und Infrarotlicht. Durch den letzteren Vorteil wird nicht nur Zeit gespart, sondern auch gleichzeitiges Untersuchen des Pupillenreflexes ermöglicht, um Erkrankungen zu diagnostizieren, auf die Beobachtungen des Pupillenreflexes hinweisen.

[0065] Diese neuartigen Prozesse beruhen zumindest auf Folgendem. Stufenweises Emittieren von sichtbaren Lichtstrahlen mit zunehmenden Energieintensitäten bewirkt eine gesteuerte und stufenweise Verengung der Pupille. Wie stark sich die Pupille verengt, hängt normalerweise von der Energieintensität der Strahlung der sichtbaren Lichtstrahlen ab; je höher die Energie des Lichtstrahls ist, desto stärker und ausgeprägter reagiert die Pupille darauf mit Verengung. Ein Ziel mancher ophthalmoskopischer Verfahren besteht darin, Abbilder vom Augenhintergrund bei verschiedenen Wellenlängen von sichtbarem und Infrarotlicht bei größtmöglichem Gesichtsfeld (durch die Pupillenöffnung) aufzunehmen. Da sich die Pupille jedoch bei sichtbarem Licht verengt, liefern bekannte Verfahren nur mangelhafte Abbildungen (d.h., die inneren Strukturen des Augenhintergrundes werden schlechter erfasst als maximal möglich). Wenn das Auge zum Beispiel zuerst mit grünem Licht beleuchtet wird, reagiert die Pupille mit größtmöglicher Verengung und schränkt dadurch das für Aufnahmen des Augenhintergrundes unter Verwendung von Infrarotlicht zur Verfügung stehende Gesichtsfeld ein. Da sich die Pupille extrem stark verengt, wird es außerdem unmöglich, geringfügige Veränderungen des erwarteten Verengungsverhaltens in dem Bereich zwischen geringstmöglicher und größtmöglicher Verengung (oder größtmöglicher und geringstmöglicher Erweiterung) zu messen.

[0066] Deshalb können gemäß einigen Ausführungsformen der Erfindung Emissionen von sichtbaren Lichtstrahlen und Emissionen von Infrarot-Lichtstrahlen durch die Lichtquelle **152** gleichzeitig erfolgen. Das heißt, während die Infrarot-Lichtstrahlen auf das Auge treffen (und während Reflexionen des Infrarot-Lichtstrahls durch den Bildsensor **16** aufgenommen werden), geschieht dasselbe mit den sichtbaren Lichtstrahlen. Auf diese Weise können mit der ophthalmoskopischen Einheit **150** gleichzeitig Strukturen des Augenhintergrundes erfasst und Pupillenreflexe gemessen werden. Da die Emissionen von sichtbarem Licht schrittweise und mit zunehmender Energieintensität erfolgen, wird außerdem die Auswirkung des sichtbaren Lichts auf den Pupillenreflex in jedem Augenblick während der Aufnahmen unter Verwendung von Infrarotlicht auf ein Mindestmaß verringert. Wenn zum Beispiel stattdessen ein sichtbarer Lichtstrahl mit hoher Energie (und nicht stufenweise) verwendet würde, würde sich die Pupille unnötig stark verengen und dadurch die Öffnung verkleinern, durch die Abbildungen der inneren Strukturen und Oberflächen des Augenhintergrundes unter Verwendung von Infrarotlicht aufgenommen werden könnten.

[0067] Weiterhin ist die Lichtquelle **152** gemäß **Fig. 2** funktionell mit der Stromquelle verbunden, um bei Bedarf selektiv eine oder mehrere einzelne LEDs mit Strom zu versorgen. Bei der gezeigten Ausführungsform ist die Lichtquelle **152** entlang einer ersten Achse, die horizontal entlang der x-Achse der Vorrichtung verläuft, in Bezug auf die dem Benutzer zugewandte Seite der Vorrichtung und in Bezug auf die anderen unten beschriebenen Komponenten in einer Reihe positioniert. Alternativ kann die Lichtquelle **152** koaxial in Bezug auf den Bildsensor **162** (diese alternative Anordnung ist in **Fig. 3** gezeigt) positioniert sein. Gemäß einer Ausführungsform kann die Lichtquelle **152** im Allgemeinen einen Infrarot-Lichtstrahl mit einer Wellenlänge von ungefähr 900 nm und eine Reihe sichtbarer Lichtstrahlen mit Wellenlängen von ungefähr 548 nm, 586 nm, 610 nm und 660 nm emittieren.

[0068] Bei dem Bildsensor **162** kann es sich um eine beliebige in der Technik bekannte Bildquelle handeln, die in der Lage ist, unter anderem Lichtreflexionen von sichtbarem Licht und Infrarotlicht zu erfassen. Gemäß einer Ausführungsform handelt es sich um einen elektronischen monochromatischen CMOS-Sensor mit einer Bildfläche von 3,9 x 2,5 mm, der 120 Einzelbilder pro Sekunde mit einer Auflösung von 1280 x 800 Pixeln aufnehmen kann. Der Bildsensor **162** kann entlang der ersten Achse, d.h. der x-Achse, nahe der Lichtquelle **152** positioniert sein. Die Lichtquelle **152** kann in Bezug auf die Lichtquelle **152** in einer Reihe (**Fig. 2**) oder koaxial (**Fig. 3**) zu dieser positioniert sein.

[0069] Das Objektiv **160** ist zwischen der Lichtquelle **152** und dem Bildsensor **160**, entlang der ersten Achse, d.h. der x-Achse, in einer Reihe in Bezug auf den Bildsensor **160** positioniert. Bei dem Objektiv **160** kann es sich gemäß einer Ausführungsform um ein Objektiv mit einer Brennweite von 3,5 mm und acht Einzellinsen mit reflexionsmindernder Beschichtung handeln. Wenn die Lichtquelle **152** (sichtbare oder infrarote) Lichtstrahlen emittiert, werden die Lichtstrahlen innerhalb der Vorrichtung reflektiert und beleuchten die Augen des Patienten. Die reflektierten Lichtstrahlen verlaufen durch das Objektiv **160** und werden auf den Bildsensor **160** fokussiert, der ein Abbild der Augen des Patienten aufnehmen kann, die mit sichtbarem Licht oder Infrarotlicht beleuchtet wurden.

[0070] Die erste Kammer enthält eine (nicht gezeigte) Gehäuseeinheit, die eine oder mehrere der oben aufgeführten Komponenten umfassen kann, d.h. eine Stromquelle, eine Lichtquelle, ein Objektiv oder eine beliebige Kombination derselben, und die ferner eine Öffnung mit einem Okular zum Schutz vor Fremdlicht enthält, wobei die Öffnung entlang der ersten Achse nahe der Lichtquelle gegenüber dem Objektiv und in einer Reihe mit dem Objektiv positioniert ist.

[0071] **Fig. 3** ist ein Teilschaubild der medizinisch-diagnostischen Umgebung **100** von **Fig. 1**, die ausgewählte Komponenten von mindestens einer Kammer der ophthalmologischen Einheit **150** enthält, die gemäß einer Ausführungsform der Erfindung koaxial angeordnet sind. Identisch bezeichnete Elemente der mindestens einen Kammer sind den in Verbindung mit **Fig. 2** beschriebenen bis auf die Tatsache ähnlich, dass die in **Fig. 3** gezeigte Ausführungsform auch einen Spiegel **156** enthält. In dieser Anordnung ist der Spiegel **156** in Bezug auf den Bildsensor **162**, das Objektiv **160** und die Öffnung an der dem Patienten zugewandten Seite der Vorrichtung in einer Reihe positioniert. Die Lichtquelle **152** ist entlang einer zweiten Achse, d.h. der y-Achse, unterhalb des Spiegels **156** positioniert. Diese Anordnung wird als koaxial bezeichnet. Gemäß einer Ausführungsform handelt es sich bei dem Spiegel **156** um einen 25 mm (5 x 5 mm) großen Oberflächenspiegel, der unter einem Winkel von 45 Grad in Bezug auf die Lichtquelle **152** positioniert ist. Wenn die Lichtquelle **152** mit Strom versorgt wird, emittiert sie Lichtstrahlen, die auf den Spiegel treffen und zur Öffnung der Vorrichtung an der dem Patienten zugewandten Seite abgelenkt werden. Die Lichtstrahlen treffen auf das(die) Auge(n) **112** des Patienten und werden von diesem(n) zurückgeworfen.

[0072] **Fig. 4** ist ein Teilschaubild einer Zweikammeranordnung der medizinisch-diagnostischen Umgebung **100** der **Fig. 1** und **Fig. 2**, die ausgewählte Komponenten der ophthalmologischen Einheit **150** enthält, die gemäß einer Ausführungsform der Erfindung in einer Reihe angeordnet sind. Die in den **Fig. 1** und **Fig. 2** gezeigten und bezeichneten Komponenten sind in zwei benachbarten Kammern angeordnet, die jeweils eine Öffnung auf der dem Patienten zugewandten Seite der ophthalmologischen Einheit **150** haben. Die beiden benachbarten Kammern können auch als eine erste Kammer und eine zweite Kammer bezeichnet werden.

[0073] Durch die in **Fig. 4** gezeigte Zweikammeranordnung kann die Pupillenerweiterung in beiden Augen des Patienten, d.h. des Patienten **110**, gleichzeitig ausgelöst werden, und die Anordnung ermöglicht ferner eine asynchrone und getrennte Emission von Lichtstrahlen auf die Augen des Patienten. Zum Beispiel können sichtbare Lichtstrahlen von der Lichtquelle **152** auf ein erstes Auge gerichtet werden, ohne dass sichtbare Lichtstrahlen auf ein zweites Auge gerichtet werden.

[0074] Die in **Fig. 4** gezeigte ophthalmologische Einheit **150** kann in der in Verbindung mit **Fig. 8** beschriebenen Weise betrieben werden, um eine oder mehrere Verfahren gemäß Ausführungsformen der Erfindung durchzuführen. Genauer gesagt, die Steuereinheit (oder andere Komponenten) der ophthalmologischen Einheit **150** können einen Prozessor und eine physische Speichereinheit zum Speichern von durch den Prozessor ausführbaren Programmanweisungen enthalten.

[0075] **Fig. 5** ist ein Teilschaubild einer Zweikammeranordnung der medizinisch-diagnostischen Umgebung **100** der **Fig. 1** und **Fig. 2**, die ausgewählte Komponenten der ophthalmologischen Einheit **150** enthält, die gemäß einer Ausführungsform der Erfindung koaxial angeordnet sind. Die koaxiale Anordnung stellt eine Alternative zu der in **Fig. 4** gezeigten Reihenanordnung dar. Die in den **Fig. 1** und **Fig. 2** gezeigten und bezeichneten

neten Komponenten sind in zwei benachbarten Kammern angeordnet, die jeweils eine Öffnung an der dem Patienten zugewandten Seite der ophthalmologischen Einheit **150** haben. Die beiden benachbarten Kammern können auch als eine erste Kammer und eine zweite Kammer bezeichnet werden.

[0076] Die in **Fig. 5** gezeigte Zweikammeranordnung ermöglicht Auslösen gleichzeitiger Pupillenerweiterung in beiden Augen des Patienten, d.h. des Benutzers **110**, und weiterhin asynchrones und getrenntes Emittieren von Lichtstrahlen auf die Augen des Patienten. Zum Beispiel können sichtbare Lichtstrahlen von der Lichtquelle **152** auf ein erstes Auge gerichtet werden, ohne sichtbare Lichtstrahlen auch auf ein zweites Auge zu richten.

[0077] Die in **Fig. 5** gezeigte ophthalmologische Einheit **150** kann in der in Verbindung mit **Fig. 8** beschriebenen Weise betrieben und gesteuert werden, um ein oder mehrere Verfahren gemäß Ausführungsformen der Erfindung durchzuführen. Genauer gesagt, die Steuereinheit (oder andere Komponenten) der ophthalmologischen Einheit **150** kann einen Prozessor und eine physische Speichereinheit zum Speichern durch den Prozessor ausführbarer Programmanweisungen enthalten.

[0078] Unter allgemeiner Bezugnahme auf die **Fig. 4** und **Fig. 5** kann die ophthalmologische Einheit **150** ein Paar Licht emittierender Einheiten (Lichtquellen **152**) enthalten, die dazu dienen, einen Lichtstrahl auf ein Paar Zielaugen (des Benutzers) zu emittieren. Bei dem Lichtstrahl kann es sich um Infrarotlicht oder sichtbares Licht handeln. Die ophthalmologische Einheit enthält eine Öffnung oder ein Paar Öffnungen **180** (**Fig. 1**), die mit dem Paar Zielaugen gekoppelt sind, um Fremdlicht außerhalb der Vorrichtung daran hindert, auf das Paar Zielaugen zu treffen. Ein Paar Bildsensoren **162** dient dazu, von dem Paar Zielaugen reflektiertes Licht aufzufangen. Ein Paar Objektive **160** dient dazu, von dem Paar Zielaugen reflektiertes Licht auf das Paar Bildsensoren **162** zu fokussieren. Eine Steuereinheit dient dazu, das Paar Zielaugen innerhalb eines Zeitraums nach und nach mit einer Mehrzahl immer energiereicherer Lichtstrahlen zu beleuchten.

[0079] Im Folgenden wird nunmehr Bezug in den **Fig. 6A** bis **Fig. C** und **Fig. 7A** bis **Fig. D** auf beispielhafte Verfahren zum Bedienen verschiedener Komponenten der ophthalmologischen Einheit **150** genommen (die ophthalmologische Einheit **150** und deren Komponenten werden in Verbindung mit den **Fig. 1** bis **Fig. 5** beschrieben). Hierzu gehören Verfahren zum Bedienen einer Einkammeranordnung und einer Zweikammeranordnung.

[0080] **Fig. 6A** ist ein Ablaufplan eines Verfahrens **500** zum Anwenden einer ophthalmologischen Einheit gemäß einer Ausführungsform der Erfindung. Das Verfahren kann zum Beispiel durch die in den **Fig. 2** bis **Fig. 3** gezeigte ophthalmologische Einheit **150** durch Ausführen von Programmanweisungen des Verfahrens durch den Prozessor der Steuereinheit der ophthalmologischen Einheit **150** durchgeführt werden. Das Verfahren **600** kann durch Bedienen einer ersten Kammer (**Fig. 2** und **Fig. 3**) der beiden Kammern der (in den **Fig. 1**, **Fig. 4** und **Fig. 5** gezeigten) ophthalmologischen Einheit **150** durchgeführt werden, ohne unbedingt eine zweite Kammer gleichzeitig oder in derselben Weise zu bedienen. Zwar sind die Schritte des Verfahrens **600** in einer bestimmten Reihenfolge aufgeführt, jedoch können diese in einer beliebigen für den jeweils gewünschten Anwendungsfall geeigneten Reihenfolge ausgeführt werden. Deshalb ist die angegebene Reihenfolge nicht als Einschränkung des Schutzzumfangs der Erfindung auf die angegebene Reihenfolge zu verstehen.

[0081] Nunmehr wird das Verfahren **600** gemäß einer Ausführungsform der Erfindung unter Bezug auf die **Fig. 1** bis **Fig. 3** und **Fig. 6A** durch einen Prozessor der ophthalmologischen Einheit **150** durchgeführt, der in einer physischen Speichereinheit der ophthalmologischen Einheit **150** gespeicherte Programmanweisungen ausführt. Durch Ausführen verschiedener Programmanweisungen wird Bedienen der verschiedenen Komponenten der ophthalmologischen Einheit **150** ermöglicht.

