

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges  
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales  
Veröffentlichungsdatum  
17. Juli 2014 (17.07.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2014/108448 A1**

- (51) **Internationale Patentklassifikation:**  
*G02B 23/02* (2006.01) *G02B 27/64* (2006.01)
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2014/050249
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**  
8. Januar 2014 (08.01.2014)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:**  
10 2013 200 315.3  
11. Januar 2013 (11.01.2013) DE  
61/751,410 11. Januar 2013 (11.01.2013) US
- (71) **Anmelder:** CARL ZEISS SPORTS OPTICS GMBH  
[DE/DE]; Gloelstrasse 3-5, 35576 Wetzlar (DE).
- (72) **Erfinder:** BACH, Christian; Lilienweg 2, 35418 Buseck  
(DE).
- (74) **Anwalt:** TONGBHOYAL, Martin; Patentanwälte  
Freischem, Salierring 47-53, 50677 Köln (DE).
- (81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

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

(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,  
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,  
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,  
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,  
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,  
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,  
SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA,  
GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz  
3)

(54) **Title:** OPTICAL SYSTEM FOR IMAGING AN OBJECT AND METHOD FOR OPERATING SAID OPTICAL SYSTEM

(54) **Bezeichnung :** OPTISCHES SYSTEM ZUR ABBILDUNG EINES OBJEKTS SOWIE VERFAHREN ZUM BETRIEB DES  
OPTISCHEN SYSTEMS

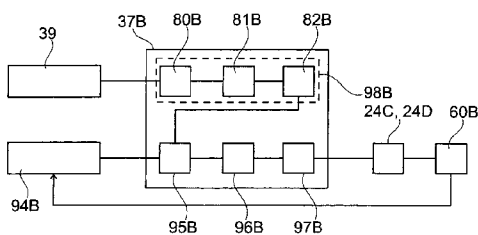
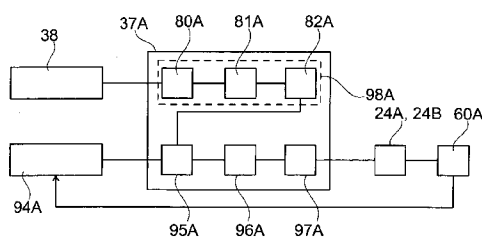


Fig. 5

einer ersten Antriebseinheit (24A) zum Bewegen einer ersten Bildstabilisierungseinheit zugeführt.

(57) **Abstract:** The invention relates to an optical system for imaging an object and to a method for operating the optical system. A first filter unit (96A) is part of a first control unit (98A). A first control signal produced by the first control unit (98A) is guided to a first subtraction unit (95A). A first position signal produced by a first position detector (95A) is guided to the first subtraction unit (95A). A first subtraction signal is then produced by subtracting the first control signal and the first position signal. The first subtraction signal is guided to the first filter unit (96A). The first filter unit (96A) produces a first filter signal. The first filter signal is then guided to a first control unit (97A) which produces a first position signal. The first position signal is then guided to a first drive unit (24A) for moving a first image stabilizing unit.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein optisches System zur Abbildung eines Objekts sowie ein Verfahren zum Betrieb des optischen Systems. Eine erste Filtereinheit (96A) ist Teil einer ersten Steuereinheit (98A). Ein erstes Steuersignal der ersten Steuereinheit (98A) wird einer ersten Subtraktionseinheit (95A) zugeführt. Ferner wird ein erstes Positionssignal eines ersten Positionsdetektors (94A) der ersten Subtraktionseinheit (95A) zugeführt. Ein erstes Subtraktionssignal wird nun aus der Subtraktion des ersten Steuersignals und des ersten Positionssignals erzeugt. Das erste Subtraktionssignal wird der ersten Filtereinheit (96A) zugeführt. Die erste Filtereinheit (96A) erzeugt ein erstes Filtersignal. Das erste Filtersignal wird nun einer ersten Regeleinheit (97A) zugeführt, welches ein erstes Positioniersignal erzeugt. Das erste Positioniersignal wird nun einer ersten Antriebseinheit (24A) zum Bewegen einer ersten Bildstabilisierungseinheit zugeführt.

WO 2014/108448 A1

---

**Optisches System zur Abbildung eines Objekts sowie Verfahren zum Betrieb  
des optischen Systems**

---

5

**Beschreibung**

10 Die Erfindung betrifft ein optisches System zur Abbildung eines Objekts sowie ein  
Verfahren zum Betrieb des optischen Systems. Das optische System ist zur  
Abbildung eines Objekts ausgebildet, wobei das optische System ein Objektiv,  
eine Bildstabilisierungseinheit und eine Bildebene aufweist. Bei einem Ausführ-  
15 rungsbeispiel ist beispielsweise das optische System zusätzlich mit einem Okular  
versehen.

Das oben bezeichnete optische System wird beispielsweise in einem Fernrohr  
oder einem Fernglas eingesetzt. Beispielsweise sind optische Systeme in Form  
von Ferngläsern bekannt, die zwei Gehäuse in Form von zwei Tuben aufweisen.  
20 In einem ersten Tubus ist eine erste Abbildungseinheit angeordnet, die eine erste  
optische Achse aufweist. In einem zweiten Tubus ist eine zweite Abbildungsein-  
heit angeordnet, die eine zweite optische Achse aufweist. Darüber hinaus sind aus  
dem Stand der Technik Ferngläser bekannt, die ein erstes Gehäuse in Form eines  
ersten Tubus mit einer ersten optischen Achse und ein zweites Gehäuse in Form  
25 eines zweiten Tubus mit einer zweiten optischen Achse aufweisen. Das erste  
Gehäuse ist mit dem zweiten Gehäuse über eine Knickbrücke verbunden, wobei  
die Knickbrücke ein an dem ersten Gehäuse angeordnetes erstes Scharnierteil  
aufweist und wobei die Knickbrücke ein an dem zweiten Gehäuse angeordnetes  
zweites Scharnierteil aufweist. Die Knickbrücke weist eine Knickachse auf.  
30 Werden die beiden Gehäuse relativ zueinander um die Knickachse geschwenkt,  
verändert sich der Abstand der beiden Gehäuse zueinander.

Das durch das Fernrohr oder das Fernglas von einem Beobachter erfasste Bild  
wird oft verwackelt wahrgenommen, da Zitterbewegungen oder Drehbewegungen  
35 der Hände des Benutzers, aber auch Bewegungen des Untergrundes wiederum  
Bewegungen des optischen Systems relativ zur Umgebung verursachen. Um

dieses zu umgehen, ist es bekannt, Bilder in einem optischen System zu stabilisieren. Bekannte Lösungen verwenden Stabilisierungseinrichtungen zur Stabilisierung des Bildes mittels einer mechanischen Einrichtung und/oder einer elektronischen Einrichtung.

5

Aus der DE 23 53 101 C3 ist ein optisches System in Form eines Fernrohrs bekannt, das ein Objektiv, eine Bildstabilisierungseinheit in Form eines Prismenumkehrsystems sowie ein Okular aufweist. Das Prismenumkehrsystem ist kardanischnisch in einem Gehäuse des Fernrohrs gelagert. Hierunter wird verstanden, dass das Prismenumkehrsystem derart in einem Gehäuse des Fernrohrs angeordnet ist, dass das Prismenumkehrsystem um zwei zueinander rechtwinklig angeordnete Achsen drehbar gelagert ist. Zur drehbaren Lagerung wird in der Regel eine Vorrichtung verwendet, die als Kardanik bezeichnet wird. Ein Gelenkpunkt des kardanischnisch im Gehäuse gelagerten Umkehrsystems ist mittig zwischen einer bildseitigen Hauptebene des Objektivs und einer objektseitigen Hauptebene des Okulars angeordnet. Das kardanischnisch gelagerte Prismenumkehrsystem wird aufgrund seiner Trägheit durch auftretende Drehbewegungen nicht bewegt. Es bleibt somit fest im Raum stehen. Auf diese Weise wird eine Bildverschlechterung, die aufgrund der Bewegung des Gehäuses entsteht, kompensiert.

20

Aus der DE 39 33 255 C2 ist ein binokulares Fernglas mit einer Bildstabilisierungseinheit bekannt, das ein Prismenumkehrsystem aufweist. Das Prismenumkehrsystem weist Porro-Prismen auf, die jeweils eine Kippachse aufweisen. Die Porro-Prismen sind um ihre jeweilige Kippachse schwenkbar ausgebildet. Zur Schwenkung der Porro-Prismen sind Motoren vorgesehen. Die Schwenkung erfolgt in Abhängigkeit einer Zitterbewegung, die ein Wackeln eines beobachteten Bildes verursacht.

Ferner ist aus der US 6,414,793 B1 ein weiteres binokulares Fernglas mit einer Bildstabilisierungseinheit bekannt. Aus der US 7,460,154 B2 ist eine Vorrichtung zur Kompensation von Vibrationen unter Verwendung einer Koordinatentransformation bekannt.

Wie oben genannt, bewegen bei einigen der bekannten optischen Systeme Antriebseinheiten (Aktuatoren) die Bildstabilisierungseinheit oder mindestens ein optisches Element der Bildstabilisierungseinheit. Diese Antriebseinheiten werden

35

über Stellsignale gesteuert, die von einer Steuereinheit oder von mehreren Steuereinheiten bereitgestellt werden. Die Antriebseinheiten sollen die Bildstabilisierungseinheit oder das optische Element der Bildstabilisierungseinheit zu einer bestimmten Sollposition bewegen, um beispielsweise die Zitterbewegungen, insbesondere Drehzitterbewegungen, auszugleichen. Aufgrund von mechanischen Gegebenheiten (beispielsweise der Trägheit der Antriebseinheiten, der Trägheit der Bildstabilisierungseinheit und/oder der Trägheit des optischen Elements der Bildstabilisierungseinheit) kommt es jedoch zu Ungenauigkeiten bei der Einstellung der Position der Bildstabilisierungseinheit oder des optischen Elements der Bildstabilisierungseinheit. Die einzustellende Sollposition weicht von der realen Position der Bildstabilisierungseinheit und/oder des optischen Elements der Bildstabilisierungseinheit ab. Dies ist für eine Bildstabilisierung ungünstig.

Aufgrund des vorgenannten Problems ist es aus dem Stand der Technik bekannt, die reale Position der Bildstabilisierungseinheit und/oder des optischen Elements der Bildstabilisierungseinheit mittels eines Detektors zu bestimmen und Abweichungen der realen Position von der Sollposition mittels einer Regeleinheit zu minimieren. Mittels der Regeleinheit wird die reale Position so nah wie möglich an die Sollposition gebracht.

Als Regeleinheit wird im Stand der Technik beispielsweise eine PID-Regeleinheit verwendet. Ein von der bekannten PID-Regeleinheit bereitgestelltes Stellsignal wird den Antriebseinheiten zugeführt. Das durch die PID-Regeleinheit bereitgestellte Stellsignal ist allerdings von der Abweichung der realen Position von der Sollposition abhängig. Je mehr die reale Position von der Sollposition abweicht, desto größer wird mittels des bereitgestellten Stellsignals die Geschwindigkeit der Antriebseinheiten gewählt. Eine solche Regelung führt aufgrund der hohen Geschwindigkeit der Antriebseinheiten zu einem relativ hohen Energieverbrauch, so dass eine Spannungsversorgungseinheit (beispielsweise eine wiederaufladbare Batterie des optischen Systems) schnell erschöpft ist.

Es hat sich auch gezeigt, dass es bei großen Abweichungen der realen Position von der Sollposition zu Schwingungserscheinungen bei der vorbeschriebenen PID-Regeleinheit kommen kann. Beispielsweise umfassen diese Schwingungserscheinungen ein Überschwingen. Diese Schwingungserscheinungen sind in der Regel hochfrequent (beispielsweise größer als 10 Hz). Da ein menschliches Auge

schnellen Bewegungen schlechter als langsamen Bewegungen folgen kann, werden diese Schwingungserscheinungen als besonders störend wahrgenommen.

Die Verwendung der aus dem Stand der Technik bekannten Regelung mittels der  
5 PID-Regereinheit weist einen weiteren Nachteil auf. So werden Signale eines  
Bewegungsdetektors, welcher eine Bewegung des optischen Systems detektiert,  
in der bekannten PID-Regereinheit mitgeregelt, wobei die Frequenz der Signale  
oberhalb der Wahrnehmungsgrenze oder sehr nahe an der Wahrnehmungsgrenze  
10 liegen. Die Signale umfassen Informationen über die Art der Bewegung, insbe-  
sondere deren Frequenz oder deren Frequenzspektrum. Die Wahrnehmungsgren-  
ze ist die Grenzfrequenz, bei der ein menschliches Auge eine Bewegung des  
optischen Systems noch als störende Bewegung wahrnehmen kann. Wenn eine  
Bewegung des optischen Systems durch eine Frequenz charakterisiert ist, die  
15 oberhalb dieser Grenzfrequenz (in der Regel bei ca. 20 Hz) liegt, nimmt das  
menschliche Auge zwar kein Zittern oder ein Flimmern mehr wahr, sondern eine  
Bildunschärfe aufgrund einer Bewegung, welche durch eine Verschmierung  
gegeben ist. Allerdings ist es nicht unbedingt notwendig, diese Bildunschärfe zu  
korrigieren. Dennoch werden bei der bekannten PID-Regereinheit Signale von  
20 Bewegungen mit einer Frequenz oberhalb der Grenzfrequenz mitgeregelt. Dies  
führt zu Bewegungen der Antriebseinheiten mit einer hohen Frequenz, mit hohen  
Beschleunigungen und mit hohen Geschwindigkeiten. Derartige Bewegungen der  
Antriebseinheiten werden jedoch von einem menschlichen Auge als störend  
wahrgenommen. Ferner führen derartige Bewegungen aufgrund der hohen  
Geschwindigkeit wiederum zu einem relativ hohen Energieverbrauch, so dass eine  
25 Spannungsversorgungseinheit (beispielsweise eine wiederaufladbare Batterie des  
optischen Systems) schnell erschöpft ist. Es ist daher nicht unbedingt gewünscht,  
Signale mit einer Frequenz oberhalb der Wahrnehmungsgrenze mittels der  
Regereinheit zu regeln.

30 Signale des Bewegungsdetektors mit einer Frequenz nahe der Wahrnehmungsgrenze werden nicht unbedingt von einem menschlichen Auge als störend wahrgenommen. Es ist aber nicht zwingend notwendig, diese mittels der PID-Regereinheit zu regeln, um den vorgenannten Nachteil auch für Frequenzen nahe der Grenzfrequenz zu vermeiden.

- 5 -

Die vorbeschriebene bekannte Regeleinheit weist aber auch bei Signalen des Bewegungsdetektors einen Nachteil auf, deren Frequenz recht niedrig ist, beispielsweise kleiner als 5 Hz oder kleiner als 2 Hz. Dieser Nachteil beruht auf der folgenden Überlegung. Die Amplitude von Zitterbewegungen (insbesondere Drehzitterbewegungen) ist von der Frequenz der Zitterbewegung abhängig. Signale des Bewegungsdetektors mit einer niedrigen Frequenz (beispielsweise kleiner als 5 Hz) weisen eine höhere Amplitude als Signale des Bewegungsdetektors mit einer weitaus höheren Frequenz auf. Aufgrund der höheren Amplitude kommt es dann bei Signalen mit dieser niedrigen Frequenz zu großen Abweichungen der Sollposition von der realen Position der Bildstabilisierungseinheit oder des optischen Elements der Bildstabilisierungseinheit. Diese großen Abweichungen sind im direkten Vergleich zu den höheren Amplituden der Signale des Bewegungsdetektors mit der niedrigen Frequenz aber recht klein. Jedoch kommt es aufgrund der großen Abweichungen bei der Regelung mittels der PID-Regeleinheit des Standes der Technik wiederum zu den hohen Geschwindigkeiten und den Schwingungserscheinungen, die bereits oben erläutert wurden. Dies ist nicht gewünscht.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein optisches System und ein Verfahren zum Betrieb des optischen Systems anzugeben, bei denen eine Antriebseinheit mittels einer Regeleinheit derart ansteuerbar ist, dass eine genaue Positionierung einer Bildstabilisierungseinheit oder eines optischen Elements der Bildstabilisierungseinheit energieeffizient möglich ist.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe mit einem optischen System mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Ein Verfahren zum Betrieb des optischen Systems ist durch die Merkmale des Anspruchs 16 gegeben. Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den weiteren Ansprüchen, aus der nachfolgenden Beschreibung und/oder aus den beigefügten Figuren.

Das erfindungsgemäße optische System ist zur Abbildung eines Objekts ausgebildet. Das optische System ist beispielsweise als ein binokulares Fernglas oder ein binokulares Fernrohr ausgebildet. Es wird aber explizit darauf hingewiesen, dass die Erfindung nicht auf ein derartiges optisches System eingeschränkt ist.

