



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
30.09.2015 Patentblatt 2015/40

(51) Int Cl.:
H04N 5/225 (2006.01) G02B 3/12 (2006.01)
H04N 17/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **15155872.3**

(22) Anmeldetag: **20.02.2015**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(72) Erfinder:
• **Strohmeier, Dr. Dirk**
79104 Freiburg (DE)
• **Schneider, Dr. Florian**
79276 Reute (DE)
• **Bertz, Denise**
79194 Gundelfingen (DE)

(30) Priorität: **24.03.2014 DE 102014104028**

(71) Anmelder: **SICK AG**
79183 Waldkirch (DE)

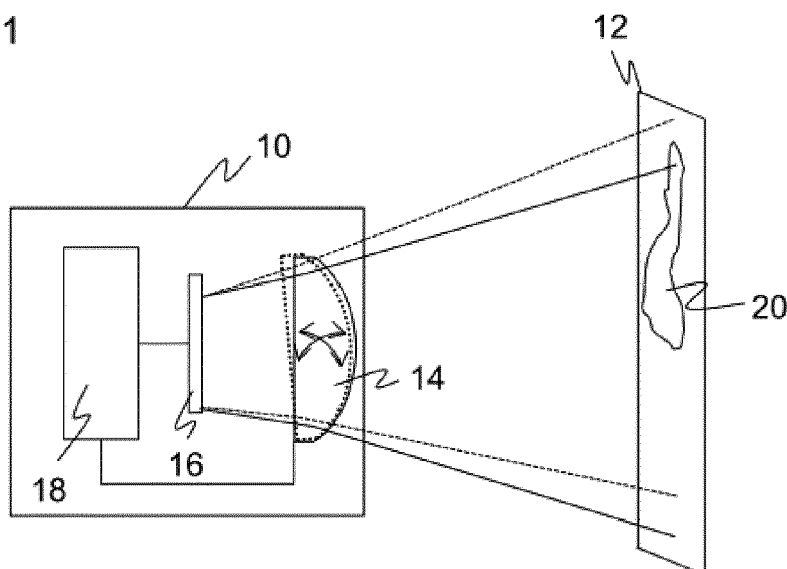
(74) Vertreter: **Hehl, Ulrich**
SICK AG
Intellectual Property
Erwin-Sick-Strasse 1
79183 Waldkirch (DE)

(54) **OPTOELEKTRONISCHE VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM JUSTIEREN**

(57) Es wird eine optoelektronische Vorrichtung (10) mit einem Lichtsender (22) und/oder einem Lichtempfänger (16) und einer dem Lichtsender (22) und/oder dem Lichtempfänger (16) vorgeordneten Optik (24, 14) angegeben, die eine adaptive Linse (26) mit variabler Verkip-

pfung aufweist. Dabei ist eine Justageeinheit (18) vorgesehen, die dafür ausgebildet ist, die adaptive Linse (26) derart zu verkippen, dass Fertigungstoleranzen und/oder Montagetoleranzen ausgeglichen werden.

Figur 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine optoelektronische Vorrichtung mit einer adaptiven Linse nach dem Oberbegriff von Anspruch 1 sowie Verfahren zum Ausrichten derartiger optoelektronischer Vorrichtungen nach den Oberbegriffen von Anspruch 9, 10 und 11.

[0002] Für eine reibungslose Funktion muss in optischen Systemen mit hohen Qualitätsanforderungen eine verlässliche Justierung gewährleistet werden. Das betrifft zum einen die Fertigung, wo während oder nach dem Zusammenbau die optischen Komponenten, wie Lichtquellen, Linsen, Filter oder Bildsensoren, zueinander ausgerichtet werden, um Toleranzen oder Chargenschwankungen auszugleichen. Die mechanische Justage erfordert zusätzliche Freiheitsgrade im Design, um überhaupt Verstellmöglichkeiten für die Ausrichtung zu bieten, und außerdem Betriebsmittel beziehungsweise Personalaufwand für die manuelle, halb- oder vollautomatische Durchführung der Justage. Dadurch werden die Herstellkosten erheblich erhöht.

[0003] Die Justierung spielt zum anderen auch im Feld eine wichtige Rolle. Hier geht es darum, das optische System unter Ausgleich von Versatz- und Verkippungstoleranzen zwischen den Befestigungspunkten des Geräts und einem gewünschten Beleuchtungsbeziehungsweise Sichtbereich auszurichten. Wird ein Austausch eines optischen Systems erforderlich, muss dieser Vorgang wiederholt werden. Beim parallelen Einsatz mehrerer optischer Systeme, etwa in einer Multihead-Kamera mit mehreren Kameramodulen, ist für die gegenseitige Ausrichtung zu sorgen.

[0004] Alternativ zu einer Ausrichtung ist bei Kamerasystemen auch denkbar, den Sichtbereich durch Bildverarbeitung zuzuschneiden, der sich dadurch jedoch verkleinert. Dies gilt entsprechend für die Parallelisierung mehrerer Kameramodule, wo ein Toleranzbereich als zusätzliche Überlappungsfläche vorgehalten werden kann, um ein lückenloses, aber wegen der zusätzlichen Überlappung verkleinertes Gesamtgesichtsfeld zu erhalten.

