(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
05. März 2020 (05.03.2020)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/043552 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G02B 7/02 (2006.01) *G03B 17/12* (2006.01)
G02B 23/22 (2006.01) *G03B 17/14* (2006.01)
G03B 17/08 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/072261

(22) Internationales Anmeldedatum:
20. August 2019 (20.08.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2018 121 367.0
31. August 2018 (31.08.2018) DE

(71) Anmelder: **CARL ZEISS JENA GMBH** [DE/DE]; Carl-Zeiss-Promenade 10, 07745 Jena (DE). **CARL ZEISS AG** [DE/DE]; Carl-Zeiss-Str. 22, 73447 Oberkochen (DE).

(72) Erfinder: **KAISER, Andreas**; Otto-Liebmann-Ring 17, 07743 Jena (DE). **SONDERMANN, Mario**; Talstraße 28, 01731 Kreischa OT Quohren (DE). **BERNER, Andrea**; Mittelstraße 65, 07745 Jena (DE). **LANGE, Hans**; Ziegenhainer Straße 59, 07749 Jena (DE). **DÖRING, Dirk**; Scharbergweg 14, 99094 Erfurt (DE). **WEBER, Uwe**; Rossbrunnenweg 12, 73432 Aalen (DE). **HACKEL, Tobias**; Mönchstraße 3, 99817 Eisenach (DE).

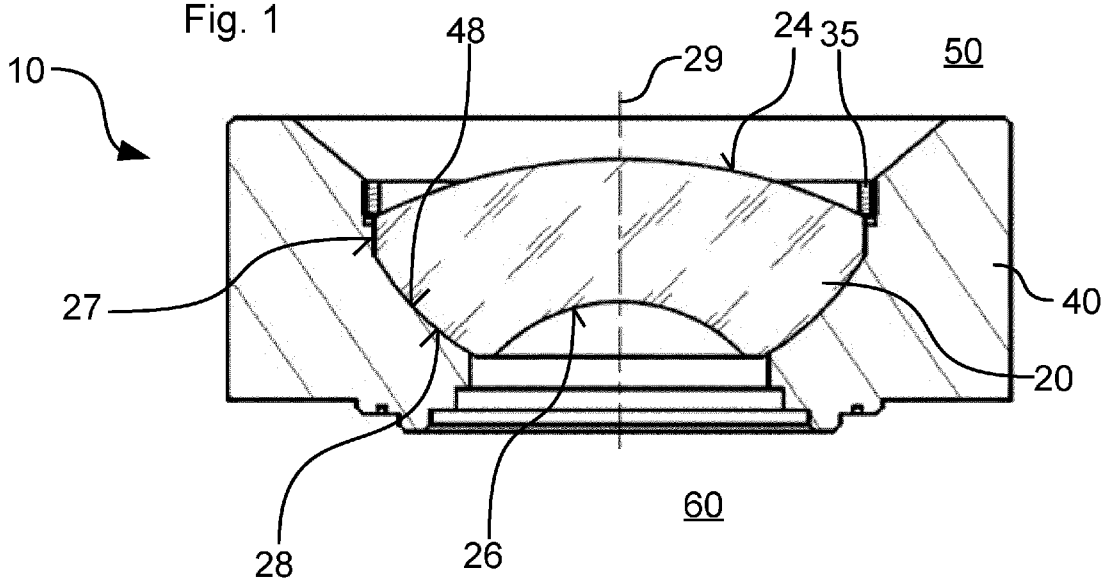
(74) Anwalt: **QIP PATENTANWÄLTE, DR. KUEHN & PARTNER MBB**; Goethestraße 8, 80336 München (DE).

(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,

(54) **Title:** OPTICAL SYSTEM FOR USE IN AN UNDERWATER ENVIRONMENT

(54) **Bezeichnung:** OPTISCHES SYSTEM ZUR VERWENDUNG IN EINER UNTERWASSERUMGEBUNG

Fig. 1



(57) **Abstract:** The invention relates to an optical system (10) for use in an underwater environment. The optical system (10) comprises a housing, which delimits an interior (60) of the optical system (10) with respect to the environment (50) in a water-tight manner, and a lens (20) having an outer surface (24). The housing has a frame (40). The lens (20) is held in the frame (40) in such a way that, when the optical system (10) is in the underwater environment, the outer surface (24) of the lens (20) is in fluid contact with water of the underwater environment. The outer surface (24) of the lens (20) has a curved shape, in particular a convex shape, preferably a spherical convex shape. The lens (20) has a first curved, in particular spherical, contact surface (28) and the frame (40) has a second contact surface (48). The lens (20) is arranged in the frame (40) in such a way that the first contact surface (28) presses against the second contact surface (48) when the pressure of the environment (50) of the optical system (10) is higher than the pressure in the interior (60) of the optical system (10).