35

Das erfindungsgemäße optische System weist mindestens ein erstes Objektiv, mindestens eine erste Bildstabilisierungseinheit und mindestens eine erste Bildebene auf, wobei von dem ersten Objektiv in Richtung der ersten Bildebene gesehen zunächst das erste Objektiv, dann die erste Bildstabilisierungseinheit und  
5 dann die erste Bildebene entlang einer ersten optischen Achse angeordnet sind. Demnach sind die vorgenannten Einheiten in der folgenden Reihenfolge entlang der ersten optischen Achse angeordnet: erstes Objektiv – erste Bildstabilisierungseinheit – erste Bildebene.

10 Ferner weist das erfindungsgemäße optische System mindestens eine erste Antriebseinheit auf, die an der ersten Bildstabilisierungseinheit angeordnet und zur Bewegung der ersten Bildstabilisierungseinheit vorgesehen ist. Darüber hinaus weist das erfindungsgemäße optische System mindestens eine erste Steuereinheit zur Ansteuerung der ersten Antriebseinheit auf. Die Steuereinheit  
15 stellt dabei ein Steuersignal zur Verfügung. Das Steuersignal bestimmt die Bewegung der ersten Bildstabilisierungseinheit oder eines optischen Elements der Bildstabilisierungseinheit, beispielsweise die Richtung, die Amplitude und die Geschwindigkeit der Bewegung. Ferner weist das erfindungsgemäße optische System mindestens einen ersten Positionsdetektor zur Detektion der Position der  
20 ersten Bildstabilisierungseinheit oder eines optischen Elements der ersten Bildstabilisierungseinheit auf. Mittels des ersten Positionsdetektors wird die reale Position der ersten Bildstabilisierungseinheit oder eines optischen Elements der ersten Bildstabilisierungseinheit relativ zu einem Gehäuse der optischen Einheit bestimmt.

25

Bei dem erfindungsgemäßen optischen System ist es ferner vorgesehen, dass der erste Positionsdetektor eine erste Ausgangsleitung aufweist, die an einer ersten Subtraktionseinheit angeordnet ist. Die erste Steuereinheit weist ebenfalls eine Ausgangsleitung auf, nämlich eine zweite Ausgangsleitung, die ebenfalls an der  
30 ersten Subtraktionseinheit angeordnet ist. Somit sind sowohl der erste Positionsdetektor als auch die erste Steuereinheit mit der ersten Subtraktionseinheit über die vorgenannten Ausgangsleitungen verbunden. Darüber hinaus weist die erste Subtraktionseinheit eine dritte Ausgangsleitung auf, die an einer ersten Filtereinheit angeordnet ist. Die erste Filtereinheit wiederum ist an einer ersten Regeleinheit  
35 angeordnet, und die erste Regeleinheit ist an der ersten Antriebseinheit angeordnet.

Die Erfindung geht von der Überlegung aus, dass man zwar mittels Filtereinheiten (beispielsweise einem Tiefpassfilter, einem Hochpassfilter oder einem Bandpassfilter) bestimmte Frequenzbereiche bestimmen kann, die dann der weiteren  
5 Signalverarbeitung zur Ansteuerung der ersten Bildstabilisierungseinheit oder eines optischen Elements der ersten Bildstabilisierungseinheit weiter verwendet werden. Die überraschende Erkenntnis der Erfindung ist es, dass man die erste Filtereinheit nicht nur zur Auswahl eines Frequenzbereichs verwendet, sondern die erste Filtereinheit in den Regelkreis zur Einstellung einer Sollposition der  
10 ersten Bildstabilisierungseinheit oder eines optischen Elements der ersten Bildstabilisierungseinheit mit einbaut. Die erste Steuereinheit, die erste Filtereinheit, die erste Subtraktionseinheit und die erste Regeleinheit bilden zusammen eine erste Kontrolleinheit, mit der eine reale Position (nachfolgend auch Realposition genannt) der ersten Bildstabilisierungseinheit oder eines optischen Elements  
15 der ersten Bildstabilisierungseinheit an die Sollposition so nah wie möglich herangeführt wird. Bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist auch der erste Positionsdetektor Teil der ersten Kontrolleinheit. Im Idealfall führt die erste Kontrolleinheit die Realposition der ersten Bildstabilisierungseinheit oder eines optischen Elements der ersten Bildstabilisierungseinheit genau an die Sollposition.  
20 on.

Die erste Filtereinheit ist somit Teil der ersten Kontrolleinheit. Mit anderen Worten ausgedrückt, ist die erste Filtereinheit Teil eines ersten Regelkreises. Bei dem erfindungsgemäßen optischen System wird ein erstes Steuersignal der ersten  
25 Steuereinheit der ersten Subtraktionseinheit zugeführt. Ferner wird ein erstes Positionssignal des ersten Positionsdetektors der ersten Subtraktionseinheit zugeführt. Ein erstes Subtraktionssignal wird nun aus der Subtraktion des ersten Steuersignals und des ersten Positionssignals erzeugt. Das erste Subtraktionssignal wird der ersten Filtereinheit zugeführt. Die erste Filtereinheit erzeugt ein  
30 erstes Filtersignal. Das erste Filtersignal wird nun der ersten Regeleinheit zugeführt, welches ein erstes Positioniersignal erzeugt. Das erste Positioniersignal wird nun der ersten Antriebseinheit zum Bewegen der ersten Bildstabilisierungseinheit oder eines optischen Elements der ersten Bildstabilisierungseinheit zugeführt.

Das erfindungsgemäße optische System weist den Vorteil auf, dass beispielsweise hochfrequente Signale, die zu den oben beschriebenen Problemen führen, bei der Regelung in der ersten Kontrolleinheit nicht berücksichtigt werden. Auch kommt es nicht zu den oben geschilderten Problemen bei sehr niederfrequenten  
5 Signalen, da diese bei der Regelung in der ersten Kontrolleinheit ebenfalls nicht berücksichtigt werden.

Bei einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen optischen Systems ist es zusätzlich oder alternativ vorgesehen, dass die erste Filtereinheit als erster  
10 Tiefpassfilter, als erster Hochpassfilter oder als erster Bandpassfilter ausgebildet ist. Beispielsweise ist es vorgesehen, dass die erste Filtereinheit (beispielsweise der erste Hochpassfilter) zur Herausfilterung von Signalen aus einem gemessenen Bewegungsspektrum mit Frequenzen unter 2 Hz ausgebildet ist. Demnach passieren nur Signale mit einer Frequenz über 2 Hz den ersten Hochpassfilter. Alternativ  
15 ist es vorgesehen, dass die erste Filtereinheit (beispielsweise der erste Tiefpassfilter) zur Herausfilterung von Signalen aus einem gemessenen Bewegungsspektrum mit Frequenzen über 20 Hz ausgebildet ist. Demnach passieren nur Signale mit einer Frequenz unter 20 Hz den ersten Tiefpassfilter. Wiederum alternativ hierzu ist es vorgesehen, dass die erste Filtereinheit (beispielsweise der  
20 erste Bandpassfilter) zur Herausfilterung von Signalen aus einem gemessenen Bewegungsspektrum mit Frequenzen über 20 Hz und unter 2 Hz ausgebildet ist. Demnach passieren nur Signale in der Bandbreite zwischen 2 Hz und 20 Hz den ersten Bandpassfilter. Das so erhaltene gefilterte Spektrum wird dann gemäß der Erfindung weiterverarbeitet, um die erste Bildstabilisierungseinheit anzusteuern.

25

Bei einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen optischen Systems ist es zusätzlich oder alternativ vorgesehen, dass der erste Positionsdetektor als Hall-Sensor ausgebildet ist. Es wird aber explizit darauf hingewiesen, dass die Erfindung nicht auf die Verwendung eines Hall-Sensors eingeschränkt ist. Viel-  
30 mehr kann als erster Positionsdetektor jeder geeignete Detektor verwendet werden.

Bei einer wiederum weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen optischen Systems ist es zusätzlich oder alternativ vorgesehen, dass die erste Regeleinheit  
35 als PID-Regeleinheit ausgebildet ist. Es wird aber explizit darauf hingewiesen,

dass die Erfindung nicht auf die Verwendung einer PID-Regereinheit eingeschränkt ist. Vielmehr kann als erste Regeleinheit jede geeignete Regeleinheit verwendet werden.

- 5 Bei einer Ausführungsform der Erfindung ist bei dem erfindungsgemäßen optischen System zusätzlich oder alternativ vorgesehen, dass die erste Steuereinheit mindestens einen ersten Steuer-Tiefpassfilter aufweist. Bei einem wiederum weiteren Ausführungsbeispiel ist es vorgesehen, dass die erste Steuereinheit zusätzlich mindestens eine erste Integrationseinheit aufweist, welche dem ersten
- 10 Steuer-Tiefpassfilter nachgeschaltet ist. Mit anderen Worten ausgedrückt, sind der erste Steuer-Tiefpassfilter und die erste Integrationseinheit derart angeordnet, dass ein Signal zunächst den ersten Steuer-Tiefpassfilter und erst anschließend die erste Integrationseinheit durchläuft. Die vorbeschriebene Ausführungsform des erfindungsgemäßen optischen Systems beruht auf den nachfolgenden Überlegun-
- 15 gen. Der erste Steuer-Tiefpassfilter stellt bzw. mehrere erste Steuer-Tiefpassfilter stellen sicher, dass niedrige Frequenzen ungehindert den ersten Steuer-Tiefpassfilter bzw. die ersten Steuer-Tiefpassfilter passieren und der weiteren Signalverarbeitung zur Bildstabilisierung zugeführt werden können. Die hohen Frequenzen (beispielsweise größer als 20 Hz), werden durch den ersten Steuer-
- 20 Tiefpassfilter bzw. die ersten Steuer-Tiefpassfilter herausgefiltert. Für Frequenzen größer als 20 Hz macht eine Bildstabilisierung wenig Sinn, da der Effekt der Bildstabilisierung kaum noch zu erkennen ist. Demnach bilden im Grunde nur die niedrigen Frequenzen die Grundlage für die Bildstabilisierung und dienen der Steuerung einer Bewegung der ersten Bildstabilisierungseinheit oder eines
- 25 optischen Elements der ersten Bildstabilisierungseinheit.

- Ferner geht man bei der Erfindung von der Überlegung aus, dass eine gewollte Verschwenkung des erfindungsgemäßen optischen Systems insbesondere durch zwei Eigenschaften gekennzeichnet ist. Dies ist zum einen die niedrige Frequenz
- 30 der gewollten Verschwenkung, aber zum anderen auch eine große Amplitude der gewollten Verschwenkung. Ungewollte Verschwenkungen, insbesondere Drehzitterbewegungen, weisen nämlich in der Regel eine viel kleinere Amplitude als gewollte Verschwenkungen des optischen Systems auf. Es wurde erkannt, dass man die Amplitude der gewollten Verschwenkung zusätzlich oder alternativ zur
- 35 Bestimmung (Erkennung) der Art der Bewegung des optischen Systems mit

heranziehen kann. Bei dieser Ausführungsform des erfindungsgemäßen optischen Systems ist es zusätzlich oder alternativ vorgesehen, dass die erste Steuereinheit die erste Integrationseinheit aufweist, welche dem ersten Steuer-Tiefpassfilter nachgeschaltet ist. Insbesondere ist es bei einem Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen optischen Systems vorgesehen, dass die erste Integrations-

5 erfindungsgemäßen optischen Systems vorgesehen, dass die erste Integrations-

einheit mindestens eine Eingangsleitung mit mindestens einem Eingangssignal und mindestens eine Ausgangsleitung mit mindestens einem Ausgangssignal aufweist, wobei das Ausgangssignal durch die folgende Gleichung bestimmt ist:

10 
$$\Sigma(t_2) = \gamma(\Sigma(t_1)) \cdot \Sigma(t_1) + \alpha(t_1) \quad [\text{Gleichung 1}]$$

wobei

- $\alpha(t_1)$  das Eingangssignal zu einem ersten Zeitpunkt  $t_1$  ist,
- $\Sigma(t_1)$  das Ausgangssignal zu dem ersten Zeitpunkt  $t_1$  ist,
- 15  $\gamma(\Sigma(t_1))$  eine Funktion zur Steuerung einer zeitlichen Führung des Ausgangssignals auf den Wert Null ist, die abhängig vom Ausgangssignal zum ersten Zeitpunkt  $t_1$  ist, sowie
- $\Sigma(t_2)$  das Ausgangssignal zu einem zweiten Zeitpunkt  $t_2$  ist.

20 Für dieses Ausführungsbeispiel wurde überraschend erkannt, dass die Funktion  $\gamma$  in nichtlinearer Art in Abhängigkeit der Amplitude der Verschwenkung des optischen Systems variiert werden kann. Die Integration mittels der ersten Integrations-

einheit erfolgt dann nichtlinear derart, dass das Ausgangssignal der ersten Integrationseinheit zu einer geringer werdenden Stabilisierung durch die erste

25 Bildstabilisierungseinheit führt, je niedriger die Geschwindigkeit der Verschwenkung des optischen Systems und je größer die Auslenkung (Amplitude) der Verschwenkung ist. Mit anderen Worten ausgedrückt wird auf diese Weise die Kompensation der Zitterbewegung (also die Bildstabilisierung bedingt durch die Drehzitterbewegung) „intrinsisch adaptiert“, also innerhalb der Erkennungseinheit

30 in Abhängigkeit der Amplitude der Verschwenkung des optischen Systems angepasst. Die Bildstabilisierung erfolgt in Abhängigkeit der (gewollten) Verschwenkung des optischen Systems, wobei während der Verschwenkung des optischen Systems (also während der Bewegung des optischen Systems) bei der

Bildstabilisierung im Wesentlichen oder ausschließlich nur hohe Frequenzen (beispielsweise größer 10 Hz) der Bewegungen herausgefiltert werden. Niedrige Frequenzen der Bewegungen werden nicht herausgefiltert.

- 5 Bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist es bei dem erfindungsgemäßen optischen System zusätzlich oder alternativ vorgesehen, dass das optische System mindestens eine zweite Antriebseinheit aufweist, die an der ersten Bildstabilisierungseinheit angeordnet und zur Bewegung der ersten Bildstabilisierungseinheit vorgesehen ist. Die zweite Antriebseinheit kann derart mit den  
10 weiteren Einheiten des erfindungsgemäßen optischen Systems verbunden sein und zusammenwirken, wie die erste Antriebseinheit mit den weiteren Einheiten des erfindungsgemäßen optischen Systems.

- Bei einer wiederum weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen optischen  
15 Systems ist es zusätzlich oder alternativ vorgesehen, dass das optische System die folgenden Merkmale aufweist:

- mindestens ein zweites Objektiv,
- mindestens eine zweite Bildstabilisierungseinheit, und
- 20 - mindestens eine zweite Bildebene.

- Es ist vorgesehen, dass von dem zweiten Objektiv in Richtung der zweiten Bildebene gesehen zunächst das zweite Objektiv, dann die zweite Bildstabilisierungseinheit und dann die zweite Bildebene entlang einer zweiten optischen  
25 Achse angeordnet sind. Somit sind die vorgenannten Einheiten in der folgenden Reihenfolge entlang der zweiten optischen Achse angeordnet: zweites Objektiv - zweite Bildstabilisierungseinheit – zweite Bildebene. Die vorgenannte Ausführungsform des optischen Systems ist beispielsweise als binokulares optisches System ausgebildet, insbesondere als binokulares Fernglas oder binokulares  
30 Fernrohr. Sie weist demnach zwei Abbildungseinheiten auf, nämlich eine erste Abbildungseinheit (mit dem ersten Objektiv, der ersten Bildstabilisierungseinheit und der ersten Bildebene) und eine zweite Abbildungseinheit (mit dem zweiten Objektiv, der zweiten Bildstabilisierungseinheit und der zweiten Bildebene).

Ferner ist bei dem erfindungsgemäßen optischen System eine dritte Antriebseinheit vorgesehen, die an der zweiten Bildstabilisierungseinheit angeordnet und zur Bewegung der zweiten Bildstabilisierungseinheit vorgesehen ist. Beispielsweise ist die dritte Antriebseinheit mit der ersten Steuereinheit derart verbunden und wirkt mit der ersten Steuereinheit derart zusammen, wie die erste Antriebseinheit. Darüber hinaus kann die Ausführungsform des erfindungsgemäßen optischen Systems mindestens eine zweite Steuereinheit zur Ansteuerung der dritten Antriebseinheit sowie mindestens einen zweiten Positionsdetektor zur Detektion einer Position der zweiten Bildstabilisierungseinheit oder eines optischen Elements der zweiten Bildstabilisierungseinheit relativ zu einem Gehäuse des optischen Systems aufweisen.