[0005] In optischen Systemen ist häufig eine Optik vorgesehen, die mit Hilfe einer Fokusverstellung auf einen bestimmten Abstand oder Abstandsbereich scharf eingestellt wird, indem elektromechanisch oder optomechanisch die Position der Linsen und damit die Schnittweite der Sende- oder Empfangsoptik verstellt wird. Solche Lösungen erfordern viel Bauraum und stellen zudem hohe Ansprüche an den mechanischen Aufbau zur präzisen Einstellbarkeit, damit eine vorgegebene Fokuslage auch tatsächlich angenommen wird. Eine Alternative ist der Einsatz von Optiken, bei denen nicht die Schnittweite, sondern unmittelbar die Form und damit die Brennweite der Linse selbst mittels einer Spannungsansteuerung variiert wird. Insbesondere werden dafür Geloder Flüssiglinsen genutzt. Bei einer Gellinse wird eine silikonartige Flüssigkeit mittels piezoelektrischer oder induktiver Aktoren mechanisch deformiert. Flüssiglinsen nutzen beispielsweise den sogenannten Elektrobenetzungseffekt

(electrowetting) aus, indem zwei nicht mischbare Flüssigkeiten in einer Kammer übereinander angeordnet werden. Bei Anlegen einer Steuerspannung ändern die beiden Flüssigkeiten ihre Oberflächenspannung in unterschiedlicher Weise, so dass die innere Grenzfläche der Flüssigkeiten spannungsabhängig ihre Krümmung verändert. Ein optoelektronischer Sensor mit Fokusverstellung auf Basis von Flüssiglinsen ist aus der DE 10 2005 015 500 A1 oder der DE 20 2006 017 268 U1 bekannt. Die Fokusverstellung ermöglicht eine Anpassung an die Szenerie, ersetzt aber keine Justierung.

[0006] In Weiterbildung von Flüssiglinsen zur Fokusverstellung schlägt die EP 2 071 367 A1 vor, auch die Verkippung der Flüssiglinse durch Anlegen unterschiedlicher Spannungen in Umlaufrichtung zu verändern. Um die Aufnahme verwackelter Bilder zu verhindern, wird dann die Eigenbewegung der Kamera ermittelt, und eine oder mehrere Linsen in der Kamera werden verkippt, um dieser Eigenbewegung entgegenzuwirken. Diese Bewegungskompensation basiert ebenfalls auf einer zuvor erfolgten Ausrichtung der Kamera in sich. Eine Ausrichtung bezüglich der Szenerie ist für eine handgehaltene Kamera ohnehin nicht festgeschrieben.

[0007] In der DE 10 2005 015 500 A1 wird ein weiterer optoelektronischer Sensor mit einer Flüssiglinse offenbart, die durch einen asymmetrischen Rahmen oder unterschiedliche elektrische Potentiale an separaten Elektroden des Linsenrahmens in ihren Strahlformungseigenschaften asymmetrisch veränderbar ist. Das Dokument erläutert dann aber nicht, wozu das genutzt werden kann.

[0008] Es ist daher Aufgabe der Erfindung, die Justierung einer optoelektronischen Vorrichtung zu vereinfachen.

[0009] Diese Aufgabe wird durch eine optoelektronische Vorrichtung nach Anspruch 1 und 6 sowie ein Verfahren nach den Ansprüchen 9, 10 und 11 gelöst. Die Vorrichtung umfasst eine Optik mit einer adaptiven Linse, deren Verkippung durch elektronische Ansteuerung verändert werden kann. Die adaptive Linse ist vorzugsweise auch in ihrer Brennweite verstellbar, um eine Fokuslage einzustellen. Durch das Verkippen der adaptiven Linse können auf sehr einfache Weise Toleranzen ausgeglichen werden. Das können Fertigungstoleranzen der Bauteile selbst sein, also Chargenschwankungen von Lichtsender, Lichtempfänger oder optischen Elementen. Eine weitere Quelle sind Ungenauigkeiten beim Einbau der Bauteile in die Vorrichtung, die zu Montagetoleranzen der Bauteile zueinander und zu einem Gehäuse führen. Montagetoleranzen können aber auch die Anbringung der Vorrichtung am Ort der Anwendung betreffen. Häufig ist Ziel der Justage, dass ein Beleuchtungsbeziehungsweise Sichtfeld der Vorrichtung eine spezifizierete Geometrie und Ausrichtung aufweist, also eine gewünschte Position, Orientierung und Form in der Szenerie annimmt.

[0010] Die Erfindung hat den Vorteil, dass aufwändige mechanische Justageprozesse eliminiert werden kön-

nen. Dadurch werden Kosten in Design und für die Durchführung der Justage eingespart. Dennoch wird eine sehr gute Anpassung erreicht. Die Verkippung ist eine wesentliche Einflussgröße, da Verkippungstoleranzen in der Fokusebene zu einem großen lateralen Versatz führen.

[0011] Die Justageeinheit weist bevorzugt ein Speicherelement auf, um eine im Fertigungsprozess eingelernte Kippstellung der adaptiven Linse als justierte Werkseinstellung zu speichern. Durch Einstellen der gespeicherten Kippstellung entsteht eine justierte Vorrichtung, ohne dass mechanische Justiermöglichkeiten in deren Design vorgesehen werden müssen oder ein aufwändiger Justagevorgang erforderlich ist. Alternativ zu den Werkseinstellungen ist aber auch eine anwendungsspezifische Verkippung und damit Ausrichtung denkbar.

[0012] Die Vorrichtung ist bevorzugt als Kamera mit einem Bildsensor als Lichtempfänger ausgebildet. Durch das Verkappen der adaptiven Linse werden Bildsensor und Empfangsoptik auf einfache Weise zueinander ausgerichtet, und es wird ein Sichtfeld der Kamera eingestellt.

[0013] Die Justageeinheit ist bevorzugt dafür ausgebildet, in einer Aufnahme des Bildsensors mindestens ein Bildmerkmal zu identifizieren und samt Position zu speichern. Anhand des Bildmerkmals kann die Justageeinheit eine einmal erreichte Ausrichtung überprüfen. Vornehmlich dienen aber das Bildmerkmal und dessen Position als Vorbereitung für einen späteren Gerätetausch. Die Speicherung erfolgt vorzugsweise dauerhaft, also unabhängig vom Betrieb der Vorrichtung, damit die Daten auch nach längerer Betriebspause oder bei einem Defekt verfügbar bleiben. Geeignet ist auch die Speicherung in einer übergeordneten Steuerung oder auf einem entnehmbaren Medium.