[0082] Vor dem Durchführen des Verfahrens **600** wird eine Öffnung **180** der ophthalmologischen Einheit **150** in Kontakt mit dem Benutzer **110**, d.h. einem Patienten, gebracht, sodass die Öffnung zumindest das(die) Auge (n) und/oder die Augenhöhle(n) des Patienten vollständig oder im Wesentlichen abdeckt. Durch diesen Prozess wird die natürliche Reaktion des Patienten auf Dunkelheit ausgelöst, wodurch die Pupillen des Patienten beginnen, sich auf natürliche Weise zu erweitern. Eine vollständige natürliche Erweiterung tritt normalerweise innerhalb weniger Minuten ein, was wesentlich schneller als bei chemisch ausgelöster Pupillenerweiterung ist.

[0083] Das Verfahren **600** kann manuell (z.B. durch Drücken einer Taste) oder automatisch (durch Detektieren von Dunkelheit an der Öffnung **180** oder durch eine andere Sensortechnologie, die detektiert, dass der Patient in Kontakt mit der Öffnung **180** kommt) gestartet werden. Zum Beispiel kann der Bildsensor **162** die innerhalb der ophthalmologischen Einheit **150** reflektierte Lichtmenge überwachen. Die ophthalmologische Einheit **150**

kann das Verfahren **600** starten, wenn die durch den Bildsensor **162** erfassten Beleuchtungsbedingungen mit einem Startkriterium übereinstimmen.

[0084] Zu einem Zeitpunkt nach dem Start veranlasst der Prozessor der ophthalmologischen Einheit **150** die Stromquelle, die Infrarot-Lichtquelle mit Strom zu versorgen (gemäß einer Ausführungsform handelt es sich hierbei um eine Komponente einer einzelnen Lichtquelleneinheit oder eine separate Lichtquelle) der Lichtquelle **152**. Sobald die Infrarot-Lichtquelle mit Strom versorgt wird, emittiert diese (Schritt **604**) eine Zeit lang Infrarotlicht in die Richtung der Öffnung **180** (um auf die Augen des Patienten zu treffen) (gemäß einer Ausführungsform dauert dies 30 Sekunden). Die während dieses Zeitraums emittierten Infrarot-Lichtstrahlen treffen auf das Auge des Patienten und beleuchten das Auge und den Augenhintergrund (mit Infrarotlicht). Dann werden die Infrarot-Lichtstrahlen wieder in die ophthalmologische Einheit **150** reflektiert.

[0085] Der Bildsensor **162** empfängt das reflektierte Infrarotlicht (Schritt **608**). Gemäß einer Ausführungsform werden die reflektierten Infrarot-Lichtstrahlen zur Verbesserung der Bildqualität durch den Spiegel **160** kollimiert, bevor sie durch den Bildsensor **162** empfangen werden. Der Bildsensor **162** speichert das reflektierte Infrarotlicht als Bildfolge und/oder als Videosequenz.

```
import numpy as np
import cv2
vid='filepath/filename.avi'
MAX_GRAY=50; # detection sensitivity, smaller=more sensitive
square=30; # 1/3 size of side of square startY=120; step=16;
frameCount=0; # frame counter
clip = lambda x, l, u: l if x < l else u if x > u else x # clip routine clip(var,min,max)
def matchFilter(im):
    hitCount=0
    for y in range(startY,yRez-3*square,step):
        for x in range(0,xRez-3*square,step):
            x0=x; x1=x0+square; x2=x1+square; x3=x2+square;
            y0=y; y1=y0+square; y2=y1+square; y3=y2+square;
            a=0; b=0;
            a=np.sum(im[y0:y1,x0:x3])# top bar; a+=np.sum(im[y2:y3,x0:x3]) # bottom bar;
            a+=np.sum(im[y1:y2,x0:x1])# left square; a+=np.sum(im[y1:y2,x2:x3])# right square;
            b=np.sum(im[y1:y2,x1:x2])# inner square
            r=128+(a-8*b)/(square*square)
            if r>200:
                result[y,x]=255
                hitCount+=1
            else:
                result[y,x]=0
    return(hitCount)
cap = cv2.VideoCapture(vid)
START=0; STOP=1000;
frameCount=0;
cap.set(cv2.CAP_PROP_POS_FRAMES, START)
result=np.zeros((yRez,xRez))
```

```
while(cap.isOpened()):
    ret, frame = cap.read()
    if not ret:
        break
    gray = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
    hitCount=matchFilter(gray)
    print frameCount,hitCount
    frameCount+=1 # frame counter
cap.release()
```

[0086] Der Bildsensor **162** misst (Schritt **616**) die Pupillenerweiterung in dem Auge durch Analysieren des erkannten Bildes des Auges. Zum Messen der Pupillenerweiterung gehören Messen des Pupillendurchmessers in dem Auge zu einem beliebigen vorgegebenen Zeitpunkt; und Messen des Pupillendurchmessers zu einem anderen Zeitpunkt. Die beiden gemessenen Pupillendurchmesser werden miteinander verglichen. Wenn der Pupillendurchmesser der ersten Messung kleiner als der Pupillendurchmesser der zweiten Messung ist, hat sich die Pupille erweitert. Wenn der Pupillendurchmesser der zweiten Messung kleiner als der Pupillendurchmesser der ersten Messung ist, hat sich die Pupille verengt.

[0087] Der Prozessor der ophthalmologischen Einheit **150** stellt fest (Schritt **620**), dass sich die Pupille (wenn überhaupt) um einen ersten Betrag stärker als ein vorgegebener Erweiterungsmesswert erweitert hat oder gleich geblieben ist. Dies kann durch wiederholtes Beleuchten des Auges des Patienten für eine bestimmte Zeitdauer (z.B. 30 Sekunden) erfolgen, indem der Prozessor den Ausgabewert des Bildsensors **162** überwacht, um das Ausmaß der Pupillenerweiterung zu ermitteln. Während des Überwachens prüft der Prozessor, ob die Pupillenerweiterung einen gewünschten Wert erreicht hat (z.B. vollständige Erweiterung oder ein anderes Ausmaß der Erweiterung).

[0088] Bei der vorgegebenen Erweiterungsmessung kann es sich um einen Absolutwert oder einen Relativwert handeln, wobei für den jeweiligen Patienten ein möglichst geeigneter Wert gewählt wird. Zum Beispiel kann sich die Größe einer vollständig erweiterten Pupille von einem Patienten (oder einer Patientengruppe) zum anderen unterscheiden. Dasselbe trifft auf Pupillen von Menschen im Vergleich mit Tieren zu. Deshalb dürfte ein einziger Universalwert für vollständige Pupillenerweiterung nicht unbedingt ideal sein. Um einem Benutzer die Gelegenheit zu geben, einen vorgegebenen Erweiterungsmesswert zu definieren, kann die ophthalmologische Einheit **150** das Auge ständig beleuchten, bis bei dem betreffenden Patienten ein gewünschter Wert der Pupillenerweiterung detektiert wird.

[0089] Die Lichtquelle **152** kann durch ihre Lichtquelle für sichtbares Licht während eines Zeitraums zum Emittieren von sichtbarem Licht nacheinander mindestens zwei sichtbare Lichtstrahlen emittieren, indem die Lichtquelle für sichtbares Licht durch die Stromquelle angeregt wird. Die mindestens zwei sichtbaren Lichtstrahlen enthalten einen ersten sichtbaren Lichtstrahl mit einer ersten Energie und einen zweiten sichtbaren Lichtstrahl mit einer zweiten Energie, die größer als die erste Energie ist. Zum Beispiel kann zuerst eine rote LED eingeschaltet werden, da rotes Licht eine relativ große Wellenlänge, eine relativ niedrige Frequenz und eine relativ geringe Photonenenergie hat. Die eine oder die mehreren zusätzlichen LEDs mit einer anderen Farbe, beispielsweise orange, gelb, grün usw., werden in einer absteigenden Reihenfolge der Wellenlänge und einer ansteigenden Reihenfolge der Frequenz und der Photonenenergie der Reihe nach eingeschaltet.

[0090] Der beschriebene Prozess zum Emittieren von sichtbarem Licht (Schritt **624**) nutzt den Pupillenreflex, wobei sich die Pupille als Reaktion auf sichtbare Lichtstrahlung verengt. Sichtbare Lichtstrahlen fallen auf das Zielauge und lösen einen Pupillenverengungsreflex aus.

[0091] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ist der Zeitraum zum Emittieren von sichtbarem Licht (Schritt **624**) länger als null und kürzer als oder gleich 200 Millisekunden.

[0092] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung wird jeder der mindestens zwei sichtbaren Lichtstrahlen während eines gleichen Anteils des Zeitraums zum Emittieren von sichtbarem Licht emittiert (Schritt **624**).

[0093] Fig. 6B ist ein Ablaufplan zusätzlicher Schritte des Verfahrens 600 (Fig. 6A) zum Anwenden einer ophthalmologischen Einheit gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

[0094] Bezug nehmend auf die Fig. 1 bis Fig. 3 und Fig. 6A und Fig. 6B, detektiert (Schritt 628) nunmehr der Bildsensor 162 eine Reaktionszeit der Pupillenverengung in dem Auge als Reaktion auf das Emittieren der mindestens zwei sichtbaren Lichtstrahlen. Detektieren der Reaktionszeit der Pupillenverengung kann durch Aufnehmen von Abbildern (oder Videosequenzen) des Auges (Reflexionen der sichtbaren Lichtstrahlung) durch den Bildsensor 162 und Analysieren der Bilder erfolgen, um Größenänderungen der Pupille zu detektieren. Gemäß einer Ausführungsform kann das Detektieren unter Verwendung des in der obigen Tabelle 1: Illustrative Programming Code for Processing Image/Video Data Captured by Image Sensor 162, bereitgestellten Algorithmus erfolgen.

[0095] Auf der Grundlage des Detektierens (Schritt 628) erzeugt der Prozessor einen Deltabericht, der Daten enthält, die einen Unterschied zwischen der gemessenen Reaktionszeit der Pupillenverengung und einer erwarteten Reaktionszeit der Pupillenverengung anzeigen. Bei der erwarteten Reaktionszeit der Pupillenverengung kann es sich um einen vorgegebenen Wert handeln. Bei dem vorgegebenen Wert kann es sich zum Beispiel um eine statistisch gemessene Reaktionszeit in einer Bevölkerungsstichprobe gesunder Patienten handeln. Der Deltabericht kann zum Beispiel die erwartete Reaktionszeit der Pupillenverengung, die gemessene Reaktionszeit der Pupillenverengung und ein Maß der Abweichung zwischen beiden aufzeigen. Ein größerer Unterschied als normal kann besonders hervorgehoben werden, um eine mögliche Erkrankung anzuzeigen.

[0096] Die E/A-Einheit der ophthalmologischen Einheit 150 kann den Deltabericht ausgeben (636). Zum Ausgeben kann ein beliebiges bekanntes Ausgabeverfahren (darunter visuell und akustisch) und insbesondere Anzeigen des Deltaberichts auf einem Bildschirm und Übermitteln des Deltaberichts auf eine Einheit (beispielsweise ein Mobiltelefon oder einen Cloud-Dienst) verwendet werden.

[0097] Fig. 6C ist ein Ablaufplan weiterer Schritte des Verfahrens 600 (Fig. 6A und Fig. 6B) zum Anwenden einer ophthalmologischen Einheit gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

[0098] Bezug nehmend auf die Fig. 1 bis Fig. 3, Fig. 6A, Fig. 6B und Fig. 6C gemäß einer Ausführungsform der Erfindung emittiert nunmehr (640) die Infrarot-Lichtquelle einen Infrarot-Lichtstrahl (gemäß einer Ausführungsform kann es sich hierbei um mindestens zwei Infrarot-Lichtstrahlen mit jeweils unterschiedlicher Energie handeln).

[0099] Der Bildsensor 162 empfängt (644) eine Reflexion jedes der mindestens zwei Infrarot-Lichtstrahlen, und die E/A-Einheit gibt eine oder mehrere Abbilder der empfangenen Reflexion jedes der mindestens zwei Infrarot-Lichtstrahlen aus (648).

[0100] Bei allgemeiner Bezugnahme auf die Fig. 6A, Fig. 6B und Fig. 6C sollte es dem Fachmann klar sein, dass die ophthalmologische Einheit 150 (Fig. 1) bei Ausführen der beschriebenen Schritte durch Ausführen entsprechender Programmanweisungen in der Lage ist, bei einer Einkammeranordnung Innenaufnahmen des Augenhintergrundes unter Verwendung von Infrarotlicht und Bilder des Pupillenreflexes unter Verwendung von sichtbarem Licht (ermittelt durch einen Unterschied zwischen einer erwarteten Reaktion der Pupillenverengung und einer gemessenen Reaktion der Pupillenverengung) zu gewinnen. Die ophthalmologische Einheit 150 kann diese Schritte in ein und demselben Zeitraum, in überlappenden Zeiträumen oder in unterschiedlichen Zeiträumen ausführen. Diese Vielseitigkeit gibt es beim Stand der Technik nicht.

[0101] Fig. 7A ist ein Ablaufplan eines Verfahrens 700 zum Verwenden einer ophthalmologischen Einheit gemäß einer Ausführungsform der Erfindung. Das Verfahren kann zum Beispiel durch die in den Fig. 4 bis Fig. 5 gezeigte ophthalmologische Einheit 150 durch Ausführen von Programmanweisungen des Verfahrens durch den Prozessor der Steuereinheit der ophthalmologischen Einheit 150 durchgeführt werden. Das Verfahren 700 kann zum Bedienen einer Zweikammeranordnung der ophthalmologischen Einheit 150 (siehe die Fig. 1, Fig. 4 und Fig. 5) durchgeführt werden. Zwar sind die Schritte des Verfahrens 700 in einer bestimmten Reihenfolge aufgeführt, jedoch können diese in einer anderen Reihenfolge ausgeführt werden, die für den jeweils gewünschten Fall geeignet ist. Deshalb ist die angegebene Reihenfolge nicht als Einschränkung des Schutzzumfangs der Erfindung auf die angegebene Reihenfolge zu verstehen.

[0102] Unter Bezugnahme auf die Fig. 1, Fig. 4 bis Fig. 5 und Fig. 7A gemäß einer Ausführungsform der Erfindung kann das Verfahren 700 nunmehr durch einen Prozessor der ophthalmologischen Einheit 150 durchgeführt werden, der in einer physischen Speichereinheit der ophthalmologischen Einheit 150 gespeicherte Pro-

grammanweisungen ausführt. Durch Ausführen verschiedener Programmanweisungen können die verschiedenen Komponenten der ophthalmologischen Einheit **150** entweder in der ersten Kammer oder in der zweiten Kammer oder in beiden Kammern betätigt werden. Jede Kammer kann in derselben Weise wie die andere Kammer oder in einer anderen Weise gesteuert werden.

[0103] Vor dem Durchführen des Verfahrens **700** wird die Öffnung **180** der ophthalmologischen Einheit **150** derart in Kontakt mit dem Benutzer **110**, d.h. einem Patienten, gebracht, dass die Öffnung das(die) Augen(n) und/oder die Augenhöhle(n) des Patienten abdeckt. Durch diesen Prozess wird die natürliche Reaktion des Patienten auf Dunkelheit ausgelöst, sodass die Pupillen des Patienten beginnen, sich auf natürliche Weise zu erweitern. Eine vollständige natürliche Erweiterung tritt normalerweise innerhalb weniger Minuten ein, was wesentlich schneller erfolgt als bei der chemisch ausgelösten Pupillenerweiterung.

[0104] Entsprechende Infrarot-Lichtquellen (der Lichtquellen **152**) der ersten Kammer und der zweiten Kammer emittieren (Schritt **704**) eine Zeit lang Infrarotlicht in der Richtung der Öffnung durch Versorgen der Infrarot-Lichtquelle mit Strom aus der Stromquelle. Alternativ wird die Infrarot-Lichtquelle lediglich einer Kammer mit Strom versorgt.

[0105] Entsprechende Bildsensoren **162** der ersten Kammer und der zweiten Kammer empfangen (Schritt **708**) eine Reflexion des Infrarotlichts. Wenn alternativ nur die Infrarot-Lichtquelle einer Kammer mit Strom versorgt wird, empfängt nur der entsprechende Bildsensor **162** die Reflexion.