Bei einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen optischen Systems ist es zusätzlich oder alternativ vorgesehen, dass der zweite Positionsdetektor eine vierte Ausgangsleitung aufweist, die an einer zweiten Subtraktionseinheit angeordnet ist. Die zweite Steuereinheit weist eine fünfte Ausgangsleitung auf, die an der zweiten Subtraktionseinheit angeordnet ist. Somit sind sowohl der zweite Positionsdetektor als auch die zweite Steuereinheit mit der zweiten Subtraktionseinheit über die vorgenannten Ausgangsleitungen verbunden. Die zweite Subtraktionseinheit weist eine sechste Ausgangsleitung auf, die an einer zweiten Filtereinheit angeordnet ist. Ferner ist die zweite Filtereinheit an einer zweiten Regeleinheit angeordnet. Die zweite Regeleinheit wiederum ist an der dritten Antriebseinheit angeordnet. Auch hier hat man überraschenderweise erkannt, dass man die zweite Filtereinheit nicht nur zur Auswahl eines Frequenzbereichs verwendet, sondern die zweite Filtereinheit in den Regelkreis zur Einstellung einer Sollposition der zweiten Bildstabilisierungseinheit oder eines optischen Elements der zweiten Bildstabilisierungseinheit mit einbaut. Die zweite Steuereinheit, die zweite Filtereinheit, die zweite Subtraktionseinheit und die zweite Regeleinheit bilden zusammen eine zweite Kontrolleinheit, mit der eine Realposition der zweiten Bildstabilisierungseinheit oder eines optischen Elements der zweiten Bildstabilisierungseinheit an die Sollposition so nah wie möglich herangeführt wird. Bei einer weiteren Ausführungsform kann der zweite Positionsdetektor auch Teil der zweiten Kontrolleinheit sein. Im Idealfall führt die zweite Kontrolleinheit die Realposition der zweiten Bildstabilisierungseinheit oder eines optischen Elements der zweiten Bildstabilisierungseinheit genau an die Sollposition.

Die zweite Filtereinheit ist somit Teil der zweiten Kontrolleinheit. Mit anderen Worten ausgedrückt, ist die zweite Filtereinheit Teil eines zweiten Regelkreises. Bei dem erfindungsgemäßen optischen System wird ein zweites Steuersignal der zweiten Steuereinheit der zweiten Subtraktionseinheit zugeführt. Ferner wird ein  
5 zweites Positionssignal des zweiten Positionsdetektors der zweiten Subtraktionseinheit zugeführt. Ein zweites Subtraktionssignal wird nun aus der Subtraktion des zweiten Steuersignals und des zweiten Positionssignals erzeugt. Das zweite Subtraktionssignal wird der zweiten Filtereinheit zugeführt. Die zweite Filtereinheit  
10 erzeugt ein zweites Filtersignal. Das zweite Filtersignal wird nun der zweiten Regeleinheit zugeführt, welches ein zweites Positioniersignal erzeugt. Das zweite Positioniersignal wird nun der dritten Antriebseinheit zum Bewegen der zweiten Bildstabilisierungseinheit oder eines optischen Elements der zweiten Bildstabilisierungseinheit zugeführt. Hinsichtlich der Vorteile wird auf die oben gemachten  
15 Ausführungen verwiesen.

Bei einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen optischen Systems ist es zusätzlich oder alternativ vorgesehen, dass die zweite Filtereinheit als zweiter Tiefpassfilter, als zweiter Hochpassfilter oder als zweiter Bandpassfilter  
20 ausgebildet ist. Beispielsweise ist es vorgesehen, dass die zweite Filtereinheit (beispielsweise der zweite Hochpassfilter) zur Herausfilterung von Signalen von Bewegungen mit Frequenzen unter 2 Hz ausgebildet ist. Demnach passieren nur Signale mit einer Frequenz über 2 Hz den zweiten Hochpassfilter. Alternativ hierzu ist es vorgesehen, dass die zweite Filtereinheit (beispielsweise der zweite  
25 Tiefpassfilter) zur Herausfilterung von Signalen von Bewegungen mit Frequenzen über 20 Hz ausgebildet ist. Demnach passieren nur Signale mit einer Frequenz unter 20 Hz den zweiten Tiefpassfilter. Wiederum alternativ hierzu ist es vorgesehen, dass die zweite Filtereinheit (beispielsweise der zweite Bandpassfilter) zur Herausfilterung von Signalen von Bewegungen mit Frequenzen über 20 Hz und  
30 unter 2 Hz ausgebildet ist. Demnach passieren nur Signale in der Bandbreite zwischen 2 Hz und 20 Hz den zweiten Bandpassfilter.

Bei einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen optischen Systems ist es zusätzlich oder alternativ vorgesehen, dass der zweite Positionsdetektor als

Hall-Sensor ausgebildet ist. Es wird aber explizit darauf hingewiesen, dass die Erfindung nicht auf die Verwendung eines Hall-Sensors eingeschränkt ist. Vielmehr kann als zweiter Positionsdetektor jeder geeignete Detektor verwendet werden.

5

Bei einer wiederum weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen optischen Systems ist es zusätzlich oder alternativ vorgesehen, dass die zweite Regeleinheit als PID-Regeleinheit ausgebildet ist. Es wird aber explizit darauf hingewiesen, dass die Erfindung nicht auf die Verwendung einer PID-Regeleinheit eingeschränkt ist. Vielmehr kann als zweite Regeleinheit jede geeignete Regeleinheit verwendet werden.

10

Bei einer Ausführungsform der Erfindung ist bei dem erfindungsgemäßen optischen System zusätzlich oder alternativ vorgesehen, dass die zweite Steuereinheit mindestens einen zweiten Steuer-Tiefpassfilter aufweist. Bei einem wiederum weiteren Ausführungsbeispiel ist es vorgesehen, dass die zweite Steuereinheit zusätzlich mindestens eine zweite Integrationseinheit aufweist, welche dem zweiten Steuer-Tiefpassfilter nachgeschaltet ist. Mit anderen Worten ausgedrückt, sind der zweite Steuer-Tiefpassfilter und die zweite Integrationseinheit derart angeordnet, dass ein Signal zunächst den zweiten Steuer-Tiefpassfilter und erst anschließend die zweite Integrationseinheit durchläuft. Die vorbeschriebene Ausführungsform des erfindungsgemäßen optischen Systems beruht auf denselben Überlegungen, die bereits weiter oben erläutert wurden. Es wird daher auf diese Erläuterungen verwiesen.

15

20

25

Bei einem noch weiteren Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen optischen Systems ist es zusätzlich oder alternativ vorgesehen, dass das optische System mindestens eine vierte Antriebseinheit aufweist, die an der zweiten Bildstabilisierungseinheit angeordnet und zur Bewegung der zweiten Bildstabilisierungseinheit vorgesehen ist. Die vierte Antriebseinheit kann derart mit der zweiten Steuereinheit verbunden sein und zusammenwirken, wie die dritte Antriebseinheit mit der zweiten Steuereinheit.

30

Bei einem wiederum weiteren Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen optischen Systems ist es zusätzlich oder alternativ vorgesehen, dass das erste Objektiv, die erste Bildstabilisierungseinheit sowie die erste Bildebene in einem ersten Gehäuse angeordnet sind und dass das zweite Objektiv, die zweite  
5 Bildstabilisierungseinheit sowie die zweite Bildebene in einem zweiten Gehäuse angeordnet sind. Beispielsweise ist es zusätzlich vorgesehen, dass das erste Gehäuse mit dem zweiten Gehäuse über mindestens eine Knickbrücke verbunden ist, dass die Knickbrücke ein an dem ersten Gehäuse angeordnetes erstes  
10 Scharnierteil aufweist und dass die Knickbrücke ein an dem zweiten Gehäuse angeordnetes zweites Scharnierteil aufweist. Die Knickbrücke weist eine Knickachse auf. Werden die beiden Gehäuse relativ zueinander um die Knickachse geschwenkt, verändert sich der Abstand der beiden Gehäuse zueinander.

Bei einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen optischen Systems  
15 ist an der ersten Steuereinheit mindestens ein erster Bewegungsdetektor zur Detektion einer Bewegung des optischen Systems relativ zur Umgebung angeordnet. Zusätzlich oder alternativ hierzu ist es vorgesehen, dass an der zweiten Steuereinheit mindestens ein zweiter Bewegungsdetektor zur Detektion einer  
20 Bewegung des optischen Systems relativ zur Umgebung angeordnet ist. Der erste Bewegungsdetektor und/oder der zweite Bewegungsdetektor kann/können beispielsweise als Winkelgeschwindigkeitsdetektor ausgebildet sein. Es wird aber explizit darauf hingewiesen, dass die Erfindung nicht auf einen Winkelgeschwindigkeitsdetektor eingeschränkt ist. Vielmehr kann bei der Erfindung jeder geeignete Bewegungsdetektor verwendet werden.

25 Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zum Betrieb eines optischen Systems, das mindestens eines der vorstehenden oder nachstehenden Merkmale oder eine Kombination aus mindestens zwei der vorstehenden oder nachstehenden Merkmale aufweist. Das Verfahren wurde bereits weiter oben erläutert, so dass auf diese  
30 Erläuterungen nun hingewiesen wird.

Die Erfindung wird nun anhand eines Ausführungsbeispiels mittels Figuren näher beschrieben. Dabei zeigen

- Fig. 1A eine erste schematische Darstellung eines optischen Systems in Form eines Fernglases mit einer Knickbrücke;
- 5 Fig. 1B eine zweite schematische Darstellung des Fernglases nach Figur 1A;
- Fig. 2A eine schematische Darstellung eines ersten optischen Teilsystems;
- 10 Fig. 2B eine dritte schematische Darstellung des Fernglases nach Figur 1A;
- Fig. 2C eine erste Schnittdarstellung des Fernglases entlang der Linie A-A gemäß Figur 2B;
- 15 Fig. 2D eine zweite Schnittdarstellung des Fernglases entlang der Linie A-A gemäß Figur 2B;
- Fig. 2E eine vergrößerte Schnittdarstellung der Bildstabilisierungseinheit des Fernglases gemäß den Figuren 2C und 2D;
- 20 Fig. 3A bis 3C schematische Darstellungen eines Piezo-Biegeaktors;
- Fig. 4 eine schematische Darstellung eines Blockschaltbilds von Steuer- und Messeinheiten; sowie
- 25 Fig. 5 eine weitere schematische Darstellung des Blockschaltbilds von Steuer- und Messeinheiten gemäß der Figur 4.

30

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines optischen Systems in Form eines binokularen Fernglases 1 besprochen (nachfolgend nur Fernglas genannt). Es wird aber explizit darauf hingewiesen, dass die Erfindung nicht auf ein binokulares Fernglas eingeschränkt ist. Vielmehr ist die Erfindung für jedes optische System

35 geeignet, beispielsweise auch bei einem Fernrohr.

**Figur 1A** zeigt eine erste schematische Darstellung des Fernglases 1, welches ein tubusförmiges erstes Gehäuseteil 2 und ein tubusförmiges zweites Gehäuseteil 3 aufweist. Durch das erste Gehäuseteil 2 verläuft eine erste optische Achse 10. Hingegen verläuft durch das zweite Gehäuseteil 3 eine zweite optische Achse 11.

5 Das erste Gehäuseteil 2 ist mit dem zweiten Gehäuseteil 3 über eine Knickbrücke 4 verbunden. Die Knickbrücke 4 weist ein erstes Scharnierteil 5 auf, welches an dem ersten Gehäuseteil 2 angeformt ist. Ferner weist die Knickbrücke 4 ein zweites Scharnierteil 6 auf, welches an dem zweiten Gehäuseteil 3 angeordnet ist. Das erste Scharnierteil 5 weist ein erstes Aufnahmeteil 7 und ein zweites Aufnahmeteil 8 auf, zwischen denen ein drittes Aufnahmeteil 9 des zweiten Scharnierteils 6 angeordnet ist. Durch das erste Aufnahmeteil 7, das zweite Aufnahmeteil 8 sowie das dritte Aufnahmeteil 9 verläuft ein Achsbolzen (nicht dargestellt), sodass die relative Position des ersten Gehäuseteils 2 und des zweiten Gehäuseteils 3 um eine Gelenkachse 74 zueinander eingestellt werden kann. Auf diese Weise ist es möglich, das erste Gehäuseteil 2 und das zweite Gehäuseteil 3 auf die Pupillendistanz eines Benutzers einzustellen, sodass zum einen das erste Gehäuseteil 2 an dem einen der beiden Augen des Benutzers angeordnet ist und so dass zum anderen das zweite Gehäuseteil 3 an dem anderen der beiden Augen des Benutzers angeordnet ist.

20

**Figur 1B** zeigt eine weitere Darstellung des Fernglases 1. Das erste Gehäuseteil 2 weist ein erstes optisches Teilsystem 12 auf. Das erste optische Teilsystem 12 ist mit einem ersten Objektiv 14A, mit einer als erstes Prismensystem ausgebildeten ersten Bildstabilisierungseinheit 16A und einem ersten Okular 17A versehen.

25 An dem ersten Okular 17A kann ein erstes Auge 15A eines Benutzers zur Beobachtung eines Objekts O angeordnet werden. Die erste optische Achse 10 des ersten optischen Teilsystems 12 wird aufgrund des ersten Prismensystems 16A (erste Bildstabilisierungseinheit 16A) lateral etwas versetzt, so dass es zu einer stufigen Ausbildung der ersten optischen Achse 10 kommt.

30

Das erste Objektiv 14A besteht bei diesem Ausführungsbeispiel aus einer ersten Fronteinheit 51A und einer ersten Fokussiereinheit 52A. Weitere Ausführungsformen des ersten Objektivs 14A sehen eine unterschiedliche Anzahl an einzelnen Linsen oder aus Linsen bestehenden Kittgliedern vor. Zum Zwecke einer Fokussierung des durch Fernglas 1 betrachteten Objekts O kann entweder das erste

35 Okular 17A oder die erste Fokussiereinheit 52A axial entlang der ersten optischen

- 18 -

Achse 10 verschoben werden. Bei einer weiteren Ausführungsform wird die erste Fronteinheit 51A oder sogar das vollständige erste Objektiv 14A entlang der ersten optischen Achse 10 verschoben. Bei einer weiteren Ausführungsform werden die erste Fronteinheit 51A und die erste Fokussiereinheit 52A relativ  
5 zueinander verschoben.

Das zweite Gehäuseteil 3 weist ein zweites optisches Teilsystem 13 auf. Das zweite optische Teilsystem 13 ist mit einem zweiten Objektiv 14B, mit einer als Prismensystem ausgebildeten zweiten Bildstabilisierungseinheit 16B und mit  
10 einem zweiten Okular 17B versehen. An dem zweiten Okular 17B kann ein zweites Auge 15B des Benutzers zur Beobachtung des Objekts O angeordnet werden. Die zweite optische Achse 11 des zweiten optischen Teilsystems 13 wird aufgrund der zweiten Bildstabilisierungseinheit 16B (Prismensystem) lateral etwas versetzt, so dass es zu einer stufigen Ausbildung der zweiten optischen Achse 11 kommt.

15 Das zweite Objektiv 14B besteht bei diesem Ausführungsbeispiel aus einer zweiten Fronteinheit 51B und einer zweiten Fokussiereinheit 52B. Weitere Ausführungsformen des zweiten Objektivs 14B sehen eine unterschiedliche Anzahl an einzelnen Linsen oder aus Linsen bestehenden Kittgliedern vor. Zum Zwecke einer Fokussierung des durch Fernglas 1 betrachteten Objekts O kann entweder  
20 das zweite Okular 17B oder die zweite Fokussiereinheit 52B axial entlang der zweiten optischen Achse 11 verschoben werden. Bei einer weiteren Ausführungsform wird die zweite Fronteinheit 51B oder sogar das vollständige zweite Objektiv 14B entlang der zweiten optischen Achse 11 verschoben. Bei einer weiteren  
25 Ausführungsform werden die zweite Fronteinheit 51B und die zweite Fokussiereinheit 52B relativ zueinander verschoben.

Bei beiden oben dargestellten optischen Teilsystemen 12,13 ist die Strahlrichtung des in die optischen Teilsysteme 12, 13 einfallenden Lichtstrahlen wie folgt:  
30 Objekt O – Objektiv 14A, 14B– Bildstabilisierungseinheit (Prismensystem) 16A, 16B – Okular 17A, 17B – Auge 15A, 15B.

Zum Fokussieren ist bei dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel an der Knickbrücke 4 ein Drehknopf 53 angeordnet, mit dem die erste Fokussiereinheit  
35 52A und die zweite Fokussiereinheit 52B gemeinsam entlang der beiden optischen Achsen 10 und 11 verschoben werden können. Bei einer weiteren Ausführungs-

form ist es vorgesehen, das erste Objektiv 14A und das zweite Objektiv 14B (oder zumindest Einheiten des ersten Objektivs 14A und des zweiten Objektivs 14B) relativ zueinander zu verstellen.