[0014] Die Justageeinheit ist bevorzugt dafür ausgebildet ist, mindestens ein Bildmerkmal und eine Position des Bildmerkmals einzulesen und die adaptive Linse so zu verkappen, dass sich das Bildmerkmal in einer Aufnahme des Bildsensors an der Position befindet. So wird eine zuvor erreichte Justierung anhand der Szenerie automatisch reproduziert. Die eingelesenen Daten sind vorzugsweise diejenigen, die ein anders Gerät erzeugt und gespeichert hat. Damit wird eine Austauschbarkeit erreicht, indem das Austauschgerät anhand des mindestens einen Bildmerkmals automatisch den identischen Sichtbereich wie das ausgetauschte Gerät einstellt. Damit bleibt der gesamte physikalische Sichtbereich auszutauschender Systeme erhalten, ohne dass beispielsweise durch Beschneiden der Aufnahmen auf einen kleineren gemeinsamen Sichtbereich Informationen verlorengelassen werden.

[0015] In einer bevorzugten Ausführungsform gemäß Anspruch 6 sind mindestens zwei Bildsensoren vorgesehen, denen jeweils eine Optik mit einer adaptiven Linse mit variabler Verkippung vorgeordnet ist, wobei die Sichtbereiche der Bildsensoren einen Überlappungsbereich aufweisen. Die Justageeinheit identifiziert hier mindes-

tens ein Bildmerkmal in dem Überlappungsbereich und richtet anhand des Bildmerkmals die Sichtfelder der Bildsensoren durch Verkappen mindestens einer adaptiven Linse zueinander aus. Vorteilhafterweise befinden sich die einzelnen Sichtfelder nebeneinander und werden so ausgerichtet, dass kein lateraler Versatz auftritt. Dadurch kann der Gesamtsichtbereich maximiert werden, und dazu genügt eine sehr kleine Überlappfläche. Die Bildmerkmale oder auch andere Bildmerkmale außerhalb des Überlappbereichs können außerdem wie oben erläutert für ein Austauschgerät gespeichert werden, um das Ersetzen einzelner Kameramodule unter Erhalt der Ausrichtung zu ermöglichen.

[0016] Die adaptive Linse ist bevorzugt eine Flüssiglinse oder eine Gellinse. Solche Linsen bieten die gewünschten Einstellmöglichkeiten und sind dabei sehr bauklein und kostengünstig. Das Verkappen einer solchen Linse bedeutet natürlich nicht zwingend ein geometrisches Verkappen, sondern bezieht sich auf die optische Wirkung, die effektiv einer Verkippung entspricht.

[0017] Die adaptive Linse weist bevorzugt in Umlaufrichtung segmentierte Ansteuerelemente auf. Bei den Ansteuerelementen handelt es sich beispielsweise um segmentierte Elektroden, die eine Flüssiglinse über den Elektrobenetzungseffekt steuern. Denkbar sind weiterhin segmentierte Aktoren, insbesondere Piezoaktoren, die den Druck auf eine Flüssigkeit lokal verändern und dadurch eine Membran auf Flüssigkeit unterschiedlich krümmen, oder die direkt eine gelartige Substanz der Linse verformen. Durch die Segmentierung in Umlaufrichtung wird eine nicht rotationssymmetrische Beeinflussung der Linse ermöglicht, die zu der optischen Verkippung führt.

[0018] Das erfindungsgemäße Verfahren kann auf ähnliche Weise durch weitere Merkmale ausgestaltet werden und zeigt dabei ähnliche Vorteile. Derartige weitere Merkmale sind beispielhaft, aber nicht abschließend, in den sich an die unabhängigen Ansprüche anschließenden Unteransprüchen beschrieben.

[0019] In einem Verfahren gemäß Anspruch 9 wird die adaptive Linse derart verkippt, dass Fertigungstoleranzen und/oder Montagetoleranzen ausgeglichen werden. Dadurch können aufwändige Justageprozesse oder der Einsatz von teuren, toleranzarmen Bauteilen verhindert werden, und es wird dennoch eine präzise Justage erreicht.

[0020] Ein Verfahren gemäß Anspruch 10 bezieht sich auf den Austausch einer Kamera mit einem Bildsensor und einer dem Bildsensor vorgeordneten Empfangsoptik mit einer adaptiven Linse. Hier speichert eine später möglicherweise auszutauschende Kamera mindestens ein Bildmerkmal und dessen Position bezüglich ihres Bildsensors. Beim Austausch nutzt das Austauschgerät diese Informationen und sorgt dafür, dass sich das Bildmerkmal an der richtigen Position befindet. Damit ist gewährleistet, dass das Austauschgerät seine Funktion in einer gleichen Ausrichtung übernehmen kann.

[0021] Bei einem Verfahren gemäß Anspruch 11 wer-

den mindestens zwei Kameras mit jeweils einem Bildsensor und einer dem Bildsensor vorgeordneten Optik mit einer adaptiven Linse mit variabler Verkippung zueinander ausgerichtet. Dazu wird mindestens ein Bildmerkmal in einem Überlappungsbereich identifiziert, und die Sichtfelder der Bildsensoren werden anhand des Bildmerkmals durch Verkippen mindestens einer adaptiven Linse zueinander ausgerichtet. Es entsteht dabei ein ausgerichtetes Gesamtsichtfeld von maximaler Größe, wofür ein minimaler Überlappungsbereich genügt.