WO 2020/043552 A1

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, ST, 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)*

(57) Zusammenfassung: Es wird ein optisches System (10) zur Verwendung in einer Unterwasserumgebung vorgeschlagen, wobei das optische System (10) ein Gehäuse, das einen Innenraum (60) des optischen Systems (10) gegenüber der Umgebung (50) wasserdicht abgrenzt, und eine Linse (20) mit einer Außenoberfläche (24) umfasst, wobei das Gehäuse eine Fassung (40) aufweist, wobei die Linse (20) derart in der Fassung (40) aufgenommen ist, dass, wenn sich das optische System (10) in der Unterwasserumgebung befindet, die Außenoberfläche (24) der Linse (20) mit Wasser der Unterwasserumgebung in Fluidkontakt steht, wobei die Außenoberfläche (24) der Linse (20) eine gewölbte Form, insbesondere eine konvexe Form, vorzugsweise eine sphärisch-konvexe Form, aufweist, wobei die Linse (20) eine erste gewölbte, insbesondere sphärische, Kontaktfläche (28) und die Fassung (40) eine zweite Kontaktfläche (48) aufweist, wobei die Linse (20) derart in der Fassung (40) angeordnet ist, dass die erste Kontaktfläche (28) gegen die zweite Kontaktfläche (48) drückt, wenn der Druck der Umgebung (50) des optischen Systems (10) höher ist als der Druck in dem Innenraum (60) des optischen Systems (10).

Optisches System zur Verwendung in einer Unterwasserumgebung

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein optisches System zur Verwendung in einer Unterwasserumgebung.

Stand der Technik

Optische Systeme, also insbesondere (Kamera-)Objektive, die in Unterwasserumgebungen eingesetzt werden, müssen hohen Drücken standhalten, die tauchtiefeabhängig auf die optischen Systeme einwirken. Üblicherweise sind mechanisch-optisch-elektrische Systeme gegen das Wasser der Unterwasserumgebung durch ein Gehäuse gekapselt, in welchem quasikonstante (Gas-)Druckbedingungen herrschen. Optische Systeme, die die Umgebung bzw. Teile der Umgebung visuell erfassen sollen, benötigen im Gehäuse eine optisch transparente Schnittstelle zur Umgebung (auch optischer Port genannt). Hierzu weist der optische Port eine optisch transparente Komponente aus einem optischen Funktionswerkstoff (i.A. Glas) auf, der mit der Unterwasserumgebung in direktem Kontakt steht. Die optisch transparente Komponente muss somit tauchtiefeabhängig hohen Drücken der Unterwasserumgebung sowie Druckwechseln standhalten.

Bei bisher bekannten optischen Systemen zur Verwendung in einer Unterwasserumgebung wird die funktionelle Anforderung an die optisch transparente Komponente primär auf die mechanische Tragfähigkeit, d.h. auf die mechanisch ausreichend tragfähige Abgrenzung des Gehäuseinneren zum Umgebungsmedium mit möglichst neutraler optisch abbildender Wirkung begrenzt. Im Stand der Technik bekannte Ausführungsformen der enthaltenen optisch transparenten Komponente sind Planplatten oder konzentrische Menisken/ Domoptiken, welche auf ebenen oder kegelförmigen Gestaltelementen (z.B. 45° halber Öffnungswinkel) zum Gehäuse hin gefasst und abgestützt werden.

Somit wird die optisch transparente Komponente von optischen Systemen im Stand der Technik als zusätzliche, die optischen Abbildungseigenschaften negativ beeinflussende/ nicht förderliche Komponente eingesetzt. Als einem optischen Abbildungssystem

vorgeschaltete Komponente muss die optisch transparente Komponente für die von dem optischen Abbildungssystem geforderten Abbildungseigenschaften eine ausreichende Öffnung bieten. Dadurch sind die optisch transparente Komponente des optischen Ports, und damit dessen, dem Umgebungsdruck ausgesetzte Fläche immer größer als die funktionsbedingt notwendigen Abmessungen der ersten Linse des optischen Abbildungssystems. Dadurch liegt eine nachteilige Randbedingung zur Gestaltung der transparenten Komponente des optischen Ports aufgrund der flächenproportionalen, aus dem Umgebungsdruck resultierenden Belastung vor.