5 Sowohl das erste Objektiv 14A als auch das zweite Objektiv 14B erzeugen bei dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel ein reales, relativ zum betrachteten Objekt O auf dem Kopf stehendes Bild in einer dem jeweiligen Objektiv 14A, 14B zugeordneten Bildebene. Das dem ersten Objektiv 14A zugeordnete erste Prismensystem 16A (erste Bildstabilisierungseinheit) sowie das dem zweiten Objektiv  
10 14B zugeordnete zweite Prismensystem 16B (zweite Bildstabilisierungseinheit) werden zur Bildaufrichtung verwendet. Somit wird das auf dem Kopf stehende Bild wieder aufgerichtet und in einer neuen Bildebene, der linken Zwischenbildebene 23A oder der rechten Zwischenbildebene 23B, abgebildet. Das erste Prismensystem 16A (erste Bildstabilisierungseinheit) und das zweite Prismensystem 16B  
15 (zweite Bildstabilisierungseinheit) können als Abbe-König-Prismensystem, Schmidt-Pechan-Prismensystem, Uppendahl-Prismensystem, Porro-Prismensystem oder einer anderen Prismensystem-Variante aufgebaut sein. In der linken Zwischenbildebene 23A ist beispielsweise eine das Sehfeld scharf begrenzende erste Feldblende angeordnet. Ferner kann beispielsweise in der  
20 rechten Zwischenbildebene 23B eine das Sehfeld scharf begrenzende zweite Feldblende angeordnet sein.

Das erste Okular 17A wird verwendet, um das Bild der linken Zwischenbildebene 23A in eine beliebige Entfernung, z.B. ins Unendliche oder in eine andere Entfernung  
25 nung, abzubilden. Ferner wird das zweite Okular 17B dazu verwendet, um das Bild der rechten Zwischenbildebene 23B in eine beliebige Entfernung, z.B. ins Unendliche oder in eine andere Entfernung, abzubilden.

Die erste Aperturblende 54A des ersten optischen Teilsystems 12 und die zweite  
30 Aperturblende 54B des zweiten optischen Teilsystems 13 können entweder durch eine Fassung eines optischen Elements des entsprechenden optischen Teilsystems 12, 13, in der Regel durch die Fassung der Linsen der ersten Fronteinheit 51A oder der zweiten Fronteinheit 51B, oder durch eine separate Blende gebildet sein. Sie kann in Strahlrichtung durch das entsprechende optische Teilsystem 12  
35 oder 13 in eine Ebene abgebildet werden, die in Strahlrichtung hinter dem ent-

- 20 -

sprechenden Okular 17A oder 17B liegt und typischerweise 5 bis 25 mm Abstand zu diesem hat. Diese Ebene wird Ebene der Austrittspupille genannt.

Zum Schutz des Benutzers vor seitlich einfallendem Licht können an dem ersten  
5 Okular 17A eine ausziehbare, ausdrehbare oder umklappbare erste Augenmuschel 55A und an dem zweiten Okular 17B eine ausziehbare, ausdrehbare oder umklappbare zweite Augenmuschel 55B vorgesehen sein.

**Figur 2A** zeigt eine schematische Darstellung des ersten optischen Teilsystems  
10 12, das in dem ersten Gehäuseteil 2 angeordnet ist. Das in dem zweiten Gehäuseteil 3 angeordnete zweite optische Teilsystem 13 weist einen identischen Aufbau wie das erste optische Teilsystem 12 auf. Somit gelten die nachfolgenden Ausführungen hinsichtlich des ersten optischen Teilsystems 12 auch für das zweite optische Teilsystem 13.

15

Wie aus **Figur 2A** ersichtlich, sind entlang der ersten optischen Achse 10 von dem Objekt O in Richtung des ersten Auges 15A des Benutzers das erste Objektiv 14A, die erste Bildstabilisierungseinheit 16A sowie das erste Okular 17A angeordnet. Bei dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel ist die erste Bildstabilisierungseinheit 16A als Prismenumkehrsystem ausgebildet. Alternativ hierzu ist es  
20 bei einem weiteren Ausführungsbeispiel vorgesehen, dass die erste Bildstabilisierungseinheit 16A als Linsenumkehrsystem ausgebildet ist. Wie oben genannt, weist das zweite optische Teilsystem 13 einen identischen Aufbau wie das erste optische Teilsystem 12 auf. So ist hier das zweite Prismensystem als zweite  
25 Bildstabilisierungseinheit 16B ausgebildet.

**Figur 2B** zeigt eine weitere schematische Darstellung des Fernglases 1. **Figur 2B** beruht auf der **Figur 1B**. Gleiche Bauteile sind mit gleichen Bezugszeichen versehen. **Figur 2B** zeigt nun auch die Bewegungsvorrichtungen für die erste  
30 Bildstabilisierungseinheit 16A und die zweite Bildstabilisierungseinheit 16B. Die erste Bildstabilisierungseinheit 16A ist in einer ersten Kardanik 60A angeordnet. Die zweite Bildstabilisierungseinheit 16B ist in einer zweiten Kardanik 60B angeordnet.

35 Die Anordnung der beiden Bildstabilisierungseinheiten 16A und 16B ist in der **Figur 2C** detaillierter dargestellt. Die erste Kardanik 60A weist eine erste äußere

Aufhängung 61A auf, die über eine erste Achse 18A an dem ersten Gehäuseteil 2 angeordnet ist. Die erste äußere Aufhängung 61A ist drehbar um die erste Achse 18A angeordnet. Ferner weist die erste Kardanik 60A eine erste innere Aufhängung 62A auf, die über eine zweite Achse 19A an der ersten äußeren Aufhängung 61A drehbar angeordnet ist. Über eine erste Antriebseinheit 24A wird die erste innere Aufhängung 62A um die zweite Achse 19A gedreht. Ferner ist eine zweite Antriebseinheit 24B vorgesehen, mittels welcher die erste äußere Aufhängung 61A um die erste Achse 18A gedreht wird. **Figur 2E** zeigt das Vorgenannte in einer vergrößerten Darstellung. Die erste Bildstabilisierungseinheit 16A wird  
5  
10 mittels Klemmhalter 71 an der ersten inneren Aufhängung 62A gehalten.

Die zweite Bildstabilisierungseinheit 16B ist an der zweiten Kardanik 60B angeordnet. Die zweite Kardanik 60B weist eine zweite äußere Aufhängung 61B auf, die über eine dritte Achse 18B an dem zweiten Gehäuseteil 3 angeordnet ist. Die  
15 zweite äußere Aufhängung 61B ist drehbar um die dritte Achse 18B angeordnet. Ferner weist die zweite Kardanik 60B eine zweite innere Aufhängung 62B auf, die über eine vierte Achse 19B an der zweiten äußeren Aufhängung 61B drehbar angeordnet ist. Über eine dritte Antriebseinheit 24C wird die zweite innere Aufhängung 62B um die vierte Achse 19B gedreht. Ferner ist eine vierte Antriebseinheit 24D vorgesehen, mittels welcher die zweite äußere Aufhängung 61B um  
20 die dritte Achse 18B gedreht wird.

Wie oben erwähnt, zeigt **Figur 2A** das erste optische Teilsystem 12. Die erste Bildstabilisierungseinheit 16A ist mittels der ersten Kardanik 60A derart angeordnet, dass sie um zwei zueinander rechtwinklig angeordnete Achsen drehbar  
25 gelagert ist, nämlich um die erste Achse 18A und um die zweite Achse 19A, welche in die Blattebene hineinragt. Die erste Achse 18A und die zweite Achse 19A schneiden sich in einem ersten Schnittpunkt 20A. Der erste Schnittpunkt 20A ist unterschiedlich zu einem ersten optisch neutralen Punkt auf der ersten optischen Achse 10 angeordnet. Unter einem optisch neutralen Punkt wird derjenige Punkt auf der optischen Achse eines afokalen optischen Systems verstanden, an dem eine wegen ihrer Masseträgheit relativ zur Umgebung richtungsfeste, nicht angetriebene Bildstabilisierungseinheit (beispielsweise ein Prismenumkehrsystem) kardanisch aufgehängt angeordnet sein muss, damit das durch das afokale  
30 optische System beobachtete Bild eines Objekts in seiner Richtung automatisch stabilisiert wird. Dieser Punkt liegt in etwa in der Mitte zwischen dem Objektiv  
35

- 22 -

(hier das erste Objektiv 14A) und dem Okular (hier das erste Okular 17A) auf der optischen Achse (hier die erste optische Achse 10).

Die erste Bildstabilisierungseinheit 16A weist eine erste Eintrittsfläche 21 und eine  
5 erste Austrittsfläche 22 auf. Die erste Austrittsfläche 22 ist in einem Bereich von 1 mm bis 20 mm beabstandet zur linken Zwischenbildebene 23A angeordnet.

Beispielsweise ist die erste Austrittsfläche 22 in einem Bereich von 2 mm bis 15 mm beabstandet zur linken Zwischenbildebene 23A angeordnet. Alternativ hierzu ist vorgesehen, dass die erste Austrittsfläche 22 in einem Bereich von 3 mm bis  
10 12 mm beabstandet zur linken Zwischenbildebene 23A angeordnet ist.

Wie oben bereits erwähnt, gelten die vorstehend und nachstehend aufgeführten Anmerkungen hinsichtlich des ersten optischen Teilsystems 12 für das zweite optische Teilsystem 13 entsprechend.

15

Die **Figuren 3A - 3C** zeigen schematische Darstellungen einer Antriebseinheit 24 in Form eines Piezo-Biegeaktors, wobei unter einem Aktor ein Stellelement verstanden wird, das eine Kraft oder eine Bewegung erzeugen kann. In der Literatur wird ein solches Stellelement oft auch als Aktuator bezeichnet. Die erste  
20 Antriebseinheit 24A, die zweite Antriebseinheit 24B, die dritte Antriebseinheit 24C und die vierte Antriebseinheit 24D sind beispielsweise identisch zu der Antriebseinheit 24 aufgebaut.

Die **Figur 3A** zeigt eine schematische Darstellung der Antriebseinheit 24. Die  
25 Antriebseinheit 24 weist eine erste Piezokeramik 25 und eine zweite Piezokeramik 26 auf, die aufeinander angeordnet sind. Über eine Spannungseinheit 27 kann sowohl die erste Piezokeramik 25 als auch die zweite Piezokeramik 26 mit einer Spannung versorgt werden. Mit anderen Worten ausgedrückt wird an der ersten Piezokeramik 25 eine erste Spannung angelegt, und an der zweiten Piezokeramik  
30 26 wird eine zweite Spannung angelegt. Die beiden vorgenannten Spannungen an der ersten Piezokeramik 25 und an der zweiten Piezokeramik 26 werden gegenpolig geschaltet, sodass beispielsweise zum einen sich die erste Piezokeramik 25 ausdehnt und zum anderen sich die zweite Piezokeramik 26 zusammenzieht. Hierdurch verbiegt sich die Gesamtanordnung der ersten Piezokeramik 25 und der  
35 zweiten Piezokeramik 26, wie in den **Figuren 3B und 3C** dargestellt. Diese Bewegungen werden nun genutzt, um die erste Bildstabilisierungseinheit 16A oder

die zweite Bildstabilisierungseinheit 16B zu bewegen, wie nachfolgend näher erläutert wird.

Es wird explizit darauf hingewiesen, dass die Erfindung nicht auf die beschriebene  
5 Antriebseinheit 24 in Form eines Piezo-Biegeaktors eingeschränkt ist. Vielmehr  
können jegliche Arten von Antriebseinheiten verwendet werden, die für die  
Durchführung einer Bewegung der ersten Bildstabilisierungseinheit 16A oder der  
zweiten Bildstabilisierungseinheit 16B geeignet sind. Hierunter fallen auch  
Antriebseinheiten, die nicht auf Basis der Piezo-Technik arbeiten. Weitere geeig-  
10 nete Antriebseinheiten auf Basis der Piezo-Technik sind beispielsweise ein Piezo-  
Linearaktor, ein Piezo-Wanderwellenaktor oder ein Ultraschallmotor. Piezo-  
Aktoren sind besonders gut geeignet, da sie über eine große Selbsthemmung  
verfügen, sodass auf eine zusätzliche Arretierung der ersten Bildstabilisierungs-  
einheit 16A oder der zweiten Bildstabilisierungseinheit 16B verzichtet werden  
15 kann. Ferner ist ihr Stromverbrauch sehr gering, sodass die Lebensdauer von  
Batterien, die zur Spannungsversorgung verwendet werden, größer ist.

Es ist vorgesehen, dass die Bewegung der ersten Bildstabilisierungseinheit 16A  
oder der zweiten Bildstabilisierungseinheit 16B und somit auch die Position der  
20 ersten Bildstabilisierungseinheit 16A oder der zweiten Bildstabilisierungseinheit  
16B mit mindestens einem Positionsdetektor überwacht werden. Beispielsweise  
sind ein erster Positionsdetektor für eine Bewegung relativ zur ersten Achse 18A  
und ein zweiter Positionsdetektor für eine Bewegung relativ zur zweiten Achse  
19A vorgesehen. Zusätzlich oder alternativ sind ein dritter Positionsdetektor für  
25 eine Bewegung relativ zur dritten Achse 18B und ein vierter Positionsdetektor für  
eine Bewegung relativ zur vierten Achse 19B vorgesehen. Beispielsweise wird als  
Positionsdetektor ein Hallsensor verwendet. Die Erfindung ist aber auf diese Art  
von Positionsdetektoren nicht eingeschränkt. Vielmehr kann jede geeignete Art  
von Positionsdetektor und auch jede geeignete Anzahl von Positionsdetektoren  
30 verwendet werden. Der vorgenannte Positionsdetektor dient der Verbesserung der  
Qualität der Bildstabilisierung. Es wird explizit darauf hingewiesen, dass die  
Erfindung auf die Verwendung eines derartigen Positionsdetektors nicht einge-  
schränkt ist.

35 Die **Figur 4** ist ein Blockschaltbild einer Ausführungsform von Steuer- und Mess-  
einheiten. Diese Ausführungsform weist zwei Kontrolleinheiten auf, nämlich eine

- 24 -

erste Kontrolleinheit 37A und eine zweite Kontrolleinheit 37B. Die erste Kontrolleinheit 37A ist mit einem Winkelgeschwindigkeitsdetektor 38, mit der ersten Kardanik 60A der ersten Bildstabilisierungseinheit 16A, mit der ersten Antriebseinheit 24A und mit der zweiten Antriebseinheit 24B verbunden. Die erste Kontrolleinheit 37A ist beispielsweise in dem ersten Gehäuseteil 2 angeordnet. Die zweite Kontrolleinheit 37B ist mit einem zweiten Winkelgeschwindigkeitsdetektor 39, mit der zweiten Kardanik 60B der zweiten Bildstabilisierungseinheit 16B, mit der dritten Antriebseinheit 24C und mit der vierten Antriebseinheit 24D verbunden. Die zweite Kontrolleinheit 37B ist beispielsweise in dem zweiten Gehäuseteil 3 angeordnet. Ein Knickbrückensensor 40 ist sowohl mit der ersten Kontrolleinheit 37A als auch mit der zweiten Kontrolleinheit 37B verbunden. Darüber hinaus ist der erste Winkelgeschwindigkeitsdetektor 38 mit der zweiten Kontrolleinheit 37B verbunden. Ferner ist der zweite Winkelgeschwindigkeitsdetektor 39 mit der ersten Kontrolleinheit 37A verbunden. Dieses Ausführungsbeispiel verwendet demnach jeweils eine separate Kontrolleinheit zum einen für das erste optische Teilsystem 12 in dem ersten Gehäuseteil 2 und zum anderen für das zweite optische Teilsystem 13 in dem zweiten Gehäuseteil 3, wobei allerdings die Winkelgeschwindigkeitsdetektoren 38, 39 zur Detektion von Bewegungen des Fernglases 1 gemeinsam genutzt werden.

20

Wie aus der **Figur 4** auch ersichtlich ist, weist das hier dargestellte Ausführungsbeispiel eine Spannungsversorgungseinheit 63 auf, die mit der ersten Antriebseinheit 24A, mit der zweiten Antriebseinheit 24B, mit der dritten Antriebseinheit 24C und mit der vierten Antriebseinheit 24D zur Versorgung der vorgenannten Antriebseinheiten mit Spannung verbunden ist. Die Spannungsversorgungseinheit 63 ist beispielsweise als (wiederaufladbare) Batterie ausgebildet, deren noch vorhandene Spannung mit einer Spannungsmesseinheit 64 gemessen wird. Die Spannungsmesseinheit 64 ist sowohl mit der ersten Kontrolleinheit 37A als auch mit der zweiten Kontrolleinheit 37B verbunden.