[0106] Entsprechende Bildsensoren **162** der ersten Kammer und der zweiten Kammer erkennen (Schritt **712**) ein Abbild eines Auges (d.h., des betreffenden in jeder Kammer anvisierten Auges) durch Analysieren der empfangenen Reflexion des Infrarotlichts.

[0107] Entsprechende Bildsensoren **162** der ersten Kammer und der zweiten Kammer messen (Schritt **716**) die Pupillenerweiterung in dem Auge (d.h., des betreffenden in jeder Kammer anvisierten Auges) durch Analysieren des erkannten Bildes des Auges.

[0108] Der Prozessor (oder mehrere Prozessoren) ermitteln (Schritt **720**) sowohl für die erste Kammer als auch die zweite Kammer (vorausgesetzt, beide Kammern werden genutzt), dass die Pupille (des jeweils anvisierten Auges) um einen ersten Betrag stärker erweitert ist, der größer als oder gleich einem vorgegebenen Erweiterungsmesswert ist.

[0109] Eine oder beide sichtbaren Lichtquellen jeweils der ersten Kammer und der zweiten Kammer emittieren (Schritt **724**) während eines Zeitraums zum Emittieren von sichtbarem Licht nacheinander zwei sichtbare Lichtstrahlen in einer Kammer, wenn die Lichtquelle für sichtbares Licht mit Strom versorgt wird. Die mindestens zwei Lichtstrahlen umfassen einen ersten sichtbaren Lichtstrahl mit einer ersten Energie und einen zweiten sichtbaren Lichtstrahl mit einer zweiten Energie, die größer als die erste Energie ist. Selektives Emittieren von Licht in nur einer Kammer kann zum Testen des Pupillenreflexes verwendet werden, indem ermittelt wird, ob sich das nichtbelichtete Auge in derselben Weise und in demselben Maße wie das belichtete Auge verengt, wie das bei einem gesunden Patienten zu erwarten wäre. Wenn beide Augen gleichzeitig und in derselben Weise belichtet würden, wäre es nicht möglich zu detektieren, ob der Pupillenreflex des Patienten asynchron ist.

[0110] Gemäß einer Ausführungsform ist der Zeitraum zum Emittieren von sichtbarem Licht (Schritt **724**) länger als null und kürzer als oder gleich 200 Millisekunden. Gemäß einer Ausführungsform wird jeder der beiden sichtbaren Lichtstrahlen während eines gleichen Anteils des Zeitraums zum Emittieren von sichtbarem Licht emittiert (Schritt **724**).

[0111] **Fig. 7B** ist ein Ablaufplan weiterer Schritte des Verfahrens **700** (**Fig. 7A**) zum Anwenden einer ophthalmologischen Einheit gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

[0112] Unter Bezugnahme auf die **Fig. 1**, **Fig. 4** bis **Fig. 5** und **Fig. 7A** und **Fig. 7B** gemäß einer Ausführungsform der Erfindung detektiert (**728**) nunmehr der Bildsensor **162** (der ersten Kammer, der zweiten Kammer oder beider Kammern) eine Reaktionszeit der Pupillenverengung in dem Auge als Reaktion auf das Emittieren der mindestens zwei sichtbaren Lichtstrahlen in der ersten Kammer, der zweiten Kammer oder beiden Kammern.

[0113] Der Prozessor erzeugt (Schritt **732**) einen Deltabericht, der Daten enthält, die einen Unterschied zwischen der gemessenen Reaktionszeit der Pupillenverengung und einer erwarteten Reaktionszeit der Pupillenverengung anzeigen.

[0114] Der Deltabericht wird durch die E/A-Einheit ausgegeben (Schritt 736).

[0115] Fig. 7C ist ein Ablaufplan weiterer Schritte des Verfahrens 700 (Fig. 7A) zum Anwenden einer ophthalmologischen Einheit gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

[0116] Unter Bezugnahme auf die Fig. 1, Fig. 4 bis Fig. 5 und Fig. 7A, Fig. 7B und Fig. 7C gemäß einer Ausführungsform der Erfindung detektiert (Schritt 740) nunmehr der Bildsensor 162 der ersten Kammer eine Reaktionszeit der Pupillenverengung in dem an der Öffnung der ersten Kammer positionierten Auge als Reaktion auf das Emittieren der mindestens zwei sichtbaren Lichtstrahlen in der ersten Kammer. Das Emittieren (in Schritt 740) der mindestens zwei sichtbaren Lichtstrahlen nacheinander erfolgt während des Zeitraums zum Emittieren von sichtbarem Licht ausschließlich in der ersten Kammer (oder ausschließlich in der zweiten Kammer).

[0117] Der Prozessor erzeugt (Schritt 744) einen Deltabericht, der Daten enthält, die einen Unterschied zwischen der gemessenen Reaktionszeit der Pupillenverengung des Auges in der ersten Kammer und der gemessenen Reaktionszeit der Pupillenverengung des Auges in der zweiten Kammer anzeigen.

[0118] Der Deltabericht wird durch die E/A-Einheit ausgegeben (Schritt 748).

[0119] Fig. 7D ist ein Ablaufplan weiterer Schritte des Verfahrens 700 (Fig. 7A) zum Anwenden einer ophthalmologischen Einheit gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

[0120] Unter Bezugnahme auf die Fig. 1, Fig. 4 bis Fig. 5 und Fig. 7A, Fig. 7B, Fig. 7C und Fig. 7D gemäß einer Ausführungsform der Erfindung emittieren (Schritt 752) nunmehr entsprechende Infrarot-Lichtquellen 152 der ersten Kammer und der zweiten Kammer einen Infrarot-Lichtstrahl (gemäß einer Ausführungsform kann es sich hierbei um mindestens zwei Infrarot-Lichtstrahlen mit jeweils unterschiedlicher Frequenz handeln). Alternativ emittiert die Infrarot-Lichtquelle 152 nur einer Kammer mindestens zwei Infrarot-Lichtstrahlen. Alternativ wird unabhängig davon, ob eine oder zwei Kammern verwendet werden, nur ein Infrarot-Lichtstrahl emittiert.

[0121] Entsprechende Bildsensoren 162 der ersten Kammer und der zweiten Kammer empfangen (Schritt 756) eine Reflexion jedes der mindestens zwei Infrarot-Lichtstrahlen.

[0122] Eine oder mehrere Abbilder der empfangenen Reflexion jedes der mindestens zwei Infrarot-Lichtstrahlen in der ersten Kammer und der zweiten Kammer werden durch die E/A-Einheit ausgegeben (Schritt 760).

[0123] Bei allgemeiner Bezugnahme auf die Fig. 7A, Fig. 7B, Fig. 7C und Fig. 7D sollte dem Fachmann klar sein, dass die ophthalmologische Einheit 150 (Fig. 1) durch Ausführen entsprechender Programmanweisungen in der Lage ist, in einer Doppelkammeranordnung Innenansichten des Augenhintergrundes unter Verwendung von Infrarotlicht und Abbilder des Pupillenreflexes unter Verwendung von sichtbarem Licht aufzunehmen (der durch einen Unterschied zwischen einer erwarteten Reaktion der Pupillenverengung und einer gemessenen Reaktion der Pupillenverengung ermittelt wird). Die ophthalmologische Einheit 150 kann diese Schritte in ein und demselben Zeitraum, in überlappenden Zeiträumen oder in unterschiedlichen Zeiträumen ausführen. Diese Vielseitigkeit gibt es beim Stand der Technik nicht.

[0124] Unter Bezugnahme auf die Fig. 1 bis Fig. 5 kann gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ein Verfahren durch einen Prozessor der ophthalmologischen Einheit 150 durchgeführt werden, der in einer physischen Speichereinheit der ophthalmologischen Einheit 150 gespeicherte Programmanweisungen ausführt. Durch Ausführen verschiedener Programmanweisungen können die verschiedenen Komponenten der ophthalmologischen Einheit 150 entweder in der ersten Kammer, der zweiten Kammer oder beiden Kammern betätigt werden. Jede Kammer kann in derselben oder in einer anderen Weise als die andere Kammer gesteuert werden.

[0125] Das Paar Zielaugen wird mit einem oder einem Paar Okulare der ophthalmologischen Einheit 150 zum Schutz vor Fremdlicht abgedeckt. Zu dem Abdecken gehört Positionieren des Paares Okulare zum Schutz vor Fremdlicht in Kontakt mit dem Gesicht des Patienten.

[0126] Die ophthalmologische Einheit 150 überwacht die Pupillenerweiterung des Paares Zielaugen während eines Zeitraums, während das Paar Okulare zum Schutz vor Fremdlicht in Kontakt mit dem Gesicht des Patienten steht. Gemäß einer Ausführungsform gehört zum Überwachen ein Detektieren, ob die größtmögliche Erweiterung der Pupillen des Paares Zielaugen erreicht ist. Das Ausführen weiterer Schritte des Verfahrens

kann gemäß einigen Ausführungsformen davon abhängen, ob die größtmögliche Erweiterung der Pupille detektiert worden ist

[0127] Ein Paar Lichtquellen **152** der ophthalmologischen Einheit **150** emittiert auf der Grundlage der Überwachung Infrarotlicht auf das Paar Zielaugen.

[0128] Ein Paar Bildsensoren **162** der ophthalmologischen Einheit **150** detektiert Infrarotlicht, das als Reaktion auf das Emittieren von Infrarotlicht durch das Paar Lichtquellen **152** von dem Paar Zielaugen reflektiert wurde.

[0129] Gemäß einer Ausführungsform emittiert eine der Lichtquellen **152** während eines Zeitraums zum Emittieren von sichtbarem Licht nacheinander mindestens zwei sichtbare Lichtstrahlen selektiv auf ein erstes Auge des Paares Zielaugen durch Versorgen der Lichtquelle mit Strom aus einer Stromquelle. Die mindestens zwei Lichtstrahlen umfassen einen ersten sichtbaren Lichtstrahl mit einer ersten Energie und einen zweiten sichtbaren Lichtstrahl mit einer zweiten Energie, die größer als die erste Energie ist.

[0130] Gemäß einer Ausführungsform umfasst das Verfahren ferner Aufnehmen von Abbildern des ersten Auges und des zweiten Auges und Messen einer Reaktionszeit der Pupillenverengung in dem ersten Auge im Vergleich mit der Pupillenverengung in einem zweiten Auge des Paares Zielaugen auf der Grundlage der aufgenommenen Abbilder. Das Verfahren erzeugt einen Deltabericht, der Daten enthält, die einen Unterschied zwischen den gemessenen Reaktionszeiten der Pupillenverengung in dem ersten Auge und dem zweiten Auge anzeigen. Der Deltabericht wird durch eine E/A-Einheit der Vorrichtung ausgegeben.

[0131] Gemäß einer Ausführungsform ist der Zeitraum zum Emittieren von sichtbarem Licht länger als null und kürzer als oder gleich 200 Millisekunden.

[0132] Gemäß einer Ausführungsform umfasst das Emittieren ferner selektives Emittieren mindestens eines Lichtstrahls für jede einzelne Farbe des sichtbaren Spektrums nacheinander von geringster Energie bis zu höchster Energie.

[0133] Gemäß einer Ausführungsform ist die Pupillenerweiterung zumindest während eines Teils des Zeitraums zum Emittieren von sichtbarem Licht geringer als 100%.

[0134] Unter allgemeiner Bezugnahme auf Ausführungsformen der Erfindung können Aspekte der Erfindung Prozesse umfassen, die teilweise in einem Cloud-Computing-Netzwerk ausgeführt werden. Zum Beispiel können Aspekte der Erfindung als oder mittels eines Cloud-Computing-Dienstes bereitgestellt werden.

[0135] Es sei von vornherein klargestellt, dass diese Offenbarung zwar eine ausführliche Beschreibung von Cloud-Computing enthält, ein Umsetzen der hierin angeführten Lehren jedoch nicht auf eine Cloud-Computing-Umgebung beschränkt ist. Stattdessen können Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung gemeinsam mit jeder beliebigen Art von jetzt bekannter oder später erfundener Datenverarbeitungsumgebung umgesetzt werden.

[0136] Cloud-Computing ist ein Servicebereitstellungsmodell zum Ermöglichen eines problemlosen bedarfsgesteuerten Netzwerkzugriffs auf einen gemeinsam genutzten Pool von konfigurierbaren Datenverarbeitungsressourcen (z.B. Netzwerke, Netzwerkbandbreite, Server, Verarbeitung, Hauptspeicher, Speicher, Anwendungen, virtuelle Maschinen und Dienste), die mit minimalem Verwaltungsaufwand bzw. minimaler Interaktion mit einem Anbieter des Service schnell bereitgestellt und freigegeben werden können. Dieses Cloud-Modell kann mindestens fünf Eigenschaften enthalten, mindestens drei Dienstmodelle und mindestens vier Implementierungsmodelle.

[0137] Bei den Eigenschaften handelt es sich um die Folgenden:

On-Demand Self-Service: Ein Cloud-Nutzer kann einseitig automatisch nach Bedarf für Datenverarbeitungsfunktionen wie Serverzeit und Netzwerkspeicher sorgen, ohne dass eine menschliche Interaktion mit dem Anbieter der Dienste erforderlich ist.

[0138] Broad Network Access: Es sind Funktionen über ein Netzwerk verfügbar, auf die durch Standardmechanismen zugegriffen wird, welche die Verwendung durch heterogene Thin- oder Thick-Client-Plattformen (z.B. Mobiltelefone, Laptops und PDAs) unterstützen.

[0139] Resource-Pooling: Die Datenverarbeitungsressourcen des Anbieters werden zusammengeschlossen, um mehreren Nutzern unter Verwendung eines Multi-Tenant-Modells zu dienen, wobei verschiedene physische und virtuelle Ressourcen dynamisch nach Bedarf zugewiesen und neu zugewiesen werden. Es gibt eine gefühlte Standortunabhängigkeit, da der Nutzer allgemein keine Kontrolle bzw. Kenntnis über den genauen Standort der bereitgestellten Ressourcen hat, aber in der Lage sein kann, einen Standort auf einer höheren Abstraktionsebene festzulegen (z.B. Land, Staat oder Rechenzentrum).

[0140] Rapid Elasticity: Funktionen können für eine schnelle horizontale Skalierung (scale out) schnell und elastisch bereitgestellt werden, in einigen Fällen auch automatisch, und für ein schnelles Scale-in schnell freigegeben werden. Für den Nutzer erscheinen die zum Bereitstellen verfügbaren Funktionen häufig unbegrenzt und sie können jederzeit in jeder beliebigen Menge gekauft werden.

[0141] Measured Service: Cloud-Systeme steuern und optimieren die Verwendung von Ressourcen automatisch, indem sie eine Messfunktion auf einer gewissen Abstraktionsebene nutzen, die für die Art von Dienst geeignet ist (z.B. Speicher, Verarbeitung, Bandbreite sowie aktive Benutzerkonten). Der Ressourcen-Verbrauch kann überwacht, gesteuert und gemeldet werden, wodurch sowohl für den Anbieter als auch für den Nutzer des verwendeten Dienstes Transparenz geschaffen wird.

[0142] Bei den Dienstmodellen handelt es sich um die Folgenden:

Software as a Service (SaaS): Die dem Nutzer bereitgestellte Funktion besteht darin, die in einer Cloud-Infrastruktur laufenden Anwendungen des Anbieters zu verwenden. Die Anwendungen sind über eine Thin-Client-Schnittstelle wie einen Web-Browser (z.B. auf dem Web beruhende eMail) von verschiedenen Client-Einheiten her zugänglich. Der Nutzer verwaltet bzw. steuert die zugrunde liegende Cloud-Infrastruktur nicht, zu der das Netzwerk, Server, Betriebssysteme, Speicher bzw. sogar einzelne Anwendungsfunktionen gehören, mit der möglichen Ausnahme von eingeschränkten benutzerspezifischen Anwendungskonfigurationseinstellungen.