[0022] Die Erfindung wird nachstehend auch hinsichtlich weiterer Vorteile und Merkmale unter Bezugnahme auf die beigefügte Zeichnung anhand von Ausführungsbeispielen erläutert. Die Figuren der Zeichnung zeigen in:

- Fig. 1 eine schematische Schnittdarstellung einer optoelektronischen Vorrichtung mit einem Lichtempfänger und einer verkippbaren adaptiven Linse in der Empfangsoptik;
- Fig. 2 eine schematische Schnittdarstellung einer optoelektronischen Vorrichtung mit einem Lichtsender und einer verkippbaren adaptiven Linse in der Sendeoptik;
- Fig. 3 eine Darstellung zur Erläuterung einer Kameraanordnung mit mehreren Kameramodulen und der Ausrichtung der Sichtfelder der Kameramodule mit Hilfe von adaptiven Linsen;
- Fig. 4a eine Darstellung einer adaptiven Linse in einer strahlaufweitenden Einstellung;
- Fig. 4b eine Darstellung der adaptiven Linse in einer neutralen Einstellung;
- Fig. 4c eine Darstellung der adaptiven Linse in einer strahlbündelnden Einstellung;
- Fig. 5a eine Darstellung der adaptiven Linse mit Verkippen nach unten;
- Fig. 5b eine Darstellung der adaptiven Linse ohne Verkippen;
- Fig. 5c eine Darstellung der adaptiven Linse mit Verkippen nach oben; und
- Fig. 6 eine Draufsicht auf die adaptive Linse zur Illustration einer segmentierten, nicht rotations-symmetrischen Ansteuerung.

[0023] Figur 1 zeigt eine schematische Schnittdarstellung einer Ausführungsform einer optoelektronischen Vorrichtung 10 zur Erfassung von Objektinformationen aus einem Überwachungsbereich 12. Über eine Empfangsoptik 14 erzeugt ein Bildsensor 16, beispielsweise ein CCD- oder CMOS-Chip, Aufnahmen des Überwachungsbereichs 12. Die Bilddaten dieser Aufnahmen werden an eine Auswertungseinheit 18 weitergegeben.

[0024] Die Empfangsoptik 14 weist eine adaptive Linse auf, die durch elektronische Ansteuerung der Auswertungseinheit 18 verkippbar werden kann. Durch das Verkippen ergibt sich eine Variation des Sichtfeldes der Vorrichtung 10. Das Funktionsprinzip der adaptiven Linse wird weiter unten anhand der Figuren 4 bis 6 näher er-

läutert. Der Bildsensor 14 und die in Figur 1 vereinfachend durch die adaptive Linse repräsentierte Empfangsoptik 16 bilden eine Baugruppe, die noch weitere nicht gezeigte optische Elemente, wie Linsen, Spiegel, Blenden oder Filter aufweisen kann. Es besteht auch die Möglichkeit, dass die Vorrichtung 10 mehrere adaptive Linsen aufweist.

[0025] Das Verkippen der adaptiven Linse der Empfangsoptik 16 wird in einem Einlernprozess zur Justage genutzt. Dabei fungiert die Auswertungseinheit 18 als Justageeinheit, welche die adaptive Linse ansteuert, um deren Kippstellung zu verändern. In dem Einlernprozess können Toleranzen der Bauteile und deren gegenseitiger Anordnung durch externes Monitoring und gezielte Ansteuerung der adaptiven Linse reduziert werden. Dies kann sowohl im Werk bei der Herstellung als auch im Feld für die konkrete Anwendung erfolgen. Die eingelernte Kippstellung sowie die dafür erforderliche Ansteuerung kann als Werkseinstellung in einem Speicherelement abgelegt werden. Damit ist es jederzeit möglich, die Kippstellung der adaptiven Linse zu variieren und anschließend zu den gespeicherten Einstellungen zurückzukehren.

[0026] Aufgrund des Bildsensors 16 handelt es sich bei der Ausführungsform gemäß Figur 1 um eine Kamera. Andere Lichtempfänger bilden weitere denkbare optoelektronische Sensoren, etwa Lichtschranken, Lichttaster oder Scanner. Viele derartige Sensoren weisen zusätzlich einen Lichtsender auf, wobei ein eigener Lichtsender auch für eine Kamera als aktive Beleuchtung eingesetzt werden kann. Es ergeben sich damit vielfältige Anwendungen beispielsweise für die Detektion, Inspektion und Vermessung von Objekten. Durch den Einsatz an sich bekannter Signal- oder Bildverarbeitungen zum Lesen von Codes entsteht ein Barcodescanner oder ein kamerabasierter Codeleser.

[0027] Durch seine Ortsauflösung ermöglicht der Bildsensor 16 einen einfachen Gerätetausch unter Erhalt der Justierung und vor allem des Sichtfeldes. Dazu speichert die Auswertungseinheit 18 des Originalgeräts, also der ursprünglich eingesetzten Vorrichtung 10, nach Abschluss der Montage oder im laufenden Betrieb mindestens ein konstant vorhandenes und verlässlich identifizierbares Bildmerkmal 20 aus dem Überwachungsbereich 20 sowie dessen Position innerhalb des Sichtfeldes der Vorrichtung 10. Als Bildmerkmal 20 eignet sich insbesondere ein Teil eines Beleuchtungsmusters oder ein Lichtfleck einer eigenen Lichtquelle, besonders dann, wenn kein ausreichender natürlicher Szenenkontrast oder kein wenigstens über eine gewisse Zeitspanne konstanter Szenenbereich zu erwarten ist. Beispielsweise kann in der Vorrichtung 10 eine Zielvorrichtung beziehungsweise ein Ziellaser vorgesehen sein, der zur Visualisierung eines Aufnahme- oder Lesebereichs eingesetzt wird.