30

Die Verwendung des Knickbrückensensors 40 hat folgenden Hintergrund. Die relative Lage der Drehachsen (nämlich zum einen die erste Achse 18A sowie die zweite Achse 19A der ersten Bildstabilisierungseinheit 16A und zum anderen die dritte Achse 18B sowie die vierte Achse 19B der zweiten Bildstabilisierungseinheit 16B) ändert sich bei Einstellung des Augenabstandes über die Knickbrücke 4. Um eine genaue Einstellung der Drehbewegung der ersten Bildstabilisierungseinheit

35

- 25 -

16A relativ zu der zweiten Bildstabilisierungseinheit 16B zur Bildstabilisierung durch Positionieren der ersten Bildstabilisierungseinheit 16A und der zweiten Bildstabilisierungseinheit 16B erzielen zu können, ist es wünschenswert, die genaue relative Lage der jeweiligen Drehachsen zu kennen. Der Knickbrücken-

5 sensor 40 ermittelt nun einen sogenannten Knickbrückenwinkel  $\alpha$  zwischen einer ersten Scharnierteilachse 72 des ersten Scharnierteils 5 und einer zweiten Scharnierteilachse 73 des zweiten Scharnierteils 6, wobei die erste Scharnierteilachse 72 und die zweite Scharnierteilachse 73 einen gemeinsamen Schnittpunkt mit der Gelenkachse 74 aufweisen (vgl. **Figuren 2C und 2D**). Dabei ist es bei-

10 spielsweise vorgesehen, mittels des Knickbrückensensors 40 den tatsächlichen Knickbrückenwinkel  $\alpha$  zu bestimmen, was nachfolgend erläutert wird. Beispielsweise kann der Knickbrückenwinkel  $\alpha$  in der **Figur 2C**, in welcher die erste Achse 18A und die dritte Achse 18B parallel zueinander angeordnet sind, bereits  $175^\circ$  betragen. In der **Figur 2D** ist nun eine Ausrichtung der ersten Scharnierteilachse

15 72 und der zweiten Scharnierteilachse 73 dargestellt, in welcher der Knickbrückenwinkel  $\alpha$  beispielsweise  $145^\circ$  beträgt. Dann ist der tatsächliche Knickbrückenwinkel  $\alpha$  hinsichtlich der ersten Achse 18A und der dritten Achse 18B die Differenz der beiden gemessenen Knickbrückenwinkel, also  $30^\circ$ . Der auf diese oder ähnliche Weise ermittelte Knickbrückenwinkel ermöglicht nun eine Transfor-

20 mation von Koordinaten eines ersten Koordinatensystems von Baueinheiten des ersten Gehäuseteils 2 in Koordinaten eines zweiten Koordinatensystems von Baueinheiten des zweiten Gehäuseteils 3.

Die Einstellung der Position (Drehposition) der ersten Bildstabilisierungseinheit

25 16A und der Position (Drehposition) der zweiten Bildstabilisierungseinheit 16B erfolgt beispielsweise wie nachfolgend geschildert. Mittels des ersten Winkelgeschwindigkeitsdetektors 38 und des zweiten Winkelgeschwindigkeitsdetektors 39 wird eine Winkelgeschwindigkeit aufgrund einer Bewegung des Fernglases 1 relativ zur beobachteten Umgebung detektiert. Der erste Winkelgeschwindigkeits-

30 detektor 38 und der zweite Winkelgeschwindigkeitsdetektor 39 liefern von der Bewegung abhängige Winkelgeschwindigkeitssignale. Mit den Winkelgeschwindigkeitssignalen werden in der ersten Kontrolleinheit 37A und in der zweiten Kontrolleinheit 37B Drehwinkel um die Drehachsen der ersten Bildstabilisierungseinheit 16A (beispielsweise die erste Achse 18A und die zweite Achse 19A) sowie

35 Drehwinkel um die Drehachsen der zweiten Bildstabilisierungseinheit 16B (beispielsweise die dritte Achse 18B und die vierte Achse 19B) ermittelt. Die auf diese

- 26 -

Weise ermittelten Drehwinkel werden nun in erste Korrekturwinkel umgerechnet, um welche die erste Bildstabilisierungseinheit 16A gedreht werden muss, um im Raum positioniert zu werden. Ferner wird mit den Drehwinkeln ein zweiter Korrekturwinkel berechnet, um welche die zweite Bildstabilisierungseinheit 16B gedreht werden muss, um im Raum positioniert zu werden. Ferner sollte beachtet werden, dass der Schnittpunkt der Drehachsen mit dem optisch neutralen Punkt des Fernglases 1 nicht übereinstimmt. Dies bedeutet beispielsweise für das erste optische Teilsystem 12 in dem ersten Gehäuseteil 2, dass der erste Schnittpunkt 20A der ersten Achse 18A und der zweiten Achse 19A nicht mit dem optisch neutralen Punkt des Fernglases 1 auf der ersten optischen Achse 10 übereinstimmt. Daher sollte der ermittelte Drehwinkel mit einem vom Fernglas 1 abhängigen Faktor multipliziert werden, um den notwendigen Korrekturwinkel zu erhalten. Dabei sollte die relative Lage von Messachsen der beiden Winkelgeschwindigkeitsdetektoren 38 und 39 sowie der Drehachsen der ersten Bildstabilisierungseinheit 16A sowie der zweiten Bildstabilisierungseinheit 16B beachtet werden. Durch eine geeignete Transformation erhält man den entsprechenden Korrekturwinkel. Beispielsweise ist es vorgesehen, dass die Lage der Messachsen der beiden Winkelgeschwindigkeitsdetektoren 38 und 39 der Lage der ersten Achse 18A sowie der zweiten Achse 19A der ersten Bildstabilisierungseinheit 16A entspricht. Mittels des ermittelten Knickbrückenwinkels  $\alpha$  können dann die Drehwinkel der ersten Bildstabilisierungseinheit 16A in Drehwinkel der zweiten Bildstabilisierungseinheit 16B transformiert werden.

**Figur 5** zeigt ein weiteres Blockschaltbild, welches auf der **Figur 4** beruht. Gleiche Einheiten sind mit gleichen Bezugszeichen versehen. **Figur 5** verdeutlicht den Zusammenhang der Winkelgeschwindigkeitsdetektoren 38 und 39, der ersten Kontrolleinheit 37A und der zweiten Kontrolleinheit 37B sowie der Antriebseinheiten 24A bis 24D.

Wie oben bereits genannt, ist die erste Kontrolleinheit 37A mit dem ersten Winkelgeschwindigkeitsdetektor 38 verbunden. Die erste Kontrolleinheit 37A weist ferner eine erste Steuereinheit 98A auf. Die erste Steuereinheit 98A ist mit einem ersten Steuer-Tiefpassfilter 80A versehen, der direkt mit dem ersten Winkelgeschwindigkeitsdetektor 38 verbunden ist. Ferner ist die erste Steuereinheit 98A mit einem ersten Analog-Digital-Wandler 81A versehen, welcher dem ersten Steuer-Tiefpassfilter 80A nachgeschaltet ist. Darüber hinaus weist die erste Steuereinheit

- 27 -

98A eine erste Integrationseinheit 82A auf, welche dem ersten Analog-Digital-Wandler 81A nachgeschaltet ist. Die Art des ersten Steuer-Tiefpassfilters 80A ist beliebig wählbar. Bei einer besonderen Ausführungsform des Fernglases 1 ist es jedoch vorgesehen, eine Kombination aus einem elektrischen Tiefpassfilter, einem  
5 digitalen Tiefpassfilter und einem digitalen Shelving-Filter erster Ordnung zu verwenden, wobei die vorgenannten Filter in Reihe geschaltet sind. Bei dieser Kombination der Filter ist von Vorteil, dass eine Verzögerung des Eingangssignals der Kombination der vorgenannten Filter zum Ausgangssignal der Kombination der vorgenannten Filter von 45° erfolgt. Reine Tiefpassfilter weisen eine Verzögerung von 90° auf. Eine geringe Verzögerung ist von Vorteil, um eine Bildstabilisierung in „Echtzeit“ zu erzielen.  
10

Bei der hier dargestellten Ausführungsform des Fernglases 1 ist es nun vorgesehen, die Art einer Verschwenkung (also eine ungewollte Verschwenkung oder eine  
15 gewollte Verschwenkung) zu erkennen und eine Bildstabilisierung auf Basis der erkannten und festgestellten Art der Verschwenkung vorzunehmen.

Hierzu wird zunächst mittels des ersten Winkelgeschwindigkeitsdetektors 38 eine Winkelgeschwindigkeit aufgrund einer Bewegung des Fernglases 1 relativ zur  
20 beobachteten Umgebung detektiert. Der erste Winkelgeschwindigkeitsdetektor 38 liefert von der Bewegung abhängige Winkelgeschwindigkeitssignale. Das Winkelgeschwindigkeitssignal des ersten Winkelgeschwindigkeitsdetektors 38 wird der ersten Kontrolleinheit 37A zugeführt. Genauer gesagt, wird das Winkelgeschwindigkeitssignal des ersten Winkelgeschwindigkeitsdetektors 38 dem ersten Steuer-  
25 Tiefpassfilter 80A zugeführt.

Der erste Steuer-Tiefpassfilter 80A stellt sicher, dass niedrige Frequenzen (beispielsweise kleiner als 20 Hz) ungehindert den ersten Steuer-Tiefpassfilter 80A passieren und der weiteren Signalverarbeitung zur Bildstabilisierung zuge-  
30 führt werden können. Die hohen Frequenzen (beispielsweise größer als 20 Hz) werden durch den ersten Steuer-Tiefpassfilter 80A herausgefiltert. Sie tragen daher zur Bildstabilisierung nicht bei.

Das gefilterte Signal des ersten Steuer-Tiefpassfilters 80A wird über den ersten  
35 Analog-Digital-Wandler 81A an die erste Integrationseinheit 82A weitergeleitet.

- 28 -

Das Ausgangssignal der ersten Integrationseinheit 82A ist durch die Gleichung 1 bestimmt, die nachfolgend wiedergegeben ist:

5 
$$\Sigma(t_2) = \gamma(\Sigma(t_1)) \cdot \Sigma(t_1) + \alpha(t_1) \quad \text{[Gleichung 1]}$$

Bei einer Ausführungsform der Erfindung ist die Funktion  $\gamma$  beispielsweise wie folgt gegeben:

10

$$\gamma(\Sigma) = \gamma_1 - \gamma_2 \Sigma \text{signum}(\Sigma) \quad \text{[Gleichung 2]}$$

$\gamma_1$  ist ein frei wählbarer Parameter, der bestimmt, wie schnell das Ausgangssignal der ersten Integrationseinheit 82A für kleine Amplituden der Verschwenkungen wieder auf Null abfällt. Bei Wahl eines kleinen Parameters  $\gamma_1$  (beispielsweise 0,1) werden nur im Signal verbliebene höhere Frequenzen für die Bildstabilisierung herangezogen. Wenn der Parameter  $\gamma_1$  nahe 1 liegt (beispielsweise 0,9), dann werden im Grunde alle im Signal verbliebenen Frequenzen für die Bildstabilisierung herangezogen.

15  
20

$\gamma_2$  ist ebenfalls ein frei wählbarer Parameter, der bestimmt, wie stark der Einfluss der Amplitude der Verschwenkung des Fernglases 1 ist. Bei kleinen Werten von  $\gamma_2$  (beispielsweise 0,1) werden bei großen Amplituden noch im Signal verbliebene höhere Frequenzen für die Bildstabilisierung herangezogen. Wenn der Parameter  $\gamma_2$  groß ist (beispielsweise 0,9), dann erfolgt dies bereits bei kleinen Amplituden.

25

Für die Funktion signum in der Gleichung 2 gilt:  $\text{signum}(x) = 1$  für  $x$  größer oder gleich 0 und  $\text{signum}(x) = -1$  für  $x$  kleiner als 0.

30

- Das Ausgangssignal der ersten Integrationseinheit 82A wird nun an eine erste Subtraktionseinheit 95A weitergegeben. Die erste Subtraktionseinheit 95A ist darüber hinaus mit einem ersten Hallsensor 94A verbunden. Eine erste Filtereinheit 96A ist zwischen der ersten Subtraktionseinheit 95A und einer ersten Regelungseinheit 97A geschaltet. Die erste Regeleinheit 97A ist mit der ersten Antriebseinheit 24A und der zweiten Antriebseinheit 24B verbunden. Die beiden Antriebseinheiten 24A und 24B sind wiederum mit der ersten Kardanik 60 A verbunden. Eine Signalleitung verbindet die erste Kardanik 60A mit dem ersten Hallsensor 94A.
- 10 Ebenfalls wurde bereits weiter oben genannt, dass die zweite Kontrolleinheit 37B mit dem zweiten Winkelgeschwindigkeitsdetektor 39 verbunden ist. Die zweite Kontrolleinheit 37B weist eine zweite Steuereinheit 98B auf. Die zweite Steuereinheit 98B wiederum weist einen zweiten Steuer-Tiefpassfilter 80B auf, der direkt mit dem zweiten Winkelgeschwindigkeitsdetektor 39 verbunden ist. Ferner weist
- 15 die zweite Steuereinheit 98B einen zweiten Analog-Digital-Wandler 81B auf, welcher dem zweiten Steuer-Tiefpassfilter 80B nachgeschaltet. Darüber hinaus weist die zweite Steuereinheit 98B eine zweite Integrationseinheit 82B auf, welche dem zweiten Analog-Digital-Wandler 81B nachgeschaltet ist. Die Art des zweiten Tiefpassfilters 80B ist beliebig wählbar. Bei einer besonderen Ausführungsform
- 20 des Fernglases 1 ist es jedoch auch hier vorgesehen, eine Kombination aus einem elektrischen Tiefpassfilter, einem digitalen Tiefpassfilter und einem digitalen Shelving-Filter erster Ordnung zu verwenden, wobei die vorgenannten Filter in Reihe geschaltet sind.
- 25 Mittels des zweiten Winkelgeschwindigkeitsdetektors 39 wird eine Winkelgeschwindigkeit aufgrund einer Bewegung des Fernglases 1 relativ zur beobachteten Umgebung detektiert. Der zweite Winkelgeschwindigkeitsdetektor 39 liefert von der Bewegung abhängige Winkelgeschwindigkeitssignale. Das Winkelgeschwindigkeitssignal des zweiten Winkelgeschwindigkeitsdetektors 39 wird der zweiten
- 30 Kontrolleinheit 37B zugeführt. Genauer gesagt, wird das Winkelgeschwindigkeitssignal des zweiten Winkelgeschwindigkeitsdetektors 39 dem zweiten Steuer-Tiefpassfilter 80B zugeführt.
- Der zweite Steuer-Tiefpassfilter 80B stellt sicher, dass niedrige Frequenzen, (beispielsweise kleiner als 20 Hz) ungehindert den zweiten Steuer-Tiefpassfilter 80B passieren und der weiteren Signalverarbeitung zur Bildstabilisierung zuge-

- 30 -

führt werden können. Das gefilterte Signal des zweiten Steuer-Tiefpassfilters 80B wird über den zweiten Analog-Digital-Wandler 81B an die zweite Integrationseinheit 82B weitergeleitet. Das Ausgangssignal der zweiten Integrationseinheit 82B ist ebenfalls durch die Gleichung 1 bestimmt. Es wird auf die oben gemachten  
5 Ausführungen verwiesen.

Das Ausgangssignal der zweiten Integrationseinheit 82B wird nun an eine zweite Subtraktionseinheit 95B weitergegeben. Die zweite Subtraktionseinheit 95B ist darüber hinaus mit einem zweiten Hallsensor 94B verbunden. Eine zweite Filtereinheit 96B ist zwischen der zweiten Subtraktionseinheit 95B und einer zweiten  
10 Regeleinheit 97B geschaltet. Die zweite Regeleinheit 97B ist mit der dritten Antriebseinheit 24C und der vierten Antriebseinheit 24D verbunden. Die beiden Antriebseinheiten 24C und 24D sind wiederum mit der zweiten Kardanik 60B verbunden. Eine Signalleitung verbindet die zweite Kardanik 60B mit dem zweiten  
15 Hallsensor 94B.

Bei dem Fernglas 1 wird nun ein erstes Steuersignal der ersten Integrationseinheit 82A der ersten Subtraktionseinheit 95A zugeführt. Ferner wird ein erstes Positionssignal des ersten Hallsensors 94A der ersten Subtraktionseinheit 95A zugeführt. Ein erstes Subtraktionssignal wird nun aus der Subtraktion des ersten  
20 Steuersignals und des ersten Positionssignals erzeugt. Das erste Subtraktionssignal wird der ersten Filtereinheit 96A zugeführt. Die erste Filtereinheit 96A erzeugt ein erstes Filtersignal. Das erste Filtersignal wird nun der ersten Regeleinheit 97A zugeführt, welches ein erstes Positioniersignal erzeugt. Das erste Positioniersignal wird nun der ersten Antriebseinheit 24A und der zweiten Antriebseinheit 24B  
25 zum Bewegen der ersten Kardanik 60A zugeführt.