[0143] Platform as a Service (PaaS): Die dem Nutzer bereitgestellte Funktion besteht darin, durch einen Nutzer erstellte bzw. erhaltene Anwendungen, die unter Verwendung von durch den Anbieter unterstützten Programmiersprachen und Tools erstellt wurden, in der Cloud-Infrastruktur einzusetzen. Der Nutzer verwaltet bzw. steuert die zugrunde liegende Cloud-Infrastruktur nicht, zu der Netzwerke, Server, Betriebssysteme bzw. Speicher gehören, hat aber die Kontrolle über die eingesetzten Anwendungen und möglicherweise über Konfigurationen des Application Hosting Environment.

[0144] Infrastructure as a Service (IaaS): Die dem Nutzer bereitgestellte Funktion besteht darin, das Verarbeiten, Speicher, Netzwerke und andere grundlegende Datenverarbeitungsressourcen bereitzustellen, wobei der Nutzer in der Lage ist, beliebige Software einzusetzen und auszuführen, zu der Betriebssysteme und Anwendungen gehören können. Der Nutzer verwaltet bzw. steuert die zugrunde liegende Cloud-Infrastruktur nicht, hat aber die Kontrolle über Betriebssysteme, Speicher, eingesetzte Anwendungen und möglicherweise eine eingeschränkte Kontrolle über ausgewählte Netzwerkkomponenten (z.B. Host-Firewalls).

[0145] Bei den Einsatzmodellen handelt es sich um die Folgenden:

Private Cloud: Die Cloud-Infrastruktur wird einzig und allein für eine Organisation betrieben. Sie kann durch die Organisation oder einen Dritten verwaltet werden und kann sich in den eigenen Räumen oder in fremden Räumen befinden.

[0146] Community Cloud: Die Cloud-Infrastruktur wird von mehreren Organisationen gemeinsam genutzt und unterstützt eine spezielle Benutzergemeinschaft, die gemeinsame Angelegenheiten hat (z.B. Mission, Sicherheitsanforderungen, Richtlinien sowie Überlegungen bezüglich der Einhaltung von Vorschriften). Sie kann durch die Organisationen oder einen Dritten verwaltet werden und kann in den eigenen Räumen oder fremden Räumen stehen.

[0147] Public Cloud: Die Cloud-Infrastruktur wird der allgemeinen Öffentlichkeit oder einer großen Industrie-gruppe zur Verfügung gestellt und sie gehört einer Cloud-Dienste verkaufenden Organisation.

[0148] Hybrid Cloud: Die Cloud-Infrastruktur ist eine Zusammensetzung aus zwei oder mehreren Clouds (privat, Benutzergemeinschaft oder öffentlich), die zwar einzelne Einheiten bleiben, aber durch eine standardisierte oder proprietäre Technologie miteinander verbunden sind, die Daten- und Anwendungsportierbarkeit ermöglicht (z.B. Cloud-Zielgruppenverteilung für den Lastenausgleich zwischen Clouds).

[0149] Eine Cloud-Computing-Umgebung ist dienstorientiert mit Fokus auf Statusunabhängigkeit, geringer Kopplung, Modularität und semantischer Interoperabilität. Im Herzen von Cloud-Computing liegt eine Infrastruktur, die ein Netzwerk aus zusammengeschalteten Knoten aufweist.

[0150] Unter Bezugnahme auf **Fig. 9** ist die veranschaulichende Cloud-Computing-Umgebung **50** abgebildet. Wie gezeigt ist, weist die Cloud-Computing-Umgebung **50** einen oder mehrere Cloud-Computing-Knoten **10** (von denen jeder wie in Verbindung mit **Fig. 8** beschrieben sein kann) auf, mit denen von Cloud-Nutzern verwendete lokale Datenverarbeitungseinheiten wie der elektronische Assistent (PDA, personal digital assistant) oder das Mobiltelefon **54A**, der Desktop-Computer **54B**, der Laptop-Computer **54C** und/oder das Automobil-Computer-System **54N** Daten austauschen können. Die Knoten **10** können miteinander Daten austauschen. Sie können physisch oder virtuell in ein oder mehrere Netzwerke wie private, Benutzergemeinschafts-, öffentliche oder hybride Clouds gruppiert werden (nicht gezeigt), wie vorstehend beschrieben wurde, oder in eine Kombination daraus. Dies ermöglicht es der Cloud-Computing-Umgebung **50**, Infrastruktur, Plattformen und/oder Software als Dienst anzubieten, für die ein Cloud-Nutzer keine Ressourcen auf einer lokalen Datenverarbeitungseinheit vorhalten muss. Es sei darauf hingewiesen, dass die Arten von in **Fig. 1** gezeigten Datenverarbeitungseinheiten **54A** bis **N** lediglich veranschaulichend sein sollen und dass die Datenverarbeitungsknoten **10** und die Cloud-Computing-Umgebung **50** über eine beliebige Art Netzwerk und/oder über eine beliebige Art von über ein Netzwerk aufrufbarer Verbindung (z.B. unter Verwendung eines Web-Browsers) mit einer beliebigen Art von computergestützter Einheit Daten austauschen können.

[0151] Unter Bezugnahme auf **Fig. 10** wird ein Satz von funktionalen Abstraktionsschichten gezeigt, die durch die Cloud-Computing-Umgebung **50** (**Fig. 9**) bereitgestellt werden. Es sollte von vornherein klar sein, dass die in **Fig. 10** gezeigten Komponenten, Schichten und Funktionen lediglich veranschaulichend sein sollen und Ausführungsformen der Erfindung nicht darauf beschränkt sind. Wie abgebildet ist, werden die folgenden Schichten und entsprechenden Funktionen bereitgestellt:

Eine Hardware- und Software-Schicht **60** enthält Hardware- und Software-Komponenten. Zu Beispielen für Hardware-Komponenten gehören: Mainframe-Computer **61**; auf der RISC-(Reduced Instruction Set Computer) Architektur beruhende Server **62**; Server **63**; Blade-Server **64**; Speichereinheiten **65**; und Netzwerke sowie Netzwerkkomponenten **66**. In einigen Ausführungsformen beinhalten Software-Komponenten eine Netzwerk-Anwendungssoftware **67** und eine Datenbank-Software **68**.

[0152] Die Virtualisierungsschicht **70** stellt eine Abstraktionsschicht bereit, aus der die folgenden Beispiele für virtuelle Einheiten bereitgestellt werden können: virtuelle Server **71**, virtueller Speicher **72**, virtuelle Netzwerke **73**, darunter virtuelle private Netzwerke, virtuelle Anwendungen und Betriebssysteme **74**; und virtuelle Clients **75**.

[0153] In einem Beispiel kann die Verwaltungsschicht **80** die nachfolgend beschriebenen Funktionen bereitstellen. Eine Ressourcen-Bereitstellung **81** stellt die dynamische Beschaffung von Datenverarbeitungsressourcen sowie anderen Ressourcen bereit, die zum Durchführen von Aufgaben innerhalb der Cloud-Computing-Umgebung verwendet werden. Ein Messen und eine Preisfindung **82** stellen die Kostenverfolgung beim Verwenden von Ressourcen innerhalb der Cloud-Computing-Umgebung sowie die Abrechnung oder Rechnungsstellung für den Verbrauch dieser Ressourcen bereit. In einem Beispiel können diese Ressourcen Anwendungs-Software-Lizenzen aufweisen. Die Sicherheit stellt die Identitätsüberprüfung für Cloud-Nutzer und Aufgaben sowie Schutz für Daten und andere Ressourcen bereit. Ein Benutzerportal **83** stellt Nutzern und Systemadministratoren den Zugang zu der Cloud-Computing-Umgebung bereit. Eine Verwaltung des Dienstumfangs **84** stellt die Zuordnung und Verwaltung von Cloud-Computing-Ressourcen bereit, so dass die benötigten Dienstziele erreicht werden. Ein Planen und Erfüllen von Vereinbarungen zum Dienstumfang (SLA, Service Level Agreement) **85** stellt die Anordnung vorab und die Beschaffung von Cloud-Computing-Ressourcen, für die eine zukünftige Anforderung vorausgesehen wird, gemäß einem SLA bereit.

[0154] Eine Arbeitslastschicht **90** stellt Beispiele für die Funktionalität bereit, für welche die Cloud-Computing-Umgebung verwendet werden kann. Zu Beispielen für Arbeitslasten und Funktionen, die von dieser Schicht bereitgestellt werden können, gehören: Abbildung und Navigation **91**; Software-Entwicklung und Lebenszyklusverwaltung **92**; Bereitstellung von Ausbildung in virtuellen Klassenzimmern **93**; Datenanalytikverarbeitung **94**; Transaktionsverarbeitung **95**; und Einsatz- und Verbindungsfunktionalität **96** für den sicheren Einsatz über Einsatzorte hinweg.

[0155] Bei der vorliegenden Erfindung kann es sich um ein System, ein Verfahren und/oder ein Computerprogrammprodukt handeln. Das Computerprogrammprodukt kann (ein) durch einen Computer lesbare(s) Speichermedium (oder -medien) beinhalten, auf dem/denen durch einen Computer lesbare Programmanweisungen

gen gespeichert ist/sind, um einen Prozessor dazu zu veranlassen, Aspekte der vorliegenden Erfindung auszuführen. Bei dem durch einen Computer lesbaren Speichermedium kann es sich um eine physische Einheit handeln, die Anweisungen zur Verwendung durch ein System zum Ausführen von Anweisungen behalten und speichern kann. Bei dem durch einen Computer lesbaren Speichermedium kann es sich zum Beispiel um eine elektronische Speichereinheit, eine magnetische Speichereinheit, eine optische Speichereinheit, eine elektromagnetische Speichereinheit, eine Halbleiterspeichereinheit oder jede geeignete Kombination daraus handeln, ohne auf diese beschränkt zu sein. Zu einer nicht erschöpfenden Liste spezifischerer Beispiele des durch einen Computer lesbaren Speichermediums gehören die Folgenden: eine tragbare Computerdiskette, eine Festplatte, ein Direktzugriffsspeicher (RAM), ein Nur-Lese-Speicher (ROM), ein löschbarer programmierbarer Nur-Lese-Speicher (EPROM bzw. Flash-Speicher), ein statischer Direktzugriffsspeicher (SRAM), ein tragbarer Kompaktspeicherplatte-Nur-Lese-Speicher (CD-ROM), eine DVD (digital versatile disc), ein Speicher-Stick, eine Diskette, eine mechanisch kodierte Einheit wie zum Beispiel Lochkarten oder gehobene Strukturen in einer Rille, auf denen Anweisungen gespeichert sind, und jede geeignete Kombination daraus. Ein durch einen Computer lesbares Speichermedium soll in der Verwendung hierin nicht als flüchtige Signale an sich aufgefasst werden, wie zum Beispiel Funkwellen oder andere sich frei ausbreitende elektromagnetische Wellen, elektromagnetische Wellen, die sich durch einen Wellenleiter oder ein anderes Übertragungsmedium ausbreiten (z.B. ein Lichtwellenleiterkabel durchlaufende Lichtimpulse) oder durch einen Draht übertragene elektrische Signale.

[0156] Hierin beschriebene, durch einen Computer lesbare Programmanweisungen können von einem durch einen Computer lesbaren Speichermedium auf jeweilige Datenverarbeitungs/Verarbeitungs-Einheiten oder über ein Netzwerk wie zum Beispiel das Internet, ein lokales Netzwerk, ein Weitverkehrsnetz und/oder ein drahtloses Netzwerk auf einen externen Computer oder eine externe Speichereinheit heruntergeladen werden. Das Netzwerk kann Kupferübertragungskabel, Lichtwellenübertragungsleiter, drahtlose Übertragung, Leitwegrechner, Firewalls, Vermittlungseinheiten, Gateway-Computer und/oder Edge-Server aufweisen. Eine Netzwerkadapterkarte oder Netzwerkschnittstelle in jeder Datenverarbeitungs/Verarbeitungs-Einheit empfängt durch einen Computer lesbare Programmanweisungen aus dem Netzwerk und leitet die durch einen Computer lesbaren Programmanweisungen zur Speicherung in einem durch einen Computer lesbaren Speichermedium innerhalb der entsprechenden Datenverarbeitungs/Verarbeitungs-Einheit weiter.

[0157] Bei durch einen Computer lesbaren Programmanweisungen zum Ausführen von Arbeitsschritten der vorliegenden Erfindung kann es sich um Assembler-Anweisungen, ISA-Anweisungen (Instruction-Set-Architecture), Maschinenanweisungen, maschinenabhängige Anweisungen, Mikrocoded, Firmware-Anweisungen, zustandssetzende Daten oder entweder Quellcode oder Objektcode handeln, die in einer beliebigen Kombination aus einer oder mehreren Programmiersprachen geschrieben werden, darunter objektorientierte Programmiersprachen wie Smalltalk, C++ o.ä. sowie herkömmliche prozedurale Programmiersprachen wie die Programmiersprache „C“ oder ähnliche Programmiersprachen. Die durch einen Computer lesbaren Programmanweisungen können vollständig auf dem Computer des Benutzers, teilweise auf dem Computer des Benutzers, als eigenständiges Software-Paket, teilweise auf dem Computer des Benutzers und teilweise auf einem fernen Computer oder vollständig auf dem fernen Computer oder Server ausgeführt werden. In letzterem Fall kann der entfernt angeordnete Computer mit dem Computer des Benutzers durch eine beliebige Art Netzwerk verbunden sein, darunter ein lokales Netzwerk (LAN) oder ein Weitverkehrsnetz (WAN), oder die Verbindung kann mit einem externen Computer hergestellt werden (zum Beispiel über das Internet unter Verwendung eines Internet-Diensteanbieters). In einigen Ausführungsformen können elektronische Schaltungen, darunter zum Beispiel programmierbare Logikschaltungen, vor Ort programmierbare Gatter-Anordnungen (FPGA, field programmable gate arrays) oder programmierbare Logikanordnungen (PLA, programmable logic arrays) die durch einen Computer lesbaren Programmanweisungen ausführen, indem sie Zustandsinformationen der durch einen Computer lesbaren Programmanweisungen nutzen, um die elektronischen Schaltungen zu personalisieren, um Aspekte der vorliegenden Erfindung durchzuführen.

[0158] Aspekte der vorliegenden Erfindung sind hierin unter Bezugnahme auf Ablaufpläne und/oder Blockschaltbilder bzw. Schaubilder von Verfahren, Vorrichtungen (Systemen) und Computerprogrammprodukten gemäß Ausführungsformen der Erfindung beschrieben. Es wird darauf hingewiesen, dass jeder Block der Ablaufpläne und/oder der Blockschaltbilder bzw. Schaubilder sowie Kombinationen von Blöcken in den Ablaufplänen und/oder den Blockschaltbildern bzw. Schaubildern mittels durch einen Computer lesbare Programmanweisungen ausgeführt werden können.

[0159] Diese durch einen Computer lesbaren Programmanweisungen können einem Prozessor eines Universalcomputers, eines Spezialcomputers oder einer anderen programmierbaren Datenverarbeitungsvorrichtung bereitgestellt werden, um eine Maschine zu erzeugen, so dass die über den Prozessor des Computers bzw. der anderen programmierbaren Datenverarbeitungsvorrichtung ausgeführten Anweisungen ein Mittel zur Um-

setzung der in dem Block bzw. den Blöcken der Ablaufpläne und/oder der Blockschaltbilder bzw. Schaubilder festgelegten Funktionen/Schritte erzeugen. Diese durch einen Computer lesbaren Programmanweisungen können auch auf einem durch einen Computer lesbaren Speichermedium gespeichert sein, das einen Computer, eine programmierbare Datenverarbeitungsvorrichtung und/oder andere Einheiten so steuern kann, dass sie auf eine bestimmte Art funktionieren, so dass das durch einen Computer lesbare Speichermedium, auf dem Anweisungen gespeichert sind, ein Herstellungsprodukt aufweist, darunter Anweisungen, welche Aspekte der/des in dem Block bzw. den Blöcken des Ablaufplans und/oder der Blockschaltbilder bzw. Schaubilder angegebenen Funktion/Schritts umsetzen.