[0028] Bei der späteren Inbetriebnahme eines Austauschgeräts werden die vom Originalgerät gespeicherten Daten zu dem Bildmerkmal 20 geladen. Das Aus-

tauschgerät detektiert Szenenmerkmale und identifiziert das Bildmerkmal 20 über einen Vergleich der Szenenmerkmale mit den geladenen Daten des Originalsensors. Durch Ansteuerung der adaptiven Linse wird eine Verkipfung des Sichtfeldes durchgeführt, bis sich das Bildmerkmal 20 auch für das Austauschgerät an der vorgesehenen Stelle und damit dessen Sichtfeld an derselben Position befindet wie bei dem Originalgerät. Somit erfolgt ein Gerätetausch unkompliziert und unter Erhalt der Funktion, ohne dass der Benutzer Ausrichtungsschritte vornehmen muss, und es ist auch kein Zuschneiden des Sichtfeldes erforderlich, wodurch das effektiv verfügbare Sichtfeld verringert würde.

[0029] Figur 2 zeigt eine weitere Ausführungsform der optoelektronischen Vorrichtung 10. Diese Ausführungsform unterscheidet sich von der in Figur 1 gezeigten Ausführungsform dadurch, dass hier anstelle eines Lichtempfängers oder Bildsensors 16 ein Lichtsender 22 und dementsprechend eine adaptive Linse als Teil einer Sendeoptik 24 statt der Empfangsoptik 14 vorgesehen ist. Die zu Figur 1 beschriebene Justage zum Ausgleich von Teile-, Fertigungs- und Montagetoleranzen ist hier genauso möglich. Ohne eigene Darstellung seien nochmals Mischformen erwähnt, in denen sowohl ein Lichtsender als auch ein Lichtempfänger vorgesehen sind, wobei mindestens im Sendepfad oder im Empfangspfad eine adaptive Linse vorgesehen ist.

[0030] Figur 3 zeigt ein weiteres Beispiel einer Ausrichtung durch Verkippen von adaptiven Linsen. Die optoelektronische Vorrichtung 10 weist hier eine Vielzahl von Kameramodulen 10a-d auf, deren Überwachungsbereiche oder Sichtfelder 12a-d sich zu einem größeren Gesamtsichtfeld ergänzen und die beispielsweise jeweils so aufgebaut sind wie die Vorrichtung 10 gemäß Figur 1. Allerdings muss nicht jedes Kameramodul 10a-d eine eigene Auswertungseinheit 18 besitzen, die stattdessen übergeordnet beziehungsweise nahezu beliebig verteilt implementiert werden kann. Die Kameramodule 10a-d sind untereinander oder mittels einer übergeordneten Steuerung verbunden und können so miteinander kommunizieren.

[0031] Für den Betrieb sollen die parallel angeordneten Kameramodule 10a-d zueinander ausgerichtet werden. Unberührt davon bleibt eine mögliche Justage der Kameramodule 10a-d in sich, wie sie zuvor beschrieben wurde.

[0032] Aufgrund von Fertigungs- und Befestigungstoleranzen sind die Sichtfelder 12a-d anfänglich nicht exakt zueinander ausgerichtet. Dies ist in der Mitte von Figur 3 dargestellt. Die herkömmliche Lösung würde vorsehen, das gemeinsame Sichtfeld durch Softwarezuschnitt auf einen durch die gestrichelten Linien illustrierten zentralen Bereich zu beschränken. Dadurch geht aber ein Teil des möglichen Sichtfeldes verloren.

[0033] Um die Sichtfelder 12a-d aufeinander anzupassen, werden Szenen- oder Bildmerkmale in Überlappungsbereichen der Sichtfelder 12a-d vorzugsweise im maximalen Fokusbereich identifiziert und verglichen. So

kann die Ausrichtung durch Verkippen der adaptiven Linsen der Kameramodule 12a-d korrigiert werden, und es ergibt sich die in Figur 3 unten gezeigte optimale Ausrichtung mit maximaler Größe des Gesamtsichtfeldes.

[0034] Die Figuren 4 und 5 zeigen die adaptive Linse der Empfangsoptik 14 beziehungsweise der Sendeoptik 22 in einer beispielhaften Ausführungsform als Flüssiglinse 26 nach dem Elektrobenetzungseffekt. Die Funktionsweise wird anhand dieser Flüssiglinse 26 erläutert, aber die Erfindung umfasst auch andere adaptive Linsen, beispielsweise solche mit einer Flüssigkeitskammer und einer diese bedeckenden Membran, deren Wölbung durch Druck auf die Flüssigkeit verändert wird, oder Linsen mit einem gelartigen optisch durchlässigen Material, das durch eine Aktorik mechanisch verformt wird.

[0035] Die aktiv durchstimmbare Flüssiglinse 26 weist zwei transparente, nicht mischbare Flüssigkeiten 28, 30 mit unterschiedlichen Brechungsindizes und gleicher Dichte auf. Die Form der Flüssigkeits-Flüssigkeitsgrenzschicht 32 zwischen den beiden Flüssigkeiten 28, 30 wird zur optischen Funktion verwendet. Die Aktuierung basiert auf dem Prinzip der Elektrobenetzung, welche eine Abhängigkeit der Oberflächen- oder Grenzflächenspannung vom angelegten elektrischen Feld zeigt. Deshalb ist es möglich, die Form der Grenzschicht 32 und damit die optischen Eigenschaften der Flüssiglinse 26 durch elektrische Ansteuerung an einem Anschluss 34 zu verändern, wodurch entsprechende Spannungen an einer Elektrode 36 anliegen.