Ferner wird bei dem Fernglas 1 nun ein zweites Steuersignal der zweiten Integrationseinheit 82B der zweiten Subtraktionseinheit 95B zugeführt. Ferner wird ein  
30 zweites Positionssignal des zweiten Hallsensors 94B der zweiten Subtraktionseinheit 95B zugeführt. Ein zweites Subtraktionssignal wird nun aus der Subtraktion des zweiten Steuersignals und des zweiten Positionssignals erzeugt. Das zweite Subtraktionssignal wird der zweiten Filtereinheit 96B zugeführt. Die zweite Filtereinheit 96B erzeugt ein zweites Filtersignal. Das zweite Filtersignal wird nun  
35 der zweiten Regeleinheit 97B zugeführt, welches ein zweites Positioniersignal

- 31 -

erzeugt. Das zweite Positioniersignal wird nun der dritten Antriebseinheit 24C und der vierten Antriebseinheit 24D zum Bewegen der zweiten Kardanik 60B zugeführt.

- 5 Die erste Filtereinheit 96A und/oder die zweite Filtereinheit 96B ist/sind als Tiefpassfilter, als Hochpassfilter oder als Bandpassfilter ausgebildet. Beispielsweise ist es vorgesehen, dass die erste Filtereinheit 96A und/oder zweite Filtereinheit 96B als Hochpassfilter zur Herausfilterung von Signalen mit Frequenzen unter 2 Hz ausgebildet ist/sind. Demnach passieren nur Signale mit einer Frequenz über 2 Hz den Hochpassfilter. Alternativ hierzu ist es vorgesehen, dass die  
10 erste Filtereinheit 96A und/oder die zweite Filtereinheit 96B als Tiefpassfilter zur Herausfilterung von Signalen mit Frequenzen über 20 Hz ausgebildet ist/sind. Demnach passieren nur Signale mit einer Frequenz unter 20 Hz den Tiefpassfilter. Wiederum alternativ hierzu ist es vorgesehen, dass die erste Filtereinheit 96A  
15 und/oder die zweite Filtereinheit 96B als Bandpassfilter zur Herausfilterung von Signalen mit Frequenzen über 20 Hz und unter 2 Hz ausgebildet ist. Demnach passieren nur Signale in der Bandbreite zwischen 2 Hz und 20 Hz den Bandpassfilter.
- 20 Die erste Regeleinheit 97A und/oder die zweite Regeleinheit 97B sind als PID-Regeleinheit ausgebildet. Es kann aber auch jegliche andere geeignete Regeleinheit verwendet werden.

Hinsichtlich der Vorteile der Erfindung wird nochmals ausdrücklich auf die weiter  
25 oben gemachten Ausführungen verwiesen.

Die in der vorliegenden Beschreibung, in den Zeichnungen sowie in den Ansprüchen offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in beliebigen Kombinationen für die Verwirklichung der Erfindung in ihren verschiedenen Ausführungsformen wesentlich sein.  
30

\* \* \* \* \*

**Bezugszeichenliste**

	1	Fernglas
5	2	erstes Gehäuseteil
	3	zweites Gehäuseteil
	4	Knickbrücke
	5	erstes Scharnierteil
	6	zweites Scharnierteil
10	7	erstes Aufnahmeteil
	8	zweites Aufnahmeteil
	9	drittes Aufnahmeteil
	10	erste optische Achse
	11	zweite optische Achse
15	12	erstes optisches Teilsystem
	13	zweites optisches Teilsystem
	14A	erstes Objektiv
	14B	zweites Objektiv
	15A	erstes Auge
20	15B	zweites Auge
	16A	erste Bildstabilisierungseinheit (erstes Prismensystem)
	16B	zweite Bildstabilisierungseinheit (zweites Prismensystem)
	17A	erstes Okular
	17B	zweites Okular
25	18A	erste Achse
	18B	dritte Achse
	19A	zweite Achse
	19B	vierte Achse
	20A	erster Schnittpunkt
30	21	erste Eintrittsfläche
	22	erste Austrittsfläche
	23A	linke Zwischenbildebene
	23B	rechte Zwischenbildebene
	24	Antriebseinheit (Piezo-Biegeaktor)
35	24A	erste Antriebseinheit
	24B	zweite Antriebseinheit

- 33 -

- 24C dritte Antriebseinheit
- 24D vierte Antriebseinheit
- 25 erste Piezokeramik
- 26 zweite Piezokeramik
- 5 27 Spannungseinheit
  
- 37A erste Kontrolleinheit
- 37B zweite Kontrolleinheit
- 38 erster Winkelgeschwindigkeitsdetektor
- 10 39 zweiter Winkelgeschwindigkeitsdetektor
- 40 Knickbrückensensor
  
- 51A erste Fronteinheit
- 51B zweite Fronteinheit
- 15 52A erste Fokussiereinheit
- 52B zweite Fokussiereinheit
- 53 Drehknopf
- 54A erste Aperturblende
- 54B zweite Aperturblende
- 20 55A erste Augenmuschel
- 55B zweite Augenmuschel
  
- 60A erste Kardanik
- 60B zweite Kardanik
- 25 61A erste äußere Aufhängung
- 61B zweite äußere Aufhängung
- 62A erste innere Aufhängung
- 62B zweite innere Aufhängung
- 63 Spannungsversorgungseinheit
- 30 64 Spannungsmesseinheit
  
- 71 Klemmhalter
- 72 erste Scharnierteilachse
- 73 zweite Scharnierteilachse
- 35 74 Gelenkachse

- 34 -

- 80A erster Steuer-Tiefpassfilter
- 80B zweiter Steuer-Tiefpassfilter
- 81A erster Analog-Digital-Wandler
- 81B zweiter Analog-Digital-Wandler
- 5 82A erste Integrationseinheit
- 82B zweite Integrationseinheit
  
- 94A erster Hallsensor
- 94B zweiter Hallsensor
- 10 95A erste Subtraktionseinheit
- 95B zweite Subtraktionseinheit
- 96A erste Filtereinheit
- 96B zweite Filtereinheit
- 97A erste Regeleinheit
- 15 97B zweite Regeleinheit
- 98A erste Steuereinheit
- 98B zweite Steuereinheit
  
- O Objekt

20

\*\*\*\*\*

## Patentansprüche

### 1. Optisches System (1) zur Abbildung eines Objekts (O), mit

- 5
- mindestens einem ersten Objektiv (14A),
  - mindestens einer ersten Bildstabilisierungseinheit (16A),
  - mindestens einer ersten Bildebene (23A), wobei von dem ersten Objektiv (14A) in Richtung der ersten Bildebene (23A) gesehen zunächst das erste Objektiv (14A), dann die erste Bildstabilisierungseinheit (16A) und dann
  - 10 die erste Bildebene (23A) entlang einer ersten optischen Achse (10) angeordnet sind,
  - mindestens einer ersten Antriebseinheit (24A), die an der ersten Bildstabilisierungseinheit (16A) angeordnet und zur Bewegung der ersten Bildstabilisierungseinheit (16A) vorgesehen ist,
  - 15 - mindestens einer ersten Steuereinheit (98A) zur Ansteuerung der ersten Antriebseinheit (24A), und mit
  - mindestens einem ersten Positionsdetektor (94A) zur Detektion einer Position der ersten Bildstabilisierungseinheit (16A),

20 **dadurch gekennzeichnet, dass**

- der erste Positionsdetektor (94A) eine erste Ausgangsleitung aufweist, die an einer ersten Subtraktionseinheit (95A) angeordnet ist, so dass ein erstes Positionssignal des ersten Positionsdetektors (94A) der ersten Sub-
- 25 traktionseinheit (95A) zugeführt wird,
- die erste Steuereinheit (98A) eine zweite Ausgangsleitung aufweist, die an der ersten Subtraktionseinheit (95A) angeordnet ist, so dass ein erstes Steuersignal der ersten Steuereinheit (98A) der ersten Subtraktionseinheit (95A) zugeführt wird,
- 30 - die erste Subtraktionseinheit (95A) eine dritte Ausgangsleitung aufweist, die an einer ersten Filtereinheit (96A) angeordnet ist, so dass ein erstes Subtraktionssignal der ersten Subtraktionseinheit (95A) der ersten Filter-

einheit (96A) zugeführt wird, wobei das erste Subtraktionssignal aus der Subtraktion des ersten Steuersignals und des ersten Positionssignals erzeugt ist,

- 5 - die erste Filtereinheit (96A) an einer ersten Regeleinheit (97A) angeordnet ist, so dass ein erstes Filtersignal der ersten Filtereinheit (96A) der ersten Regeleinheit (97A) zugeführt wird, und dass
- 10 - die erste Regeleinheit (97A) an der ersten Antriebseinheit (24A) angeordnet ist, so dass ein erstes Positioniersignal der ersten Regeleinheit (97A) der ersten Antriebseinheit (24A) zum Bewegen der ersten Bildstabilisierungseinheit (16A) zugeführt wird.

2. Optisches System (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Steuereinheit (98A), die erste Filtereinheit (96A), die erste Subtraktionseinheit (95A) und die erste Regeleinheit (97A) einen ersten Regelkreis bilden, mit dem eine reale Position der ersten Bildstabilisierungseinheit (16A) an eine Sollposition herangeführt wird.

3. Optisches System (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Filtereinheit (96A) als erster Tiefpassfilter, als erster Hochpassfilter oder als erster Bandpassfilter ausgebildet ist.

4. Optisches System (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Filtereinheit (96A) mindestens eines der folgenden Merkmale aufweist:

- 25 - die erste Filtereinheit (96A) ist zur Herausfilterung von Signalen mit Frequenzen unter 2 Hz ausgebildet; oder
- 30 - die erste Filtereinheit (96A) ist zur Herausfilterung von Signalen mit Frequenzen über 20 Hz ausgebildet.

5. Optisches System (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das optische System (1) mindestens eines der folgenden Merkmale aufweist:

- 5
- der erste Positionsdetektor (94A) ist als Hall-Sensor ausgebildet;
  - die erste Regeleinheit (97A) ist als PID-Regeleinheit ausgebildet;
  - die erste Steuereinheit (98A) weist mindestens einen ersten Steuer-Tiefpassfilter (80A) und mindestens eine erste Integrationseinheit (82A) auf, welche dem ersten Steuer-Tiefpassfilter (80A) nachgeschaltet ist.

10

6. Optisches System (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das optische System (1) mindestens eine zweite Antriebseinheit (24B) aufweist, die an der ersten Bildstabilisierungseinheit (16A) angeordnet und zur Bewegung der ersten Bildstabilisierungseinheit (16A) vorgesehen ist.

15

7. Optisches System (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das optische System (1) die folgenden Merkmale aufweist:

20

- mindestens ein zweites Objektiv (14B),
  - mindestens eine zweite Bildstabilisierungseinheit (16B),
  - mindestens eine zweite Bildebene (23B), wobei von dem zweiten Objektiv (14B) in Richtung der zweiten Bildebene (23B) gesehen zunächst das zweite Objektiv (14B), dann die zweite Bildstabilisierungseinheit (16B) und dann die zweite Bildebene (23B) entlang einer zweiten optischen Achse (11) angeordnet sind,
  - mindestens eine dritte Antriebseinheit (24C), die an der zweiten Bildstabilisierungseinheit (16B) angeordnet und zur Bewegung der zweiten Bildstabilisierungseinheit (16B) vorgesehen ist,
  - mindestens eine zweite Steuereinheit (98B) zur Ansteuerung der dritten Antriebseinheit (24C), sowie
- 25
- 30

- mindestens einen zweiten Positionsdetektor (94B) zur Detektion einer Position der zweiten Bildstabilisierungseinheit (16B).

8. Optisches System (1) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass

5

- der zweite Positionsdetektor (94B) eine vierte Ausgangsleitung aufweist, die an einer zweiten Subtraktionseinheit (95B) angeordnet ist, so dass ein zweites Positionssignal des zweiten Positionsdetektors (94B) der zweiten Subtraktionseinheit (95B) zugeführt wird,

10

- die zweite Steuereinheit (98B) eine fünfte Ausgangsleitung aufweist, die an der zweiten Subtraktionseinheit (95B) angeordnet ist, so dass ein zweites Steuersignal der zweiten Steuereinheit (98B) der zweiten Subtraktionseinheit (95B) zugeführt wird,

15

- die zweite Subtraktionseinheit (95B) eine sechste Ausgangsleitung aufweist, die an einer zweiten Filtereinheit (96B) angeordnet ist, so dass ein zweites Subtraktionssignal der zweiten Subtraktionseinheit (95B) der zweiten Filtereinheit (96B) zugeführt wird, wobei das zweite Subtraktionssignal aus der Subtraktion des zweiten Steuersignals und des zweiten Positionssignals erzeugt ist,

20

- die zweite Filtereinheit (96B) an einer zweiten Regeleinheit (97B) angeordnet ist, so dass ein zweites Filtersignal der zweiten Filtereinheit (96B) der zweiten Regeleinheit (97B) zugeführt wird, und dass

25

- die zweite Regeleinheit (97B) an der dritten Antriebseinheit (24C) angeordnet ist, so dass ein zweites Positioniersignal der zweiten Regeleinheit (97B) der dritten Antriebseinheit (24C) zum Bewegen der zweiten Bildstabilisierungseinheit (16B) zugeführt wird.

9. Optisches System (1) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zweite Steuereinheit (98B), die zweite Filtereinheit (96B), die zweite Subtraktionseinheit (95B) und die zweite Regeleinheit (97B) einen zweiten Regelkreis bilden, mit dem eine reale Position der zweiten Bildstabilisierungseinheit (16B) an eine Sollposition herangeführt wird.

30

10. Optisches System (1) nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zweite Filtereinheit (96B) als zweiter Tiefpassfilter, als zweiter Hochpassfilter oder als zweiter Bandpassfilter ausgebildet ist.
- 5 11. Optisches System (1) nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zweite Filtereinheit (96B) mindestens eines der folgenden Merkmale aufweist:
- 10 - die zweite Filtereinheit (96B) ist zur Herausfilterung von Signalen mit Frequenzen unter 2 Hz ausgebildet; oder
  - die zweite Filtereinheit (96B) ist zur Herausfilterung von Signalen mit Frequenzen über 20 Hz ausgebildet.
12. Optisches System (1) nach einem Ansprüche 7 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass das optische System (1) mindestens eines der folgenden Merkmale aufweist:
- 15 - der zweite Positionsdetektor (94B) ist als Hall-Sensor ausgebildet;
  - die zweite Regeleinheit (97B) ist als PID-Regeleinheit ausgebildet;
  - 20 - die zweite Steuereinheit (98B) weist mindestens einen zweiten Steuer-Tiefpassfilter (80B) und mindestens eine zweite Integrationseinheit (82B) auf, welche dem zweiten Steuer-Tiefpassfilter (80B) nachgeschaltet ist.
13. Optisches System (1) nach einem der Ansprüche 7 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass das optische System (1) mindestens eine vierte Antriebseinheit (24D) aufweist, die an der zweiten Bildstabilisierungseinheit (16B) angeordnet und zur Bewegung der zweiten Bildstabilisierungseinheit (16B) vorgesehen ist.
14. Optisches System (1) nach einem der Ansprüche 7 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass
- 30

- das erste Objektiv (14A), die erste Bildstabilisierungseinheit (16A) und die erste Bildebene (23A) in einem ersten Gehäuse (2) angeordnet sind, und dass
- das zweite Objektiv (14B), die zweite Bildstabilisierungseinheit (16B) und die zweite Bildebene (23B) in einem zweiten Gehäuse (3) angeordnet sind.

15. Optisches System (1) nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass

- das erste Gehäuse (2) mit dem zweiten Gehäuse (3) über mindestens eine Knickbrücke (4) verbunden ist,
- die Knickbrücke (4) ein an dem ersten Gehäuse (2) angeordnetes erstes Scharnierteil (5) aufweist, und dass
- die Knickbrücke (4) ein an dem zweiten Gehäuse (3) angeordnetes zweites Scharnierteil (6) aufweist.

16. Optisches System (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass an der ersten Steuereinheit (98A) mindestens ein erster Bewegungsdetektor (38) zur Detektion einer Bewegung des optischen Systems (1) angeordnet ist.

17. Optisches System (1) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass an der zweiten Steuereinheit (98B) mindestens ein zweiter Bewegungsdetektor (39) zur Detektion einer Bewegung des optischen Systems (1) angeordnet ist.

25

18. Verfahren zum Betrieb eines optischen Systems (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass

- ein erstes Steuersignal der ersten Steuereinheit (98A) der ersten Subtraktionseinheit (95A) zugeführt wird,

30

- ein Positionssignal des ersten Positionsdetektors (94A) der ersten Subtraktionseinheit (95A) zugeführt wird,
- ein erstes Subtraktionssignal aus der Subtraktion des ersten Steuersignals und des ersten Positionssignals erzeugt wird,
- 5 - das erste Subtraktionssignal der ersten Filtereinheit (96A) zugeführt wird und ein erstes Filtersignal erzeugt wird,
- das erste Filtersignal der ersten Regeleinheit (97A) zugeführt wird und ein erstes Positioniersignal erzeugt wird, und dass
- 10 - das erste Positioniersignal der ersten Antriebseinheit (24A) zum Bewegen der ersten Bildstabilisierungseinheit (16A) zugeführt wird.