[0160] Die durch einen Computer lesbaren Programmanweisungen können auch auf einen Computer, eine andere programmierbare Datenverarbeitungsvorrichtung oder eine andere Einheit geladen werden, um das Ausführen einer Reihe von Prozessschritten auf dem Computer bzw. der anderen programmierbaren Vorrichtung oder anderen Einheit zu verursachen, um einen auf einem Computer ausgeführten Prozess zu erzeugen, so dass die auf dem Computer, einer anderen programmierbaren Vorrichtung oder einer anderen Einheit ausgeführten Anweisungen die in dem Block bzw. den Blöcken der Ablaufpläne und/oder der Blockschaltbilder bzw. Schaubilder festgelegten Funktionen/Schritte umsetzen.

[0161] Die Ablaufpläne und die Blockschaltbilder bzw. Schaubilder in den Figuren veranschaulichen die Architektur, die Funktionalität und den Betrieb möglicher Ausführungen von Systemen, Verfahren und Computerprogrammprodukten gemäß verschiedenen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung. In diesem Zusammenhang kann jeder Block in den Ablaufplänen oder Blockschaltbildern bzw. Schaubildern ein Modul, ein Segment oder einen Teil von Anweisungen darstellen, die eine oder mehrere ausführbare Anweisungen zum Ausführen der bestimmten logischen Funktion(en) aufweisen. In einigen alternativen Ausführungen können die in dem Block angegebenen Funktionen in einer anderen Reihenfolge als in den Figuren gezeigt stattfinden. Zwei nacheinander gezeigte Blöcke können zum Beispiel in Wirklichkeit im Wesentlichen gleichzeitig ausgeführt werden, oder die Blöcke können manchmal je nach entsprechender Funktionalität in umgekehrter Reihenfolge ausgeführt werden. Es ist ferner anzumerken, dass jeder Block der Blockschaltbilder bzw. Schaubilder und/oder der Ablaufpläne sowie Kombinationen aus Blöcken in den Blockschaltbildern bzw. Schaubildern und/oder den Ablaufplänen durch spezielle auf Hardware beruhende Systeme umgesetzt werden können, welche die festgelegten Funktionen oder Schritte durchführen, oder Kombinationen aus Spezial-Hardware und Computeranweisungen ausführen.

Patentansprüche

1. Vorrichtung, die aufweist:
 - eine Stromquelle;
 - eine Lichtquelle, die eine Infrarot-Lichtquelle und eine sichtbare Lichtquelle aufweist, wobei die Lichtquelle funktionell mit der Stromquelle verbunden ist;
 - einen Bildsensor, der entlang einer ersten Achse nahe der Lichtquelle positioniert ist, wobei die Lichtquelle entweder in einer Reihe in Bezug auf die Lichtquelle oder koaxial zu dieser angeordnet ist;
 - ein Objektiv, das entlang der ersten Achse in Reihe in Bezug auf den Bildsensor zwischen der Lichtquelle und dem Bildsensor positioniert ist; und
 - eine Gehäuseeinheit, die die Stromquelle, die Lichtquelle, den Bildsensor oder das Objektiv oder eine beliebige Kombination derselben aufweist, und die ferner eine Öffnung mit einem Okular zum Schutz vor Fremdlicht aufweist, wobei die Öffnung entlang der ersten Achse nahe der Lichtquelle gegenüber dem Objektiv und in einer Reihe in Bezug auf das Objektiv positioniert ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, die ferner eine Steuereinheit aufweist, die einen Prozessor und eine physische Speichereinheit zum Speichern durch den Prozessor ausführbarer Programmanweisungen aufweist, wobei die Programmanweisungen Anweisungen aufweisen, um:
 - durch Versorgen der Infrarot-Lichtquelle mit Strom aus der Stromquelle durch die Infrarot-Lichtquelle während eines Zeitraums Infrarotlicht in Richtung der Öffnung zu emittieren;
 - durch den Bildsensor eine Reflexion des Infrarotlichts zu empfangen;
 - durch den Bildsensor ein Abbild eines Auges durch Analysieren der empfangenen Reflexion des Infrarotlichts zu erkennen;
 - durch den Bildsensor eine Pupillenerweiterung in dem Auge durch Analysieren des erkannten Abbilds des Auges zu messen; und
 - durch den Prozessor festzustellen, dass die Pupille um einen ersten Betrag stärker als ein vorgegebener Erweiterungsmaßwert erweitert oder gleich diesem ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Programmanweisungen ferner Anweisungen aufweisen, um: durch die Lichtquelle für sichtbares Licht während eines Zeitraums zum Emittieren von sichtbarem Licht nacheinander mindestens zwei sichtbare Lichtstrahlen durch Versorgen der Lichtquelle für sichtbares Licht mit Strom aus der Stromquelle zu emittieren, wobei die mindestens zwei sichtbaren Lichtstrahlen einen ersten sichtbaren Lichtstrahl mit einer ersten Energie und einen zweiten sichtbaren Lichtstrahl mit einer zweiten Energie aufweisen, die größer als die erste Energie ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, wobei der Zeitraum zum Emittieren von sichtbarem Licht länger als null und kürzer als oder gleich 200 Millisekunden ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, wobei jeder der mindestens zwei sichtbaren Lichtstrahlen während eines gleichen Anteils des Zeitraums zum Emittieren von sichtbarem Licht emittiert wird.

6. Vorrichtung nach Anspruch 3, die ferner eine Eingabe/Ausgabe- (E/A-) Einheit aufweist, und wobei die Programmanweisungen ferner Anweisungen aufweisen, um: durch den Bildsensor eine Reaktionszeit der Pupillenverengung in dem Auge als Reaktion auf das Emittieren der mindestens zwei sichtbaren Lichtstrahlen zu detektieren; durch den Prozessor einen Deltabericht zu erstellen, der Daten enthält, die einen Unterschied zwischen der gemessenen Reaktionszeit der Pupillenverengung und einer erwarteten Reaktionszeit der Pupillenverengung anzeigen; und den Deltabericht durch die E/A-Einheit auszugeben.

7. Vorrichtung nach Anspruch 2, die ferner eine Eingabe/Ausgabe- (E/A-) Einheit aufweist, und wobei die Anweisungen ferner Anweisungen aufweisen, um: durch die Infrarot-Lichtquelle einen Infrarot-Lichtstrahl zu emittieren; durch den Bildsensor eine Reflexion des Infrarot-Lichtstrahls zu empfangen; und durch die E/A-Einheit eine oder mehrere Abbilder der empfangenen Reflexion des Infrarot-Lichtstrahls auszugeben.

8. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei der Bildsensor in Bezug auf die Lichtquelle koaxial angeordnet ist und die Vorrichtung ferner aufweist: einen Spiegel, der entlang der ersten Achse in einer Reihe in Bezug auf den Bildsensor und das Objektiv und entlang einer zweiten Achse in einer Reihe in Bezug auf die Lichtquelle angeordnet ist, wobei die erste Achse senkrecht zu der zweiten Achse steht.

9. Vorrichtung, die eine Gehäuseeinheit aufweist, wobei die Gehäuseeinheit eine erste Kammer und eine zweite Kammer aufweist, die funktionell mit einer oder mehreren Stromquellen verbunden sind, wobei jede der ersten Kammer und der zweiten Kammer aufweist: eine Lichtquelle, die eine Infrarot-Lichtquelle und eine Lichtquelle für sichtbares Licht aufweist, wobei die Lichtquelle funktionell mit einer Stromquelle verbunden ist; einen Bildsensor, der entlang einer ersten Achse nahe der Lichtquelle positioniert ist, wobei die Lichtquelle entweder in Reihe oder koaxial in Bezug auf die Lichtquelle angeordnet ist; ein Objektiv, das entlang der ersten Achse zwischen der Lichtquelle und dem Bildsensor in Reihe in Bezug auf den Bildsensor positioniert ist; und eine Öffnung mit einem Okular zum Schutz vor Fremdlicht, wobei die Öffnung entlang der ersten Achse nahe der Lichtquelle gegenüber dem Objektiv und in Reihe in Bezug auf das Objektiv positioniert ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, die mindestens eine Steuereinheit aufweist, die einen Prozessor und eine physische Speichereinheit zum Speichern durch den Prozessor ausführbarer Programmanweisungen aufweist, wobei die Programmanweisungen Anweisungen aufweisen, um: durch Versorgen der Infrarot-Lichtquelle mit Strom aus der Stromquelle durch entsprechende Infrarot-Lichtquellen während eines Zeitraums Infrarotlicht in Richtung der Öffnung zu emittieren; durch entsprechende Bildsensoren der ersten Kammer und der zweiten Kammer eine Reflexion des Infrarotlichts zu empfangen; durch entsprechende Bildsensoren der ersten Kammer und der zweiten Kammer ein Abbild eines Auges durch Analysieren der empfangenen Reflexion des Infrarotlichts zu erkennen; durch entsprechende Bildsensoren der ersten Kammer und der zweiten Kammer eine Pupillenerweiterung in dem Auge durch Analysieren des erkannten Abbilds des Auges zu messen; und durch den Prozessor für jede der ersten Kammer und der zweiten Kammer festzustellen, dass die Pupille um einen ersten Betrag stärker als ein vorgegebener Erweiterungsmesswert erweitert oder gleich diesem ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 9, wobei die Programmanweisungen ferner Anweisungen aufweisen, um: durch eine oder beide entsprechende Lichtquellen für sichtbares Licht während eines Zeitraums zum Emittieren von sichtbarem Licht nacheinander in einer Kammer mindestens zwei sichtbare Lichtstrahlen durch Versorgen der Lichtquelle für sichtbares Licht mit Strom aus der Stromquelle zu emittieren, wobei die mindestens zwei Lichtstrahlen einen ersten sichtbaren Lichtstrahl mit einer ersten Energie und einen zweiten Lichtstrahl mit einer zweiten Energie aufweisen, die größer als die erste Energie ist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, wobei der Zeitraum zum Emittieren von sichtbarem Licht länger als null und kürzer als oder gleich 200 Millisekunden ist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 11, wobei jeder der mindestens zwei sichtbaren Lichtstrahlen während eines gleichen Teils des Zeitraums zum Emittieren von sichtbarem Licht emittiert wird.

14. Vorrichtung nach Anspruch 11, die ferner eine Eingabe/Ausgabe- (E/A-) Einheit umfasst, und wobei die Programmanweisungen ferner Anweisungen aufweisen, um: durch den Bildsensor eine Reaktionszeit der Pupillenerweiterung in dem Auge als Reaktion auf das Emittieren der mindestens zwei sichtbaren Lichtstrahlen in der ersten Kammer, der zweiten Kammer oder beiden Kammern zu detektieren; einen Deltabericht zu erzeugen, der Daten enthält, die einen Unterschied zwischen der gemessenen Reaktionszeit der Pupillenverengung und einer erwarteten Reaktionszeit der Pupillenverengung anzeigen; und den Deltabericht durch die E/A-Einheit auszugeben.

15. Vorrichtung nach Anspruch 11, die ferner eine Eingabe/Ausgabe- (E/A-) Einheit aufweist, und wobei die Programmanweisungen ferner Anweisungen aufweisen, um: durch den Bildsensor der ersten Kammer eine Reaktionszeit der Pupillenverengung in dem an der Öffnung der ersten Kammer positionierten Auge als Reaktion auf das Emittieren der mindestens zwei sichtbaren Lichtstrahlen in der ersten Kammer zu detektieren, wobei das Emittieren der mindestens zwei sichtbaren Lichtstrahlen während des Zeitraums zum Emittieren von sichtbarem Licht ausschließlich in der ersten Kammer erfolgt; einen Deltabericht zu erzeugen, der Daten enthält, die einen Unterschied zwischen der gemessenen Reaktionszeit der Pupillenverengung des Auges in der ersten Kammer und der erwarteten Reaktionszeit der Pupillenverengung des Auges in der zweiten Kammer anzeigen; und den Deltabericht durch die E/A-Einheit auszugeben.

16. Vorrichtung nach Anspruch 10, wobei die Steuereinheit ferner eine Eingabe/Ausgabe-(E/A-) Einheit aufweist, und wobei die Anweisungen ferner Anweisungen aufweisen, um: durch die entsprechenden Infrarot-Lichtquellen der ersten Kammer und der zweiten Kammer entsprechende Infrarot-Lichtstrahlen zu emittieren; durch die Bildsensoren der ersten Kammer und der zweiten Kammer eine Reflexion der entsprechenden Infrarot-Lichtstrahlen zu empfangen; und durch die E/A-Einheit eine oder mehrere Abbilder der empfangenen Reflexion der entsprechenden Infrarot-Lichtstrahlen in der ersten Kammer und der zweiten Kammer auszugeben.

17. Vorrichtung, die aufweist: ein Paar Licht emittierende Einheiten zum Emittieren eines Lichtstrahls auf ein Paar Zielaugen, wobei der Lichtstrahl Infrarotlicht und sichtbares Licht aufweist; eine Öffnung oder ein Paar Öffnungen zum Vereinigen mit dem Paar Zielaugen, um zu verhindern, dass Fremdlicht außerhalb der Vorrichtung auf das Paar Zielaugen trifft; ein Paar Bildsensoren zum Empfangen des von dem Paar Zielaugen reflektierten Lichts; und ein Paar Objektive zum Fokussieren des von dem Paar Zielaugen reflektierten Lichts auf das Paar Zielaugen.

18. Vorrichtung nach Anspruch 17, die ferner aufweist: Eine Steuereinheit zum Belichten des Paares Zielaugen innerhalb eines Zeitraums mit einer Mehrzahl Lichtstrahlen mit schrittweise zunehmender Energie.

19. Verfahren zum Untersuchen eines Paares Zielaugen eines Patienten unter Verwendung einer Vorrichtung, wobei das Verfahren aufweist: Abdecken des Paares Zielaugen mit einem Okular oder einem Paar Okulare der Vorrichtung zum Schutz vor Fremdlicht, wobei zu dem Abdecken Positionieren des Paares Okulare zum Schutz vor Fremdlicht in Kontakt mit dem Gesicht des Patienten gehört;

Überwachen der Pupillenerweiterung des Paares Zielaugen während eines Zeitraums, während sich die Okulare zum Schutz vor Fremdlicht in Kontakt mit dem Gesicht des Patienten befinden; und
Emittieren von Infrarotlicht durch ein Paar Lichtquellen der Vorrichtung auf das Paar Zielaugen auf der Grundlage der Überwachung; und
Detektieren des Infrarotlichts, das als Reaktion auf das Emittieren von Infrarotlicht durch das Paar Lichtquellen durch das Paar Zielaugen reflektiert wurde.

20. Verfahren nach Anspruch 19, wobei das Überwachen aufweist:
Detektieren, ob sich die Pupillen des Paares Zielaugen größtmöglich erweitert haben.

21. Verfahren nach Anspruch 19, das ferner aufweist:
Selektives Emittieren von mindestens zwei sichtbaren Lichtstrahlen nacheinander während eines Zeitraums zum Emittieren von sichtbarem Licht durch eine der Lichtquellen auf ein erstes Auge des Paares Zielaugen durch Versorgen der Lichtquelle mit Strom aus einer Stromquelle, wobei die mindestens zwei Lichtstrahlen einen ersten sichtbaren Lichtstrahl mit einer ersten Energie und einen zweiten sichtbaren Lichtstrahl mit einer zweiten Energie aufweisen, die größer als die erste Energie ist.