[0036] Figur 4 zeigt zunächst die länger bekannte Veränderung der Fokuseigenschaften der Flüssiglinse 26. In Figur 4a wird einfallendes Licht an einer konkaven Grenzschicht 32 aufgestreut. Figur 4b zeigt eine neutrale Einstellung mit flacher Grenzschicht 32, während in Figur 4c die Grenzschicht konvex ist und damit das einfallende Licht bündelt. Es ist klar, dass durch entsprechende Zwischeneinstellungen das Brechungsverhalten feiner abgestuft und beispielsweise eine Brennweite eingestellt werden kann.

[0037] Die Flüssiglinse 26 kann aber auch in ihrer Verkipfung beeinflusst werden. Dies wird in Figur 5 illustriert und beruht auf nicht rotationssymmetrisch angelegten Spannungen und damit elektrischen Feldern. Dementsprechend wird die Grenzschicht 32 nicht rotationssymmetrisch verformt, was für die Verkipfung ausgenutzt wird. Figur 5a zeigt eine Verkipfung der Flüssiglinse 26 nach unten, Figur 5b eine rotationssymmetrische Einstellung ohne Verkipfung zum Vergleich, und Figur 5c eine Verkipfung der Flüssiglinse 26 nach oben. Dabei bezieht sich die Richtung der Verkipfung jeweils auf die optische Wirkung, also aus welcher Richtung Licht empfangen wird beziehungsweise in welche Richtung Sendelicht ausgesandt wird. Der Verkipfung kann jeweils eine Fokussierung überlagert sein.

[0038] Figur 6 zeigt eine Draufsicht auf die Flüssiglinse 26, um nochmals die nicht rotationssymmetrische Ansteuerung zu erläutern. Dazu wird nämlich die Elektrode 36 segmentiert. Zur Ansteuerung der hier beispielhaft

vier Segmente 36a-d kann mindestens ein in Figur 5 gezeigter zusätzlicher Anschluss 34b erforderlich werden. Durch Anlegen unterschiedlicher Spannungen an die Segmente 36a-d wird die Grenzschicht 32 in einer nicht rotationssymmetrischen Weise verformt, und deshalb kann neben der Brennweite auch eine Verkippung der Linsenform eingestellt werden.

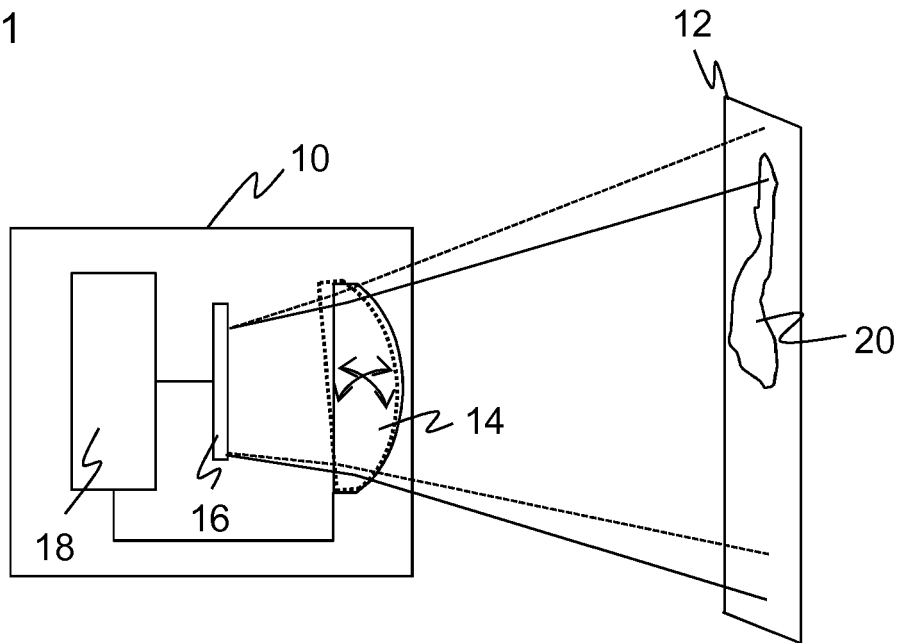
Patentansprüche

1. Optoelektronische Vorrichtung (10) mit einem Lichtsender (22) und/oder einem Lichtempfänger (16) und einer dem Lichtsender (22) und/oder dem Lichtempfänger (16) vorgeordneten Optik (24, 14), die eine adaptive Linse (26) mit variabler Verkippung aufweist, **gekennzeichnet durch** eine Justageeinheit (18), die dafür ausgebildet ist, die adaptive Linse (26) derart zu verkippen, dass Fertigungstoleranzen und/oder Montagetoleranzen ausgeglichen werden.
2. Vorrichtung (10) nach Anspruch 1, wobei die Justageeinheit (18) ein Speicherelement aufweist, um eine im Fertigungsprozess eingelernte Kippstellung der adaptiven Linse (26) als justierte Werkseinstellung zu speichern.
3. Vorrichtung (10) nach Anspruch 1 oder 2, die als Kamera mit einem Bildsensor (16) als Lichtempfänger ausgebildet ist.
4. Vorrichtung (10) nach Anspruch 3, wobei die Justageeinheit (18) dafür ausgebildet ist, in einer Aufnahme des Bildsensors (16) mindestens ein Bildmerkmal (20) zu identifizieren und samt Position zu speichern.
5. Vorrichtung (10) nach Anspruch 3 oder 4, wobei die Justageeinheit (18) dafür ausgebildet ist, mindestens ein Bildmerkmal (20) und eine Position des Bildmerkmals (20) einzulesen und die adaptive Linse (26) so zu verkippen, dass sich das Bildmerkmal (20) in einer Aufnahme des Bildsensors (16) an der Position befindet.
6. Optoelektronische Vorrichtung (10) mit mindestens zwei Bildsensoren (16), denen jeweils eine Optik mit einer adaptiven Linse (26) mit variabler Verkippung vorgeordnet ist, wobei die Sichtbereiche (12a-d) der Bildsensoren (16) einen Überlappungsbereich aufweisen, **gekennzeichnet durch** eine Justageeinheit (18), die dafür ausgebildet ist, mindestens ein Bildmerkmal (20) in dem Überlappungsbereich zu identifizieren und anhand des Bildmerkmals die Sichtfelder (12a-d) der Bildsensoren (16) **durch** Verkippen min-