\* \* \* \* \*

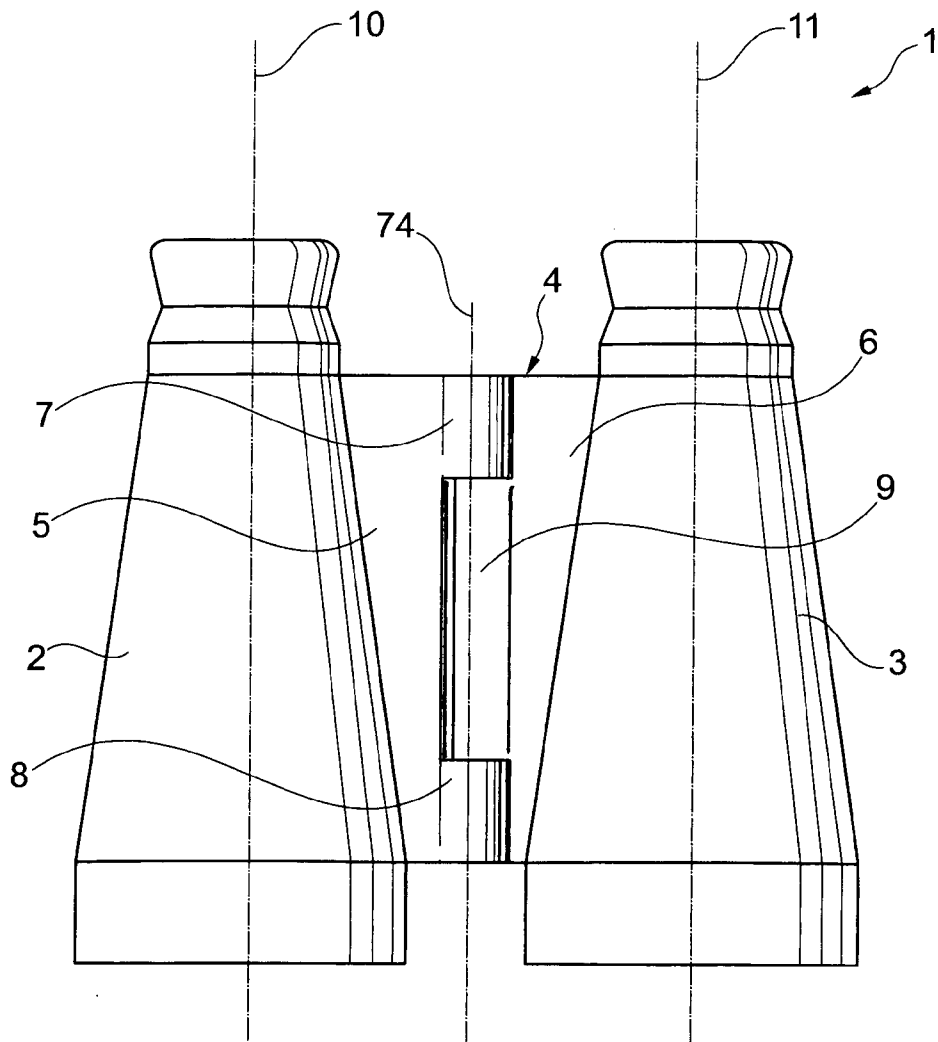


Fig. 1A

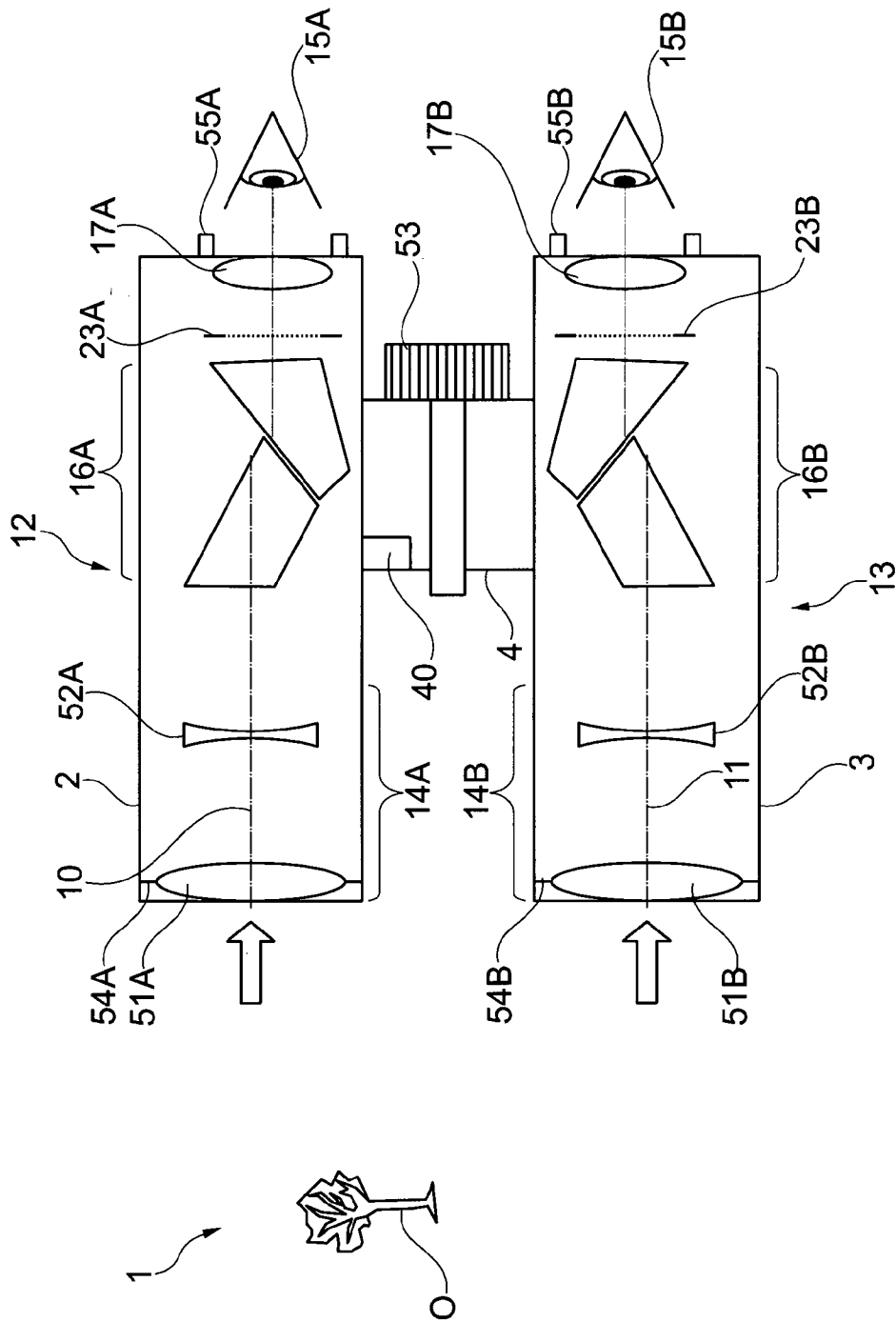


Fig. 1B

3/7

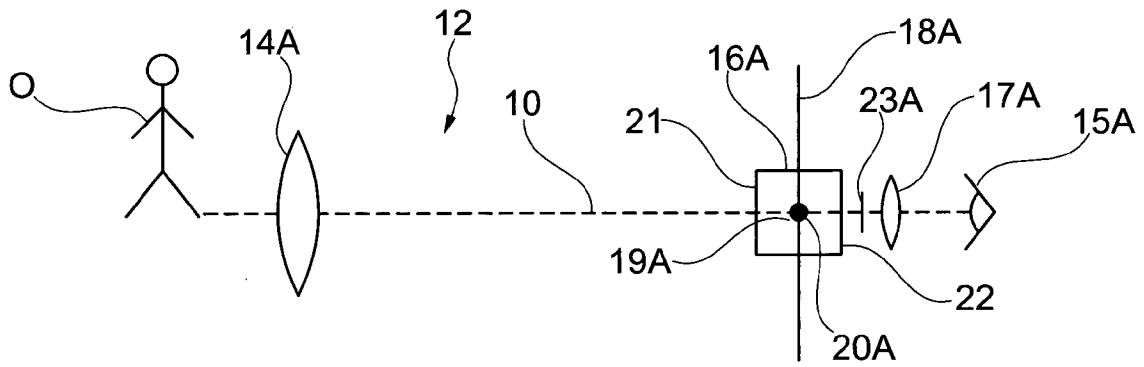


Fig. 2A

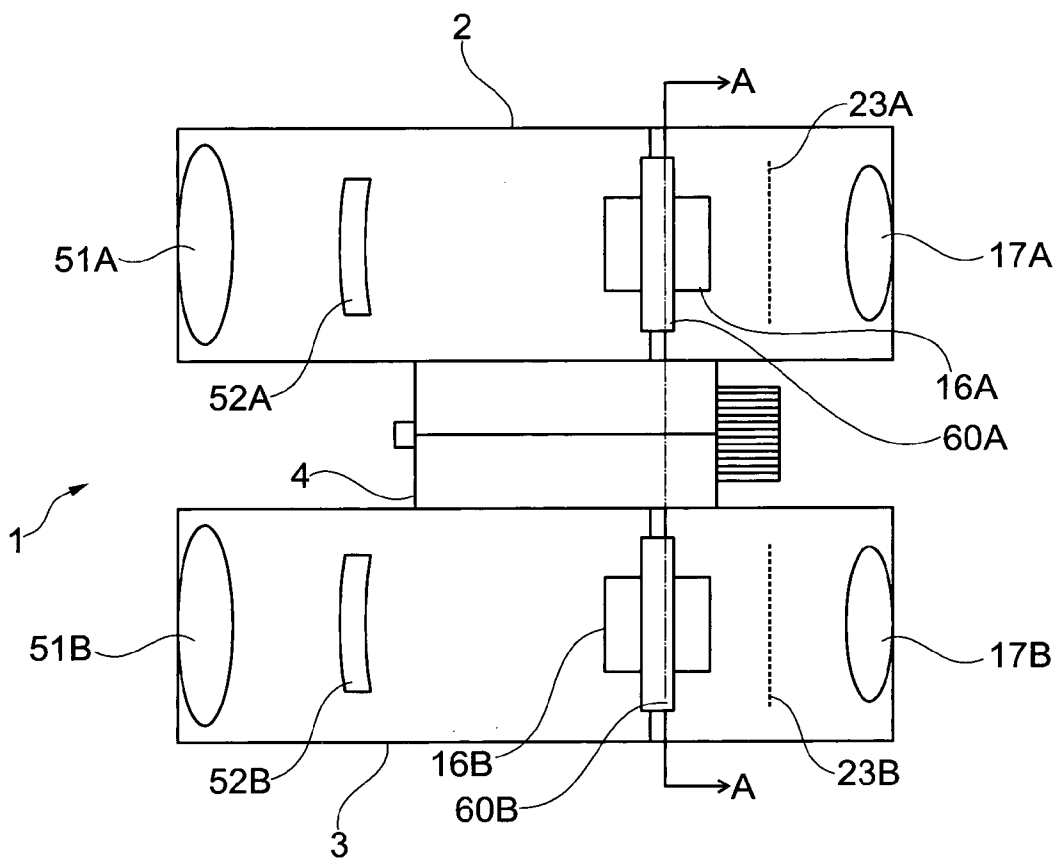


Fig. 2B

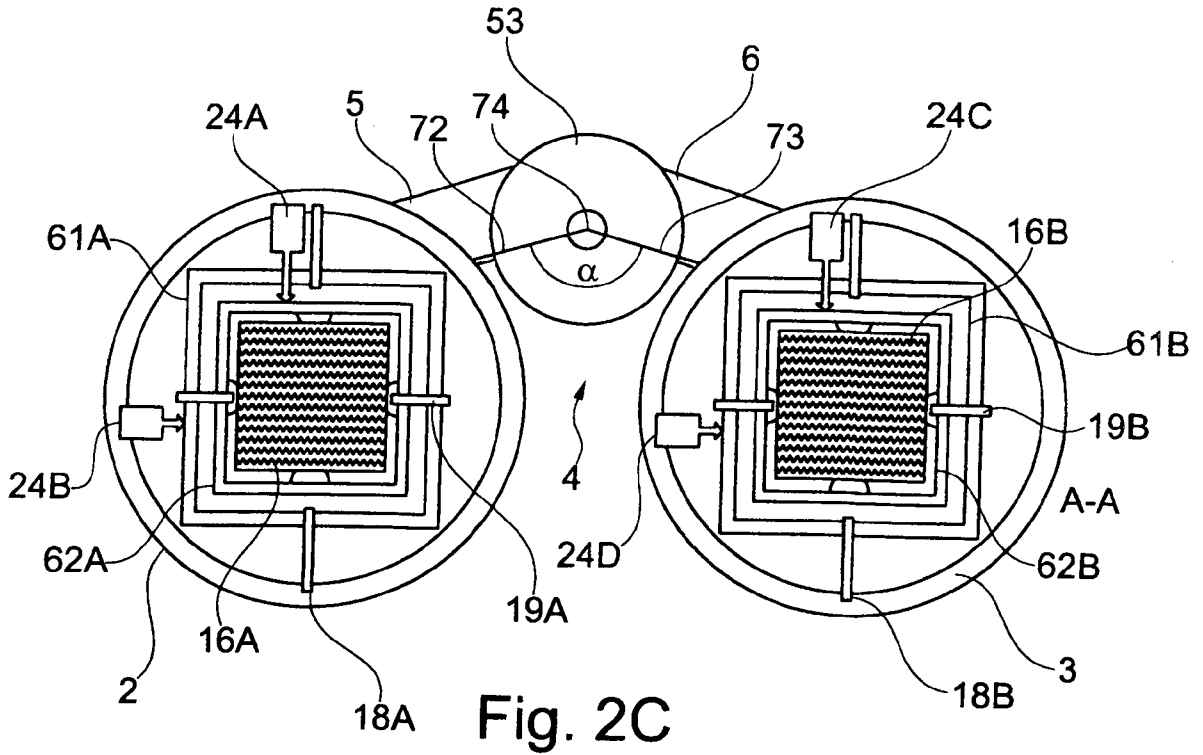


Fig. 2C

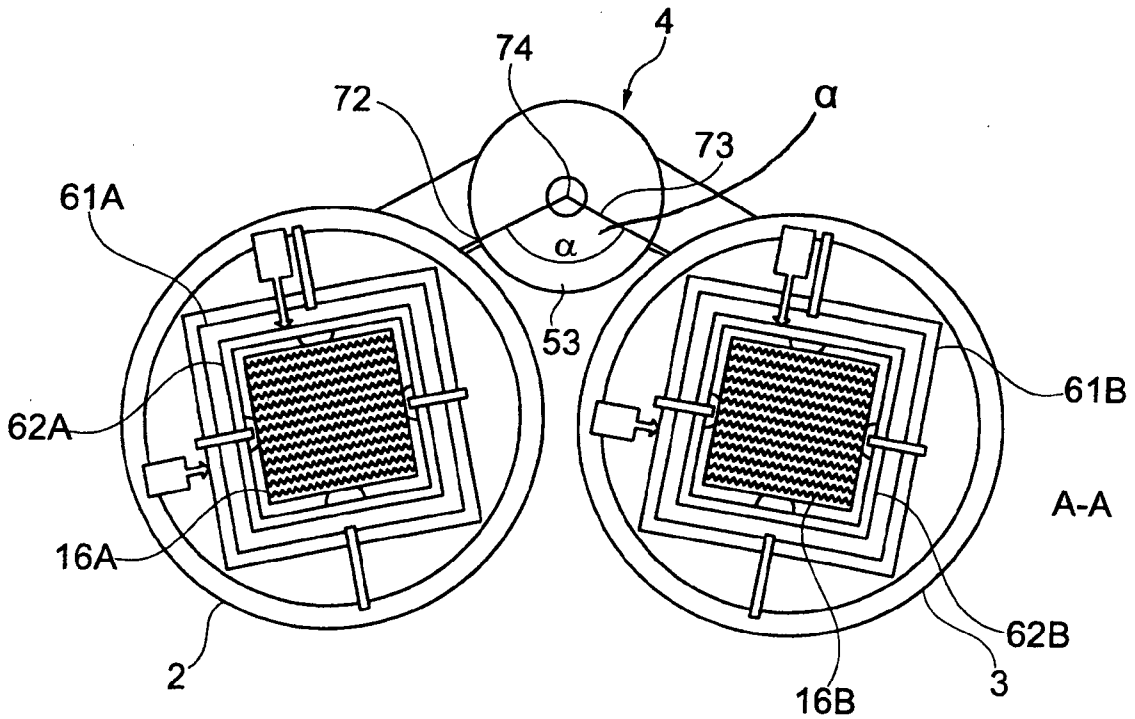


Fig. 2D

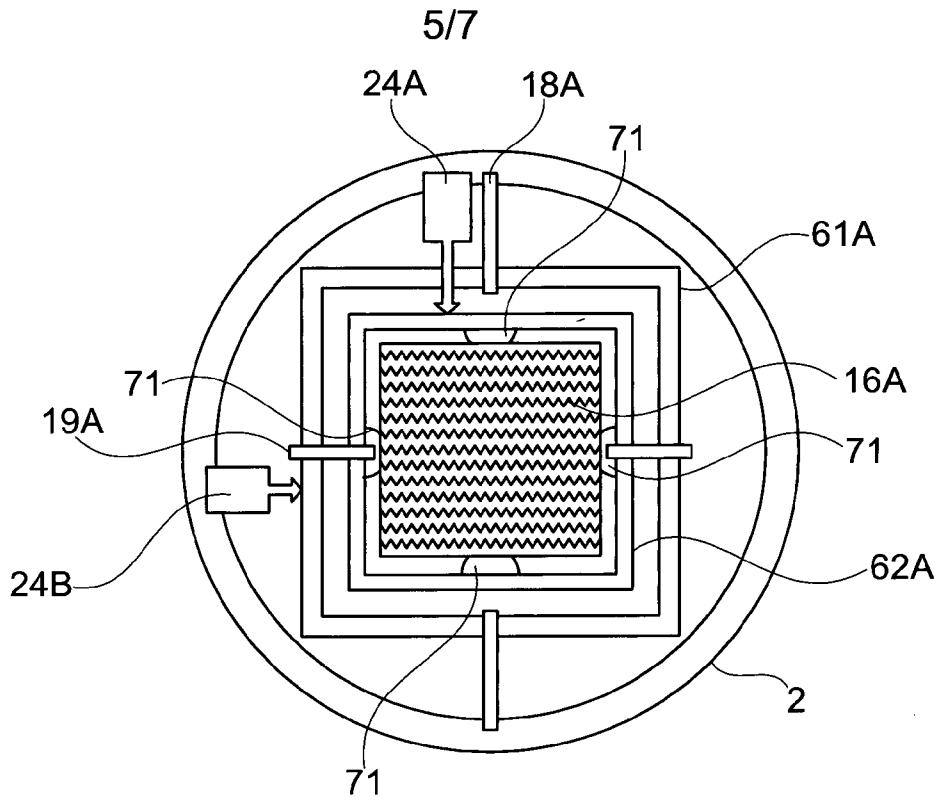


Fig. 2E

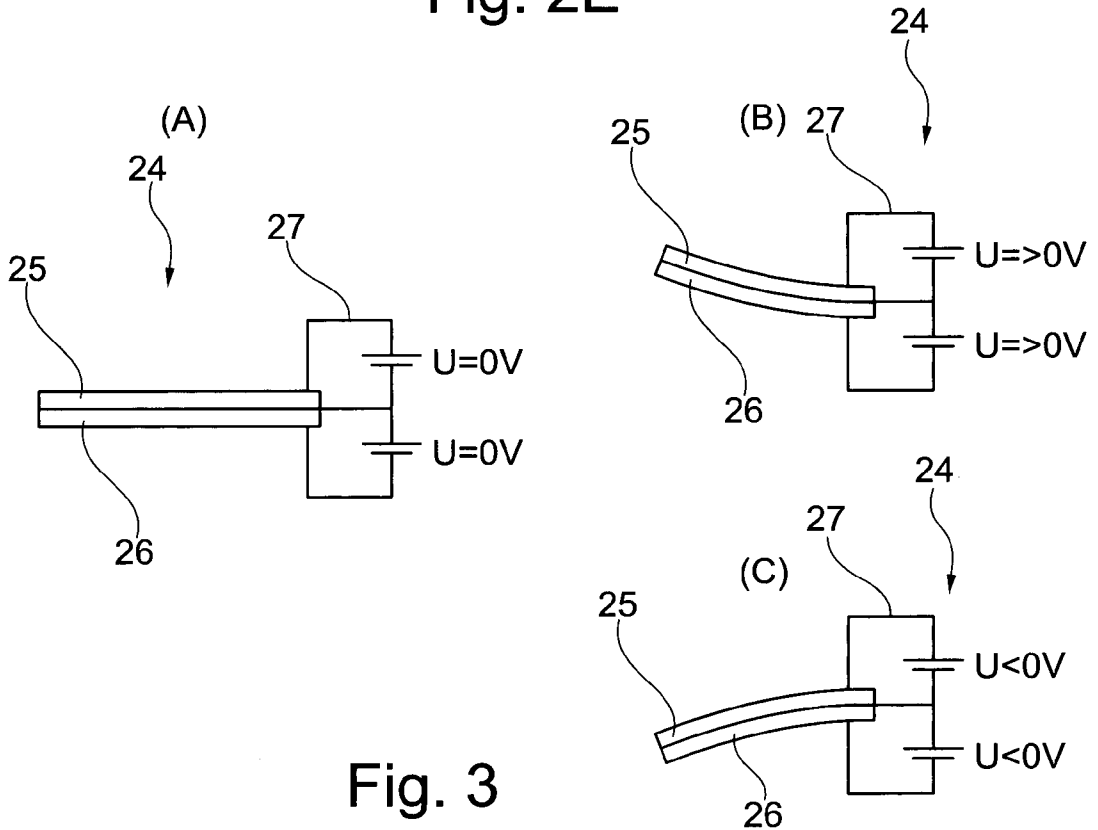


Fig. 3

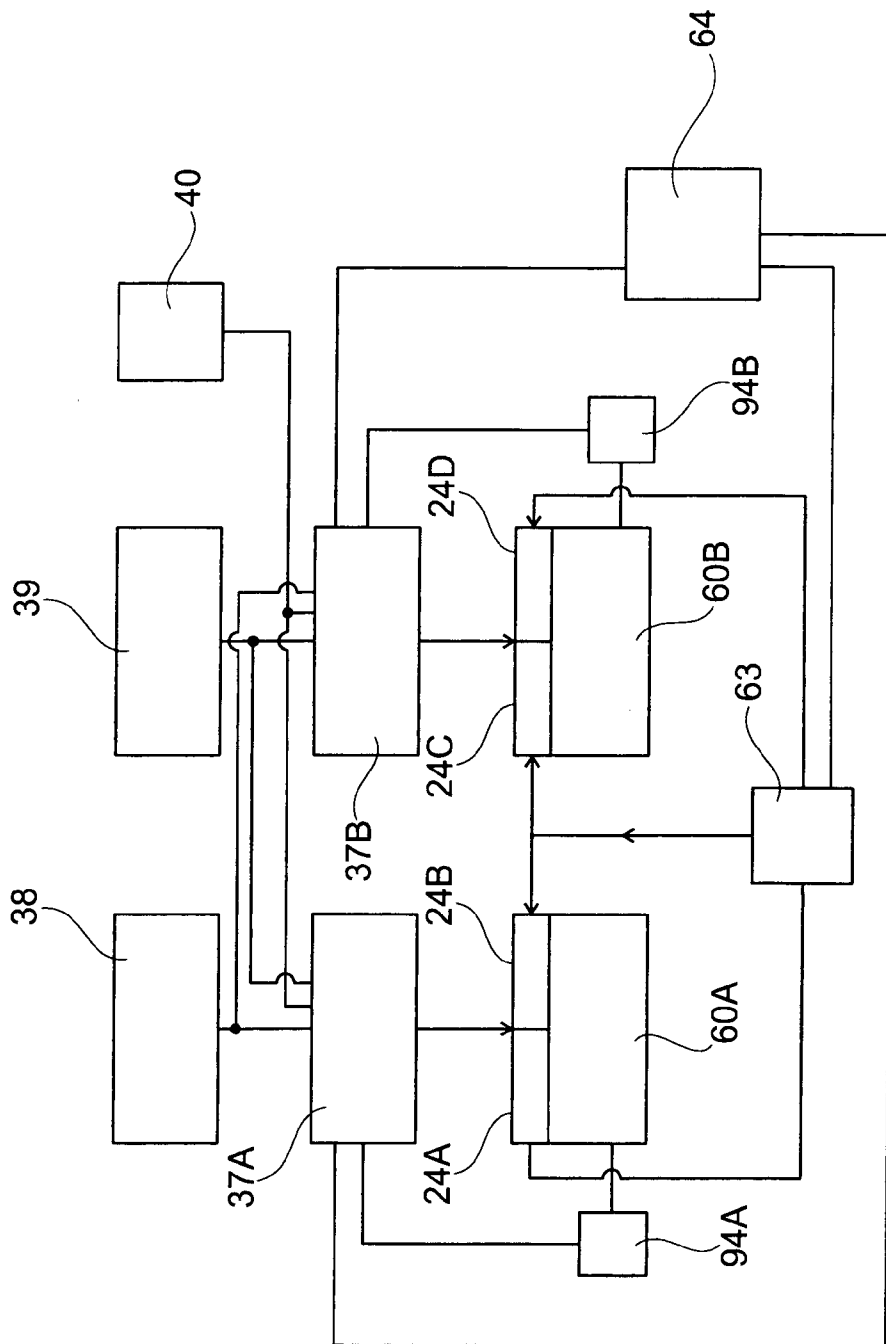


Fig. 4

7/7

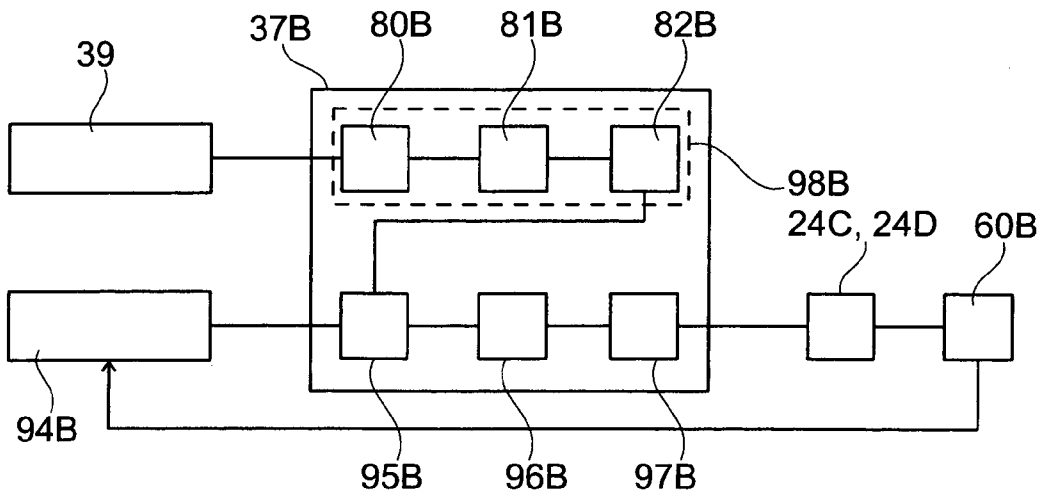
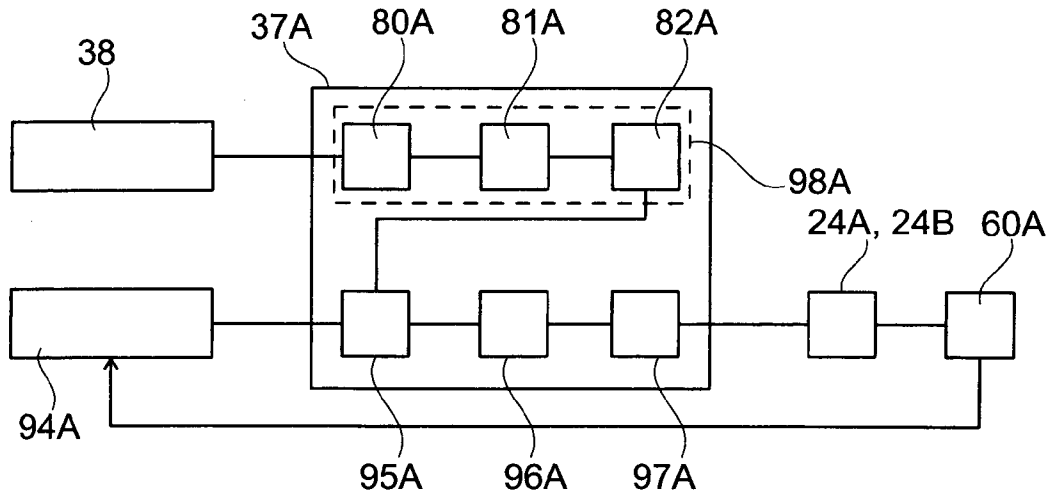


Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2014/050249

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. G02B23/02 G02B27/64  
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
G02B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 198 18 467 A1 (ASAHI OPTICAL CO LTD [JP] PENTAX CORP [JP]) 29 October 1998 (1998-10-29) figures 1-4	1-18
Y	US 2012/163784 A1 (SAITO AKIHITO [JP] ET AL) 28 June 2012 (2012-06-28) figure 1	1-18
A	US 6 343 188 B1 (MOROFUJI TSUYOSHI [JP]) 29 January 2002 (2002-01-29) the whole document	1-18
A	US 2004/046953 A1 (NAGATA KOICHI [JP] ET AL) 11 March 2004 (2004-03-11) figures 1-5 paragraph [0036] - paragraph [0077]	1-18
	-/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
24 February 2014	06/03/2014

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer  Windecker, Robert
--	---

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2014/050249

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 36 30 385 A1 (CANON KK [JP]) 19 March 1987 (1987-03-19) the whole document	1-18
A	----- US 2012/207457 A1 (MIYASAKO KENICHI [JP]) 16 August 2012 (2012-08-16) abstract; figure 1 paragraph [0018] - paragraph [0025] -----	1-12

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2014/050249

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
DE 19818467	A1	29-10-1998	DE 19818467 A1	29-10-1998
			FR 2762689 A1	30-10-1998
			US 6078436 A	20-06-2000
-----				
US 2012163784	A1	28-06-2012	CN 202421598 U	05-09-2012
			JP 2012141377 A	26-07-2012
			US 2012163784 A1	28-06-2012
			US 2013322861 A1	05-12-2013
-----				
US 6343188	B1	29-01-2002	US 6343188 B1	29-01-2002
			US 2002051635 A1	02-05-2002