22. Verfahren nach Anspruch 21, das ferner aufweist:
Empfangen von Abbildern des ersten Auges und des zweiten Auges;
Messen einer Reaktionszeit der Pupillenverengung in dem ersten Auge im Vergleich mit der Pupillenverengung in einem zweiten Auge des Paares Zielaugen auf der Grundlage der empfangenen Abbilder;
Erzeugen eines Deltaberichts, der Daten enthält, die einen Unterschied zwischen den gemessenen Reaktionszeiten der Pupillenverengung in dem ersten Auge und dem zweiten Auge anzeigen; und
Ausgeben des Deltaberichts durch eine E/A-Einheit der Vorrichtung.

23. Verfahren nach Anspruch 21, wobei der Zeitraum zum Emittieren von sichtbarem Licht länger als null und kürzer als oder gleich 200 Millisekunden ist.

24. Verfahren nach Anspruch 21, wobei das Emittieren ferner aufweist:
Selektives Emittieren mindestens eines Lichtstrahls für jede verschiedene Farbe des sichtbaren Spektrums durch eine der Lichtquellen auf ein erstes Auge des Paares Zielaugen, schrittweise ansteigend von geringster Energie bis zu höchster Energie.

25. Verfahren nach Anspruch 21, wobei die Pupillenerweiterung zumindest während eines Anteils des Zeitraums zum Emittieren von sichtbarem Licht geringer als 100% ist.

26. Computerprogramm, das einen Computerprogrammcode aufweist, der auf einem durch einen Computer lesbaren Medium gespeichert ist und, wenn er in ein Computersystem geladen und in diesem ausgeführt wird, das Computersystem veranlasst, alle die Schritte eines Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 19 bis 25 auszuführen.