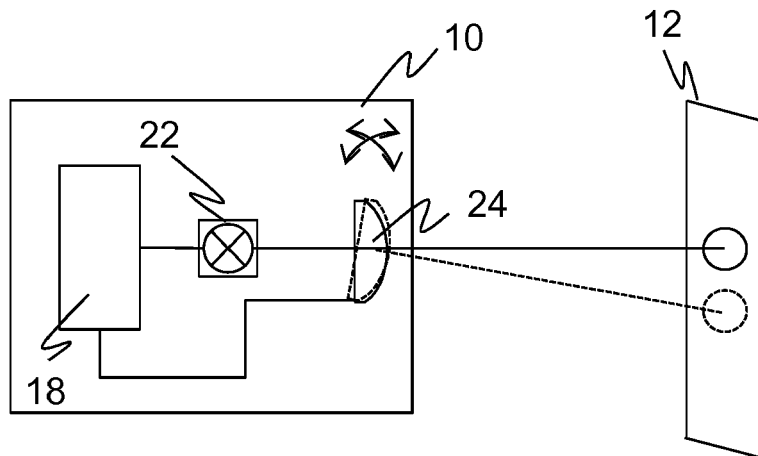
destens einer adaptiven Linse (26) zueinander auszurichten.

7. Vorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die adaptive Linse (26) eine Flüssiglinse oder eine Gellinse ist.
8. Vorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die adaptive Linse (26) in Umlaufrichtung segmentierte Ansteuerelemente (36a-d) aufweist.
9. Verfahren zum Justieren einer optoelektronischen Vorrichtung (10), die einen Lichtsender (22) und/oder einen Lichtempfänger (16) aufweist, wobei dem Lichtsender (22) und/oder dem Lichtempfänger (16) eine Optik (24, 14) vorgeordnet ist, die eine adaptive Linse (26) mit variabler Verkippung aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die adaptive Linse (26) derart verkippt wird, dass Fertigungstoleranzen und/oder Montagetoleranzen ausgeglichen werden.
10. Verfahren zum Austausch einer optoelektronischen Vorrichtung (10) mit einem Bildsensor (16) und einer dem Bildsensor (16) vorgeordneten Empfangsoptik (14) mit einer adaptiven Linse (26), **dadurch gekennzeichnet, dass** eine auszutauschende optoelektronische Vorrichtung (10) mindestens ein Bildmerkmal (20) und eine Position des Bildmerkmals (20) bezüglich ihres Bildsensors (16) speichert und eine für den Austausch vorgesehene optoelektronische Vorrichtung (10) das Bildmerkmal (20) und die Position des Bildmerkmals (20) einliest und ihre adaptive Linse (26) verkippt, so dass sich das Bildmerkmal (20) in einer Aufnahme ihres Bildsensors (16) an der Position befindet.
11. Verfahren zum gegenseitigen Ausrichten mindestens zweier optoelektronischer Vorrichtungen (10), die jeweils einen Bildsensor (16) und eine dem Bildsensor (16) vorgeordnete Optik (24, 14) mit einer adaptiven Linse (26) mit variabler Verkippung aufweisen, wobei die Sichtbereiche (12a-d) der Bildsensoren (16) einen Überlappungsbereich aufweisen, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein Bildmerkmal (20) in dem Überlappungsbereich identifiziert wird und die Sichtfelder (12a-d) der Bildsensoren (16) anhand des Bildmerkmals (20) durch Verkippen mindestens einer adaptiven Linse (26) zueinander ausgerichtet werden.