-----				
US 2004046953	A1	11-03-2004	JP 2004101342 A	02-04-2004
			US 2004046953 A1	11-03-2004
-----				
DE 3630385	A1	19-03-1987	DE 3630385 A1	19-03-1987
			US 4780739 A	25-10-1988
-----				
US 2012207457	A1	16-08-2012	JP 2012168420 A	06-09-2012
			US 2012207457 A1	16-08-2012
-----				

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 INV. G02B23/02 G02B27/64  
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTER GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
 G02B

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE 198 18 467 A1 (ASAHI OPTICAL CO LTD [JP] PENTAX CORP [JP]) 29. Oktober 1998 (1998-10-29) Abbildungen 1-4	1-18
Y	US 2012/163784 A1 (SAITO AKIHITO [JP] ET AL) 28. Juni 2012 (2012-06-28) Abbildung 1	1-18
A	US 6 343 188 B1 (MOROFUJI TSUYOSHI [JP]) 29. Januar 2002 (2002-01-29) das ganze Dokument	1-18
A	US 2004/046953 A1 (NAGATA KOICHI [JP] ET AL) 11. März 2004 (2004-03-11) Abbildungen 1-5 Absatz [0036] - Absatz [0077]	1-18
	----- -/--	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

24. Februar 2014

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

06/03/2014

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Windecker, Robert

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 36 30 385 A1 (CANON KK [JP]) 19. März 1987 (1987-03-19) das ganze Dokument -----	1-18
A	US 2012/207457 A1 (MIYASAKO KENICHI [JP]) 16. August 2012 (2012-08-16) Zusammenfassung; Abbildung 1 Absatz [0018] - Absatz [0025] -----	1-12

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2014/050249

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung	
DE 19818467	A1	29-10-1998	DE 19818467 A1	29-10-1998
			FR 2762689 A1	30-10-1998
			US 6078436 A	20-06-2000
-----				
US 2012163784	A1	28-06-2012	CN 202421598 U	05-09-2012
			JP 2012141377 A	26-07-2012
			US 2012163784 A1	28-06-2012
			US 2013322861 A1	05-12-2013
-----				
US 6343188	B1	29-01-2002	US 6343188 B1	29-01-2002
			US 2002051635 A1	02-05-2002
-----				
US 2004046953	A1	11-03-2004	JP 2004101342 A	02-04-2004
			US 2004046953 A1	11-03-2004
-----				
DE 3630385	A1	19-03-1987	DE 3630385 A1	19-03-1987
			US 4780739 A	25-10-1988
-----				
US 2012207457	A1	16-08-2012	JP 2012168420 A	06-09-2012
			US 2012207457 A1	16-08-2012
-----				