Es folgen 13 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

100

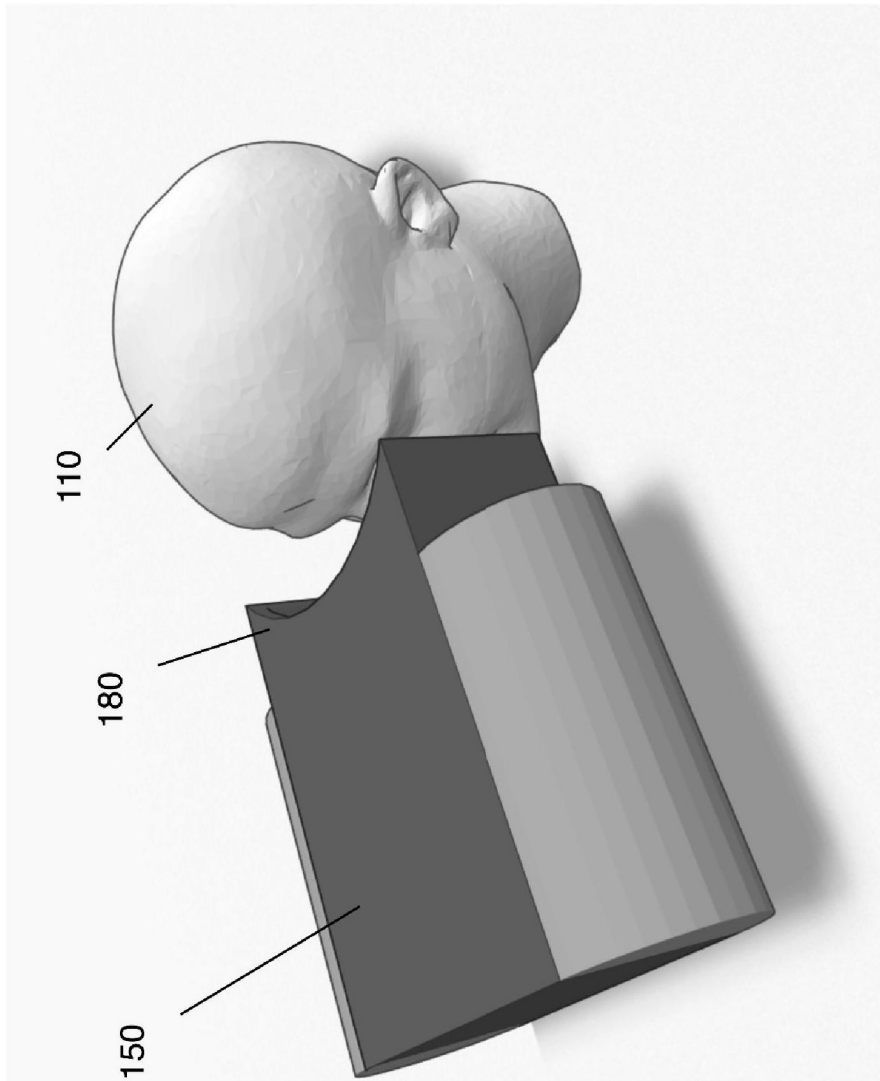


FIG. 1

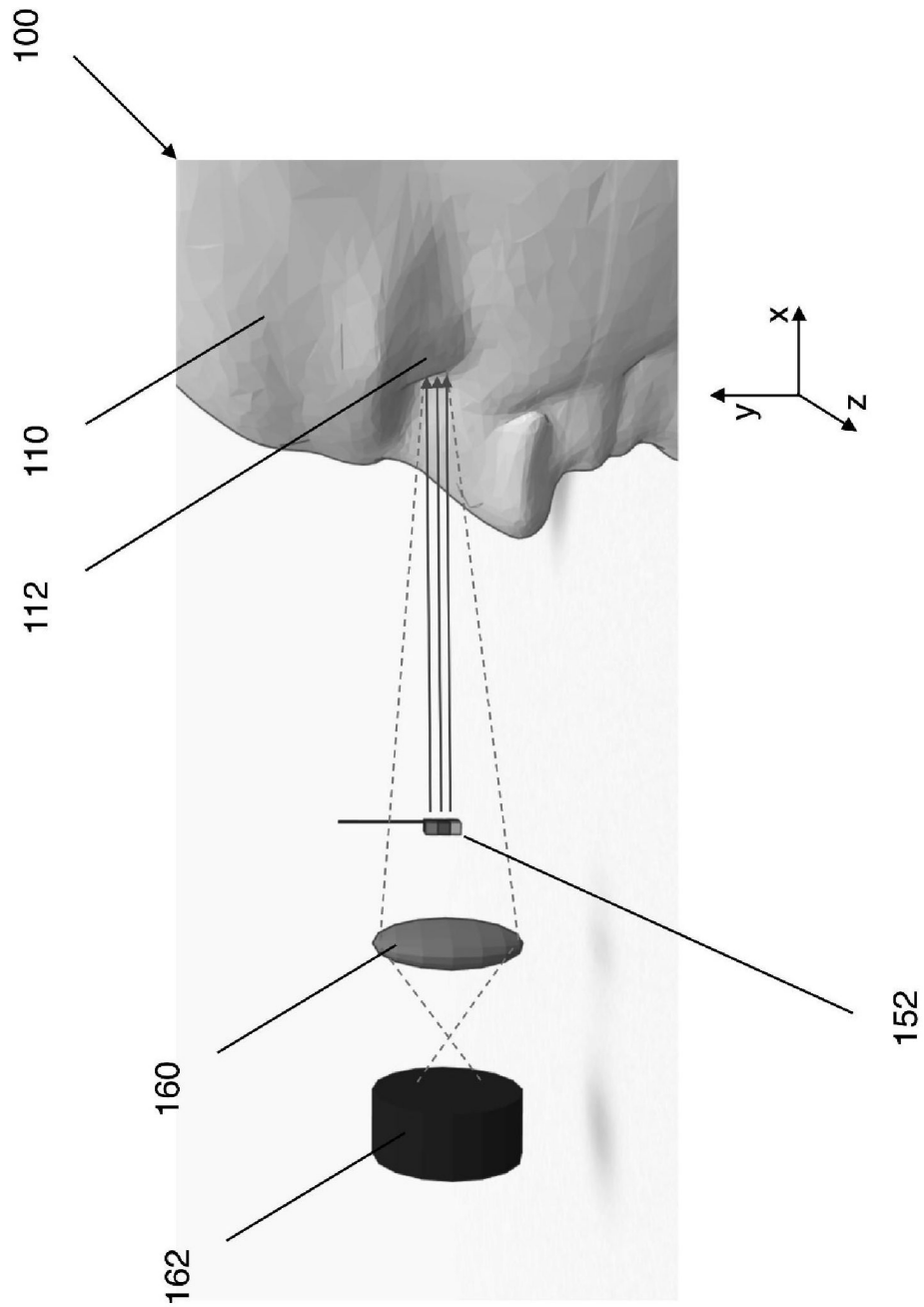


FIG. 2

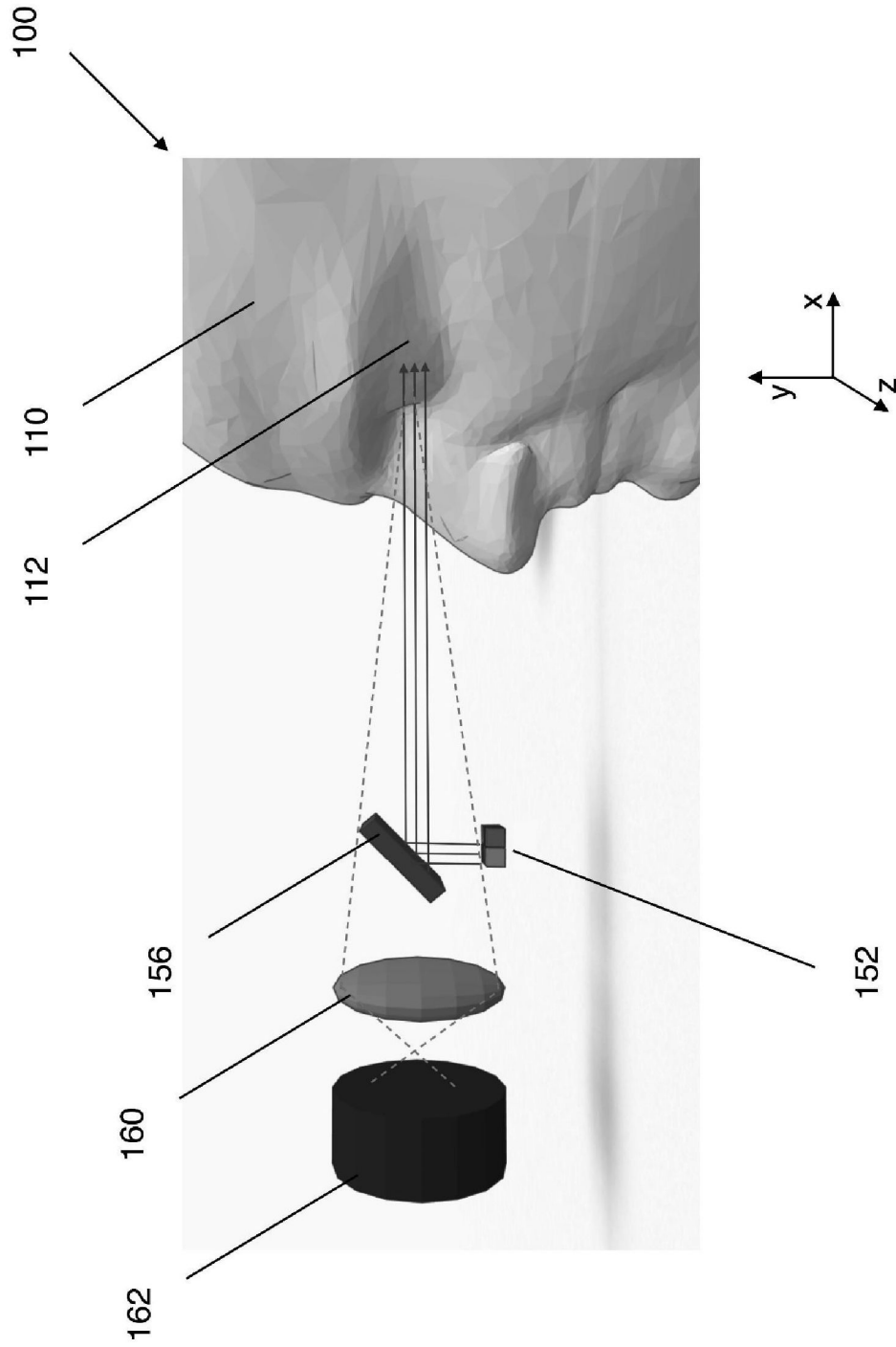


FIG. 3

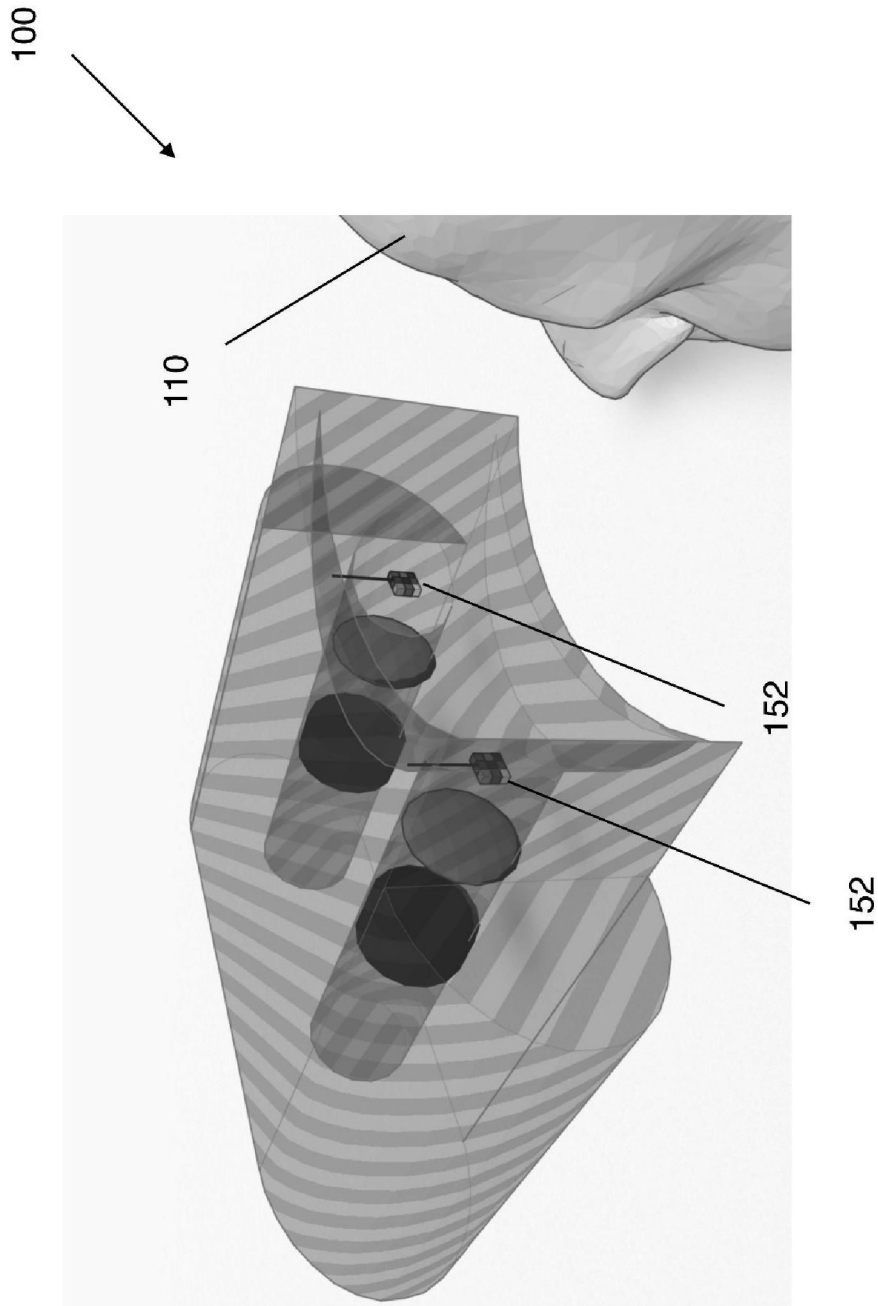


FIG. 4

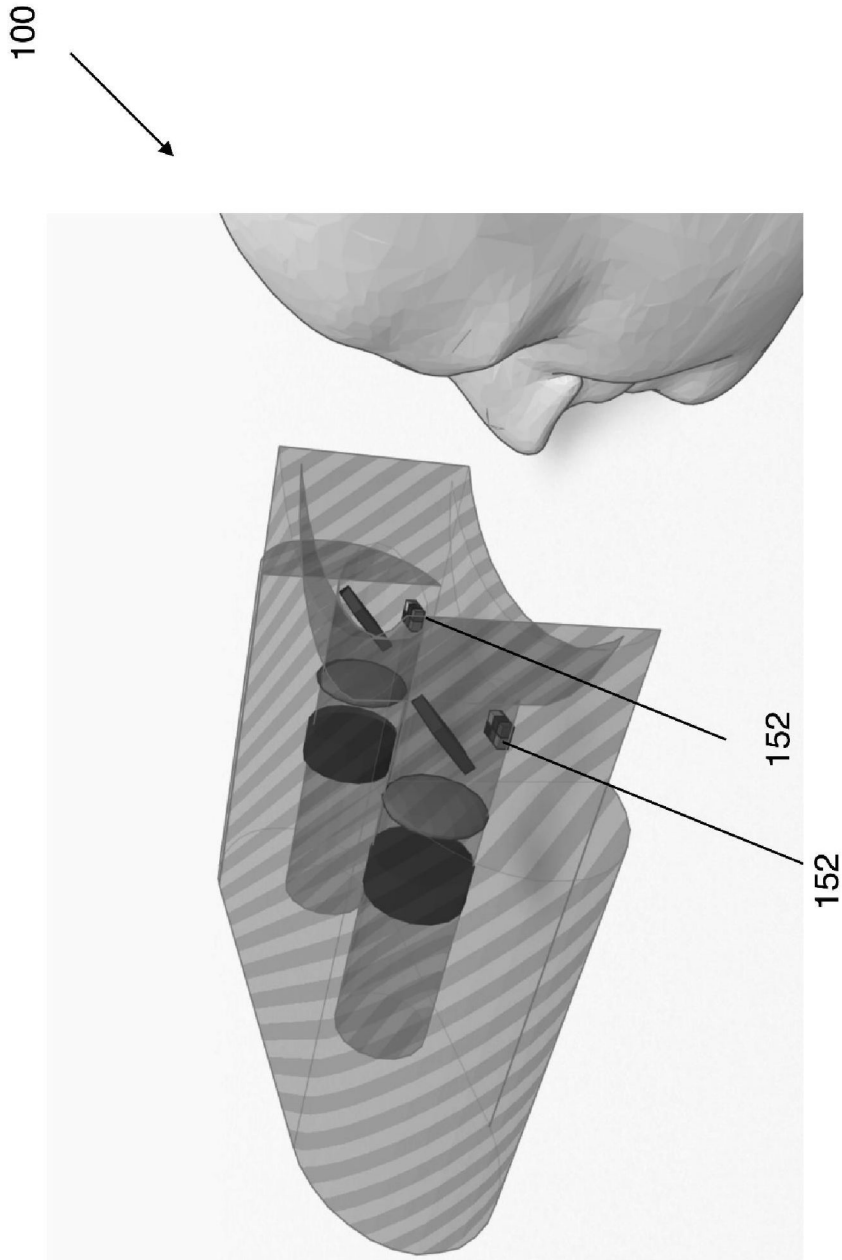
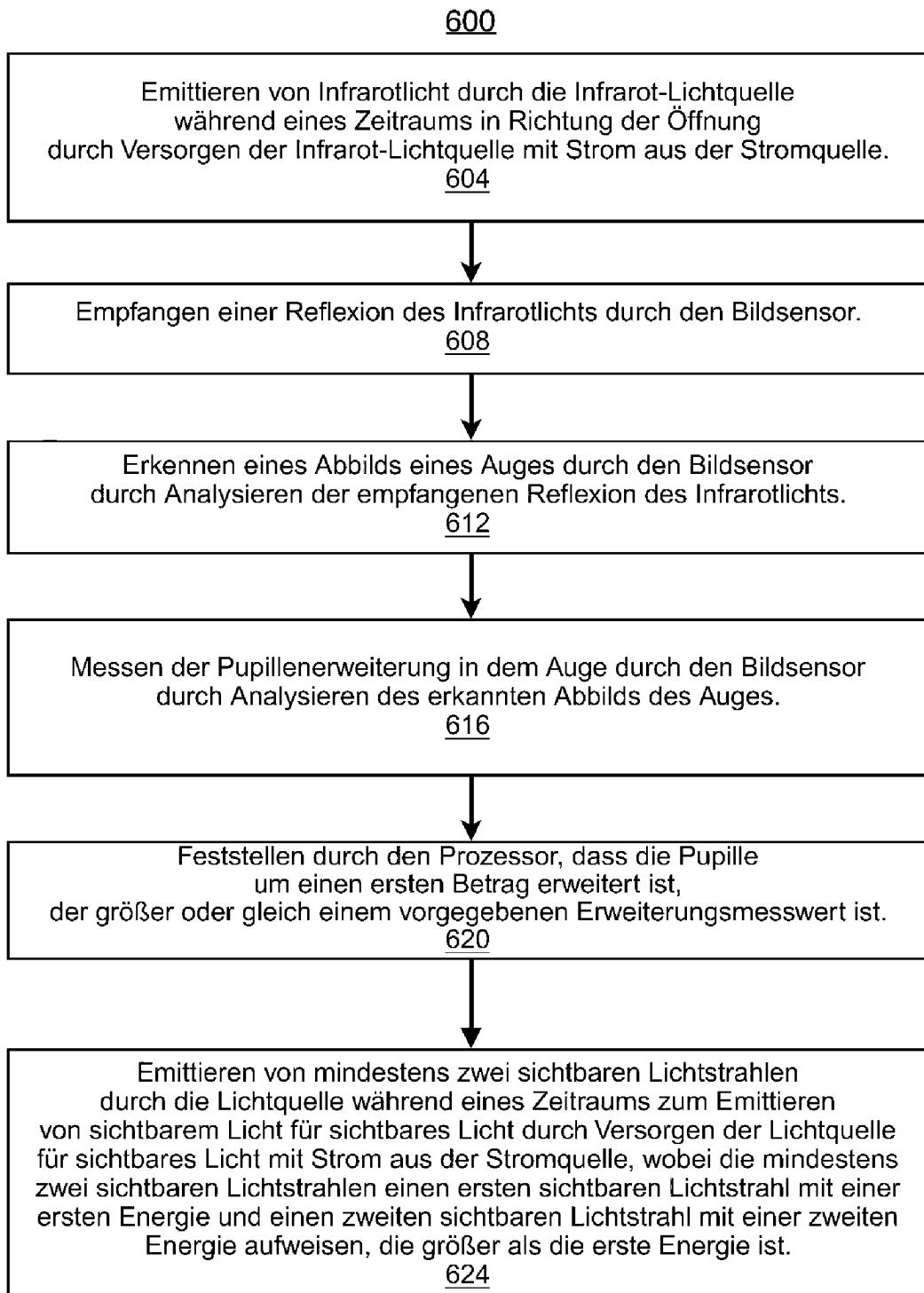