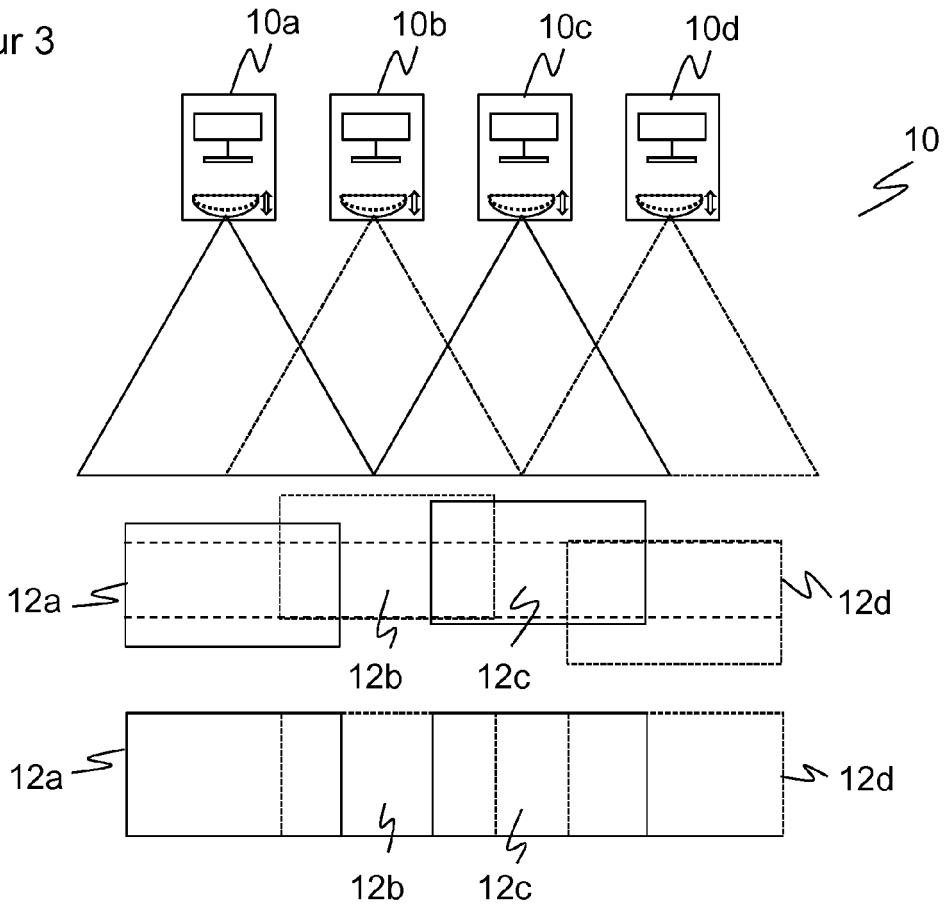
Figur 1



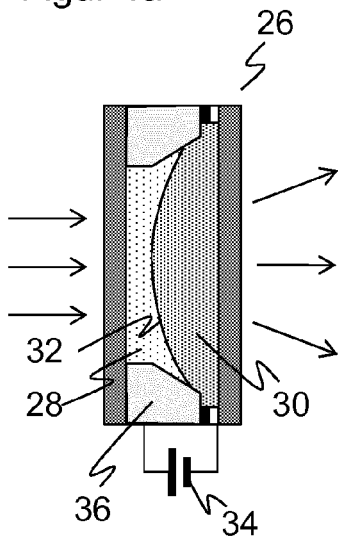
Figur 2



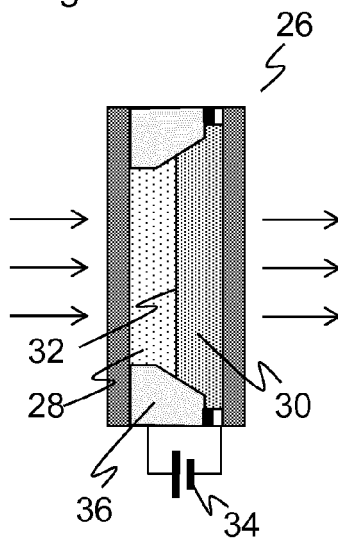
Figur 3



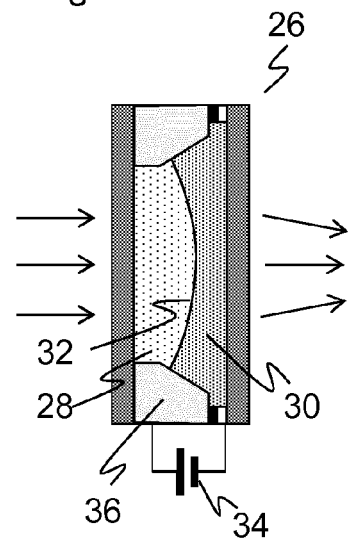
Figur 4a



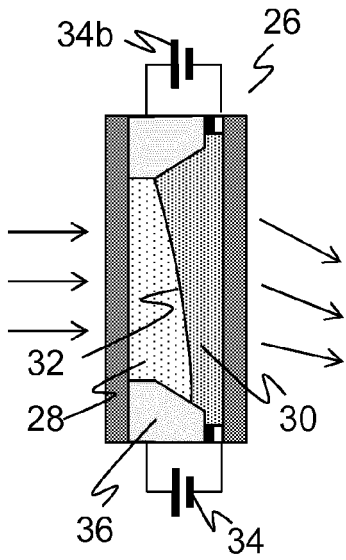
Figur 4b



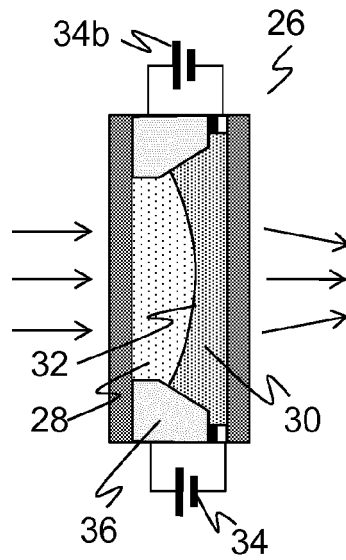
Figur 4c



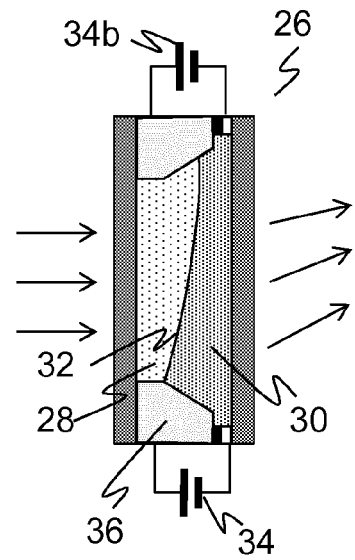
Figur 5a



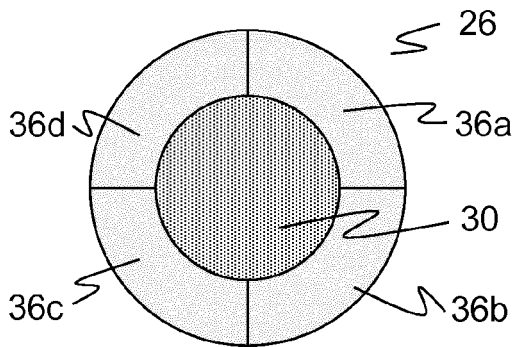
Figur 5b



Figur 5c



Figur 6



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102005015500 A1 [0005] [0007]
- DE 202006017268 U1 [0005]
- EP 2071367 A1 [0006]