FIG. 5

**FIG. 6A**

600

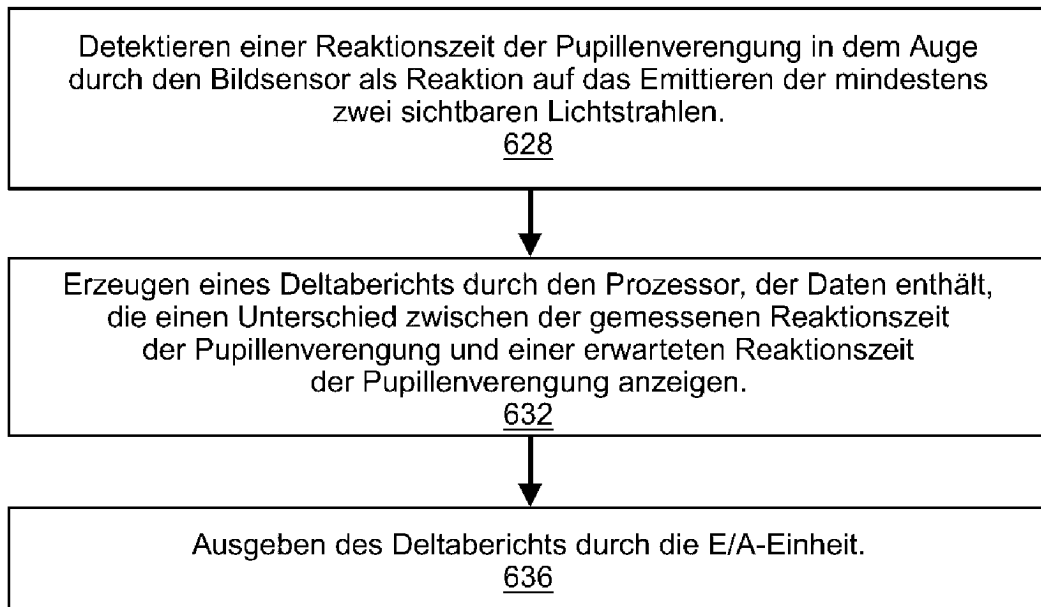


FIG. 6B

600

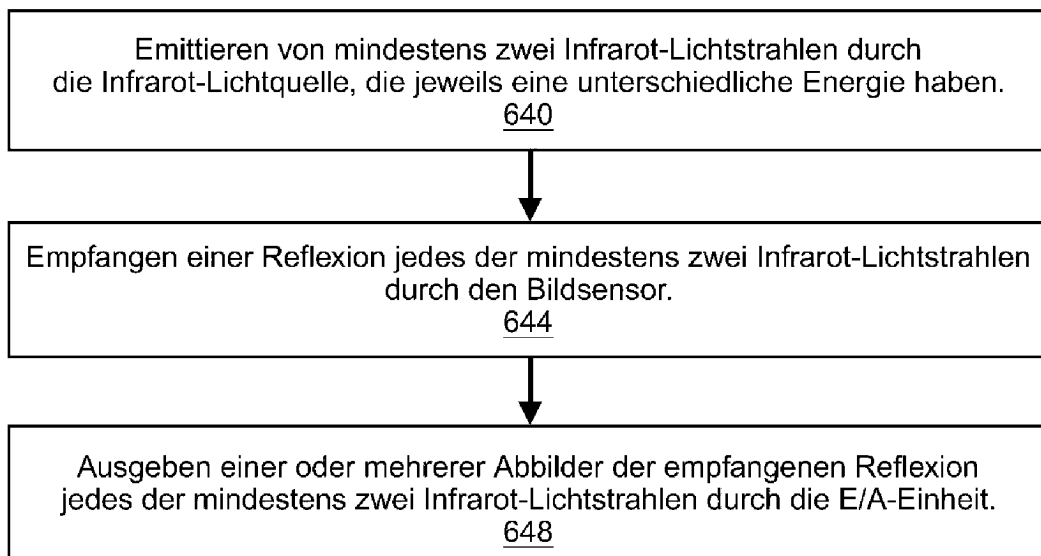


FIG. 6C

700

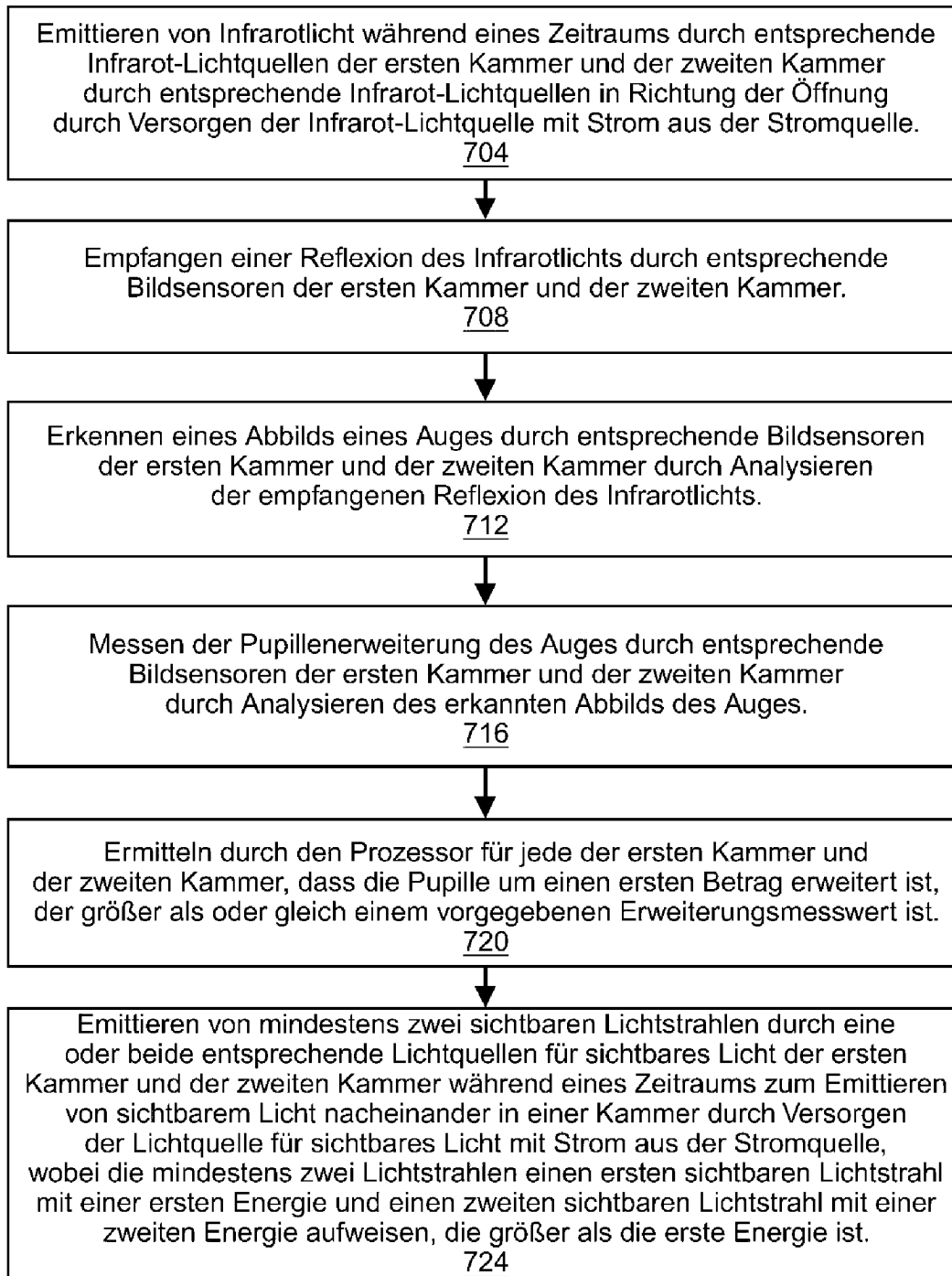


FIG. 7A

700

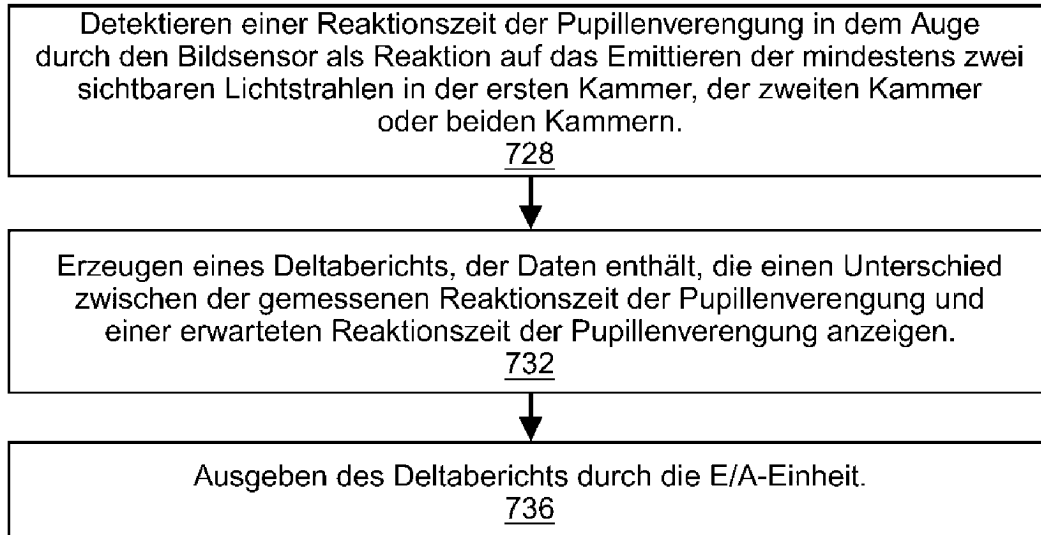


FIG. 7B

700

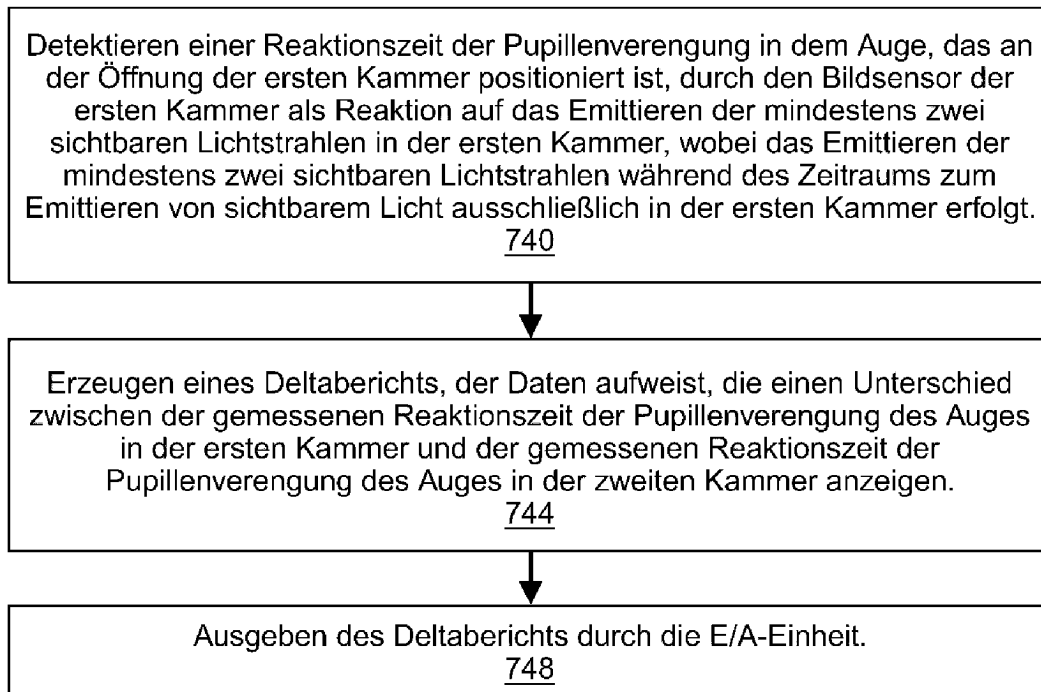


FIG. 7C

700

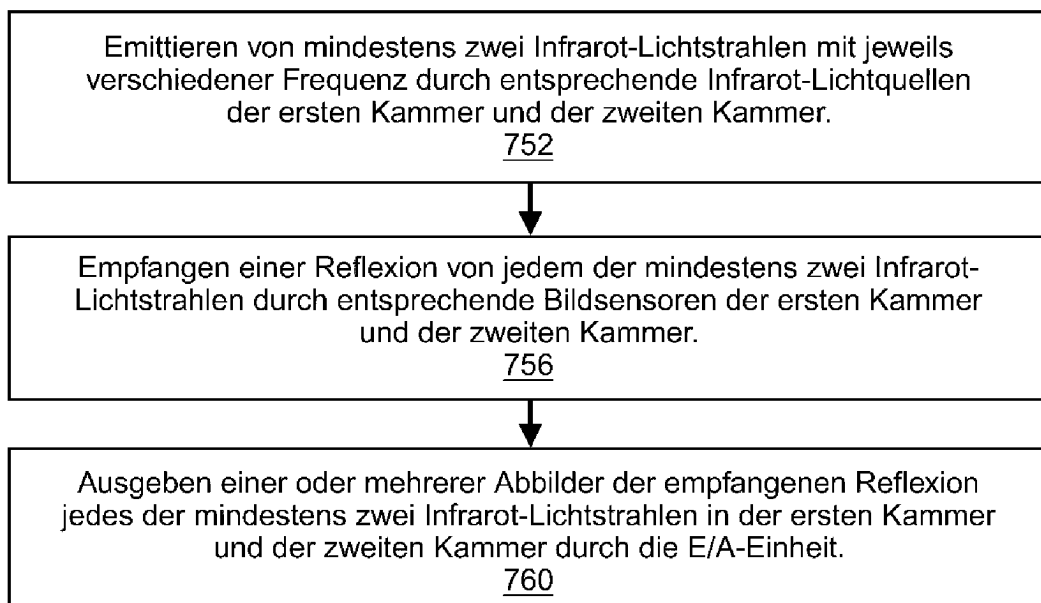


FIG. 7D

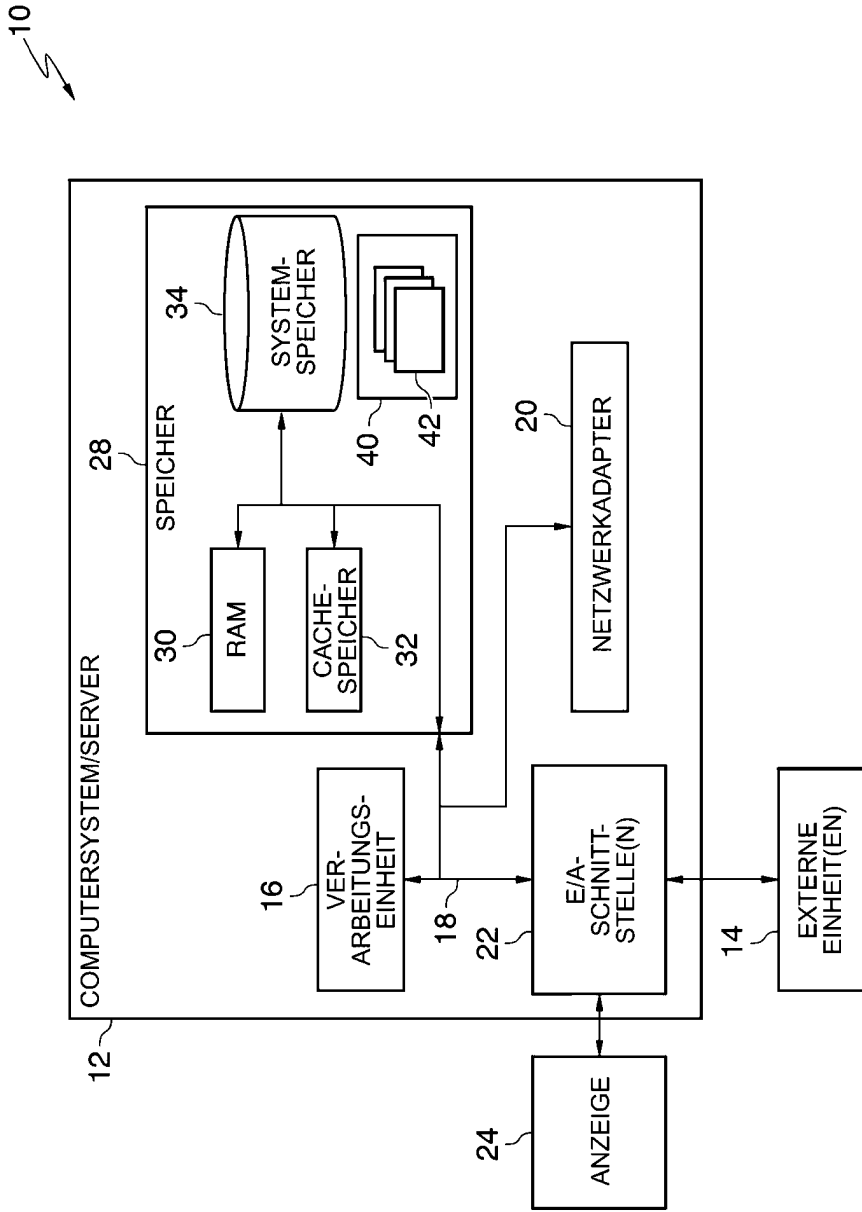


FIG. 8

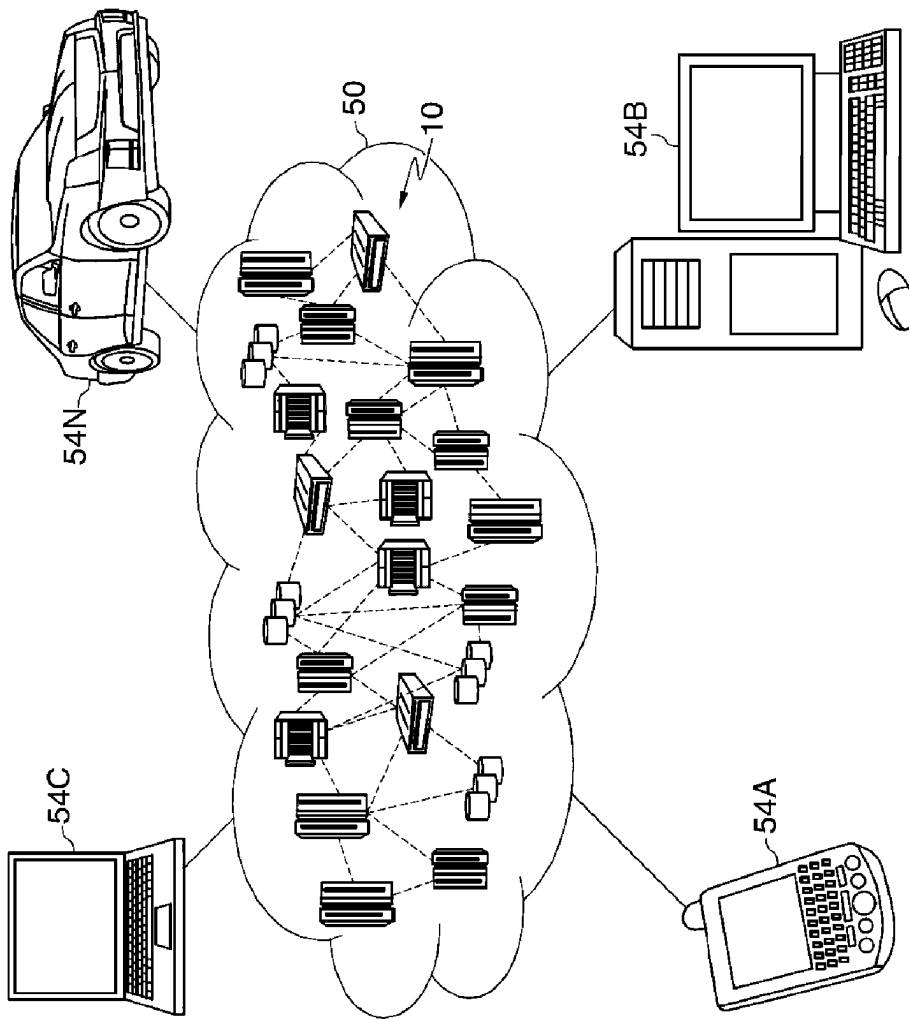


FIG. 9

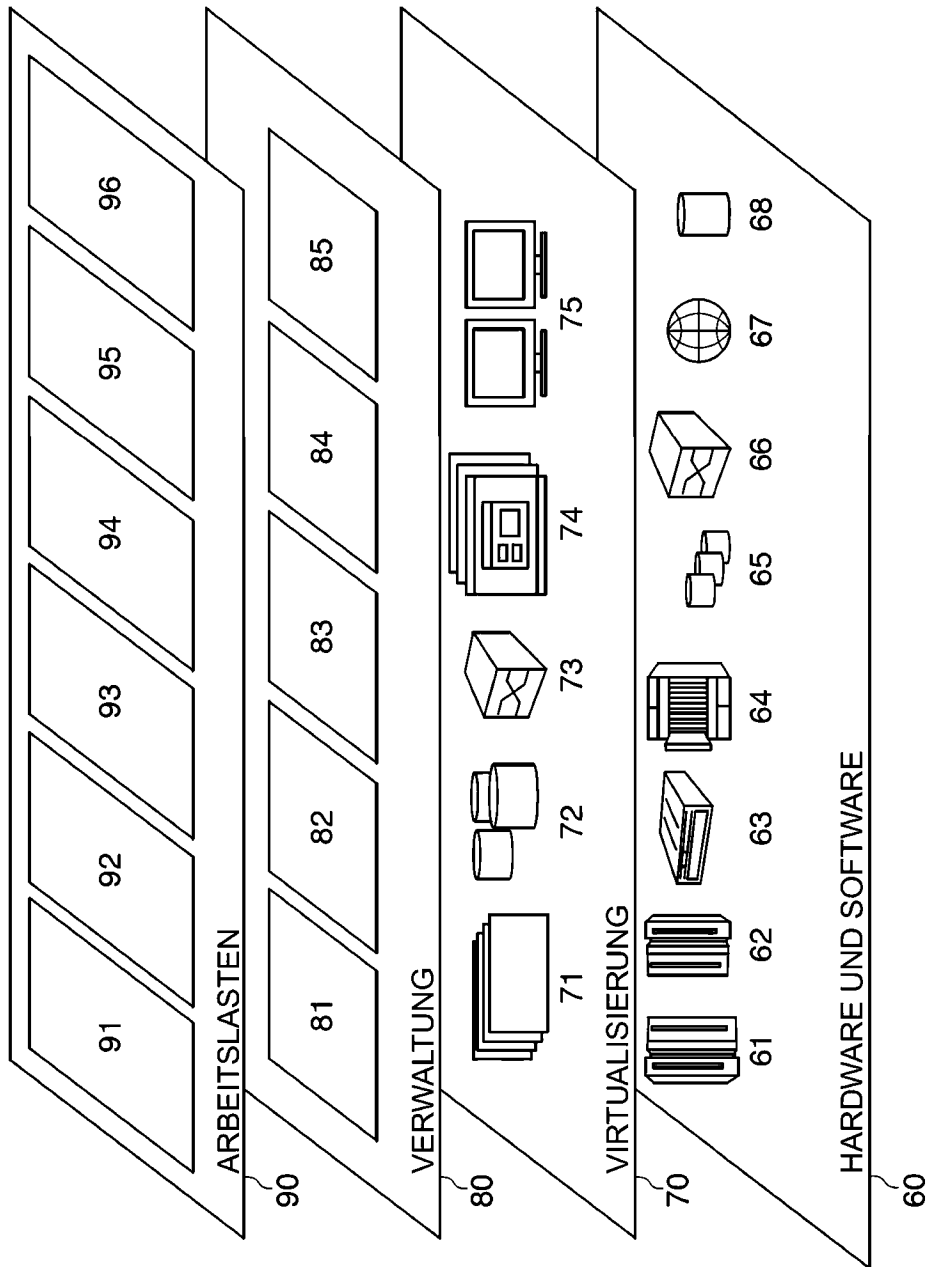


FIG. 10