Nachteilig an optischen Systemen entsprechend des Stands der Technik ist, dass die optisch transparente Komponente ein zusätzliches erforderliches Element im System darstellt, welches stark durch den äußeren Druck belastet ist, da sie i.A. erheblich größer als die funktionsbedingt notwendigen Abmessungen der ersten Linse eines optischen Abbildungssystems sein muss, um diesem genug Öffnung zu bieten, fertigungstechnisch aufwendig insbesondere bei am Rand gefassten Varianten ist und die optisch neutrale Wirkung nur bedingt erreicht wird.

Offenbarung der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, ein optisches System zur Verwendung in einer Unterwasserumgebung aufzuzeigen, welches eine hohe mechanische Tragfähigkeit besitzt und gute optische Eigenschaften aufweist sowie technisch einfach herstellbar ist.

Diese Aufgabe wird durch ein optisches System gemäß Anspruch 1 gelöst.

Insbesondere wird die Aufgabe durch ein optisches System zur Verwendung in einer Unterwasserumgebung gelöst, wobei das optische System ein Gehäuse, das einen Innenraum des optischen Systems gegenüber der Umgebung wasserdicht abgrenzt, und eine Linse mit einer Außenoberfläche umfasst, wobei das Gehäuse eine Fassung aufweist, wobei die Linse derart in der Fassung aufgenommen ist, dass, wenn sich das optische System in der Unterwasserumgebung befindet, die Außenoberfläche mit dem Wasser der Unterwasserumgebung in Fluidkontakt steht, wobei die Außenoberfläche der Linse eine gewölbte Form, insbesondere eine konvexe Form, vorzugsweise eine sphärisch-konvexe

Form, aufweist, wobei die Linse eine erste (konkav oder konvex) gewölbte, insbesondere sphärische, Kontaktfläche und die Fassung eine zweite Kontaktfläche aufweist, wobei die Linse derart in der Fassung angeordnet ist, dass die erste Kontaktfläche gegen die zweite Kontaktfläche drückt, wenn der Druck der Umgebung des optischen Systems höher ist als der Druck in dem Innenraum des optischen Systems.

Ein Vorteil dieses optischen Systems ist, dass die Linse eine optisch aktive Komponente sein kann. Hierdurch kann die Anzahl an Teilen des optischen Systems vermindert und die optische Leistungsfähigkeit des optischen Systems erhöht werden. Die Abmessungen der Linse bzw. der Außenoberfläche der Linse und damit ihre dem äußeren Druck ausgesetzte Fläche können auf das optisch funktionell erforderliche Maß reduziert werden. Zudem weist das optische System sehr gute optische Eigenschaften auf, da die Linse, die in der Unterwasserumgebung in Kontakt mit dem Wasser steht, entsprechend gestaltet bzw. berechnet werden kann. Durch die Form der ersten Kontaktfläche kann den auftretenden, tauchtiefeabhängigen (veränderlichen) Kräften in einer Unterwasserumgebung besonders gut standgehalten werden. Zudem lässt sich die erste Kontaktfläche mit einer besonders hohen Präzision kostengünstig herstellen. Insbesondere kann die erste Kontaktfläche mit konventionellen Verfahren der Optik technisch einfach präzise hergestellt und mit gängigen Messverfahren vermessen und die Qualität der ersten Kontaktfläche bewertet werden. Hierdurch können die Linse und somit das optische System besonders hohen Drücken ohne Beschädigungen standhalten. Die erste Kontaktfläche kann die zweite Kontaktfläche unmittelbar bzw. direkt berühren/kontaktieren oder es kann zumindest teilweise oder vollständig eine Zwischenschicht aus einem zusätzlichen Material, d.h. aus einem Material, das nicht dem Material der Linse und nicht dem Material der Fassung gleicht, zwischen der ersten Kontaktfläche und der zweiten Kontaktfläche vorhanden sein. Die erste Kontaktfläche kann nur einen Teil der zweiten Kontaktfläche berühren bzw. in der Unterwasserumgebung kann ein Teil der ersten Kontaktfläche gegen die zweite Kontaktfläche bzw. ein Teil der zweiten Kontaktfläche drücken.

Gemäß einer Ausführungsform liegt der Mittelpunkt der sphärischen Form der ersten Kontaktfläche auf einer optischen Achse der Linse. Vorteilhaft hieran ist, dass die erste Kontaktfläche mit einer besonders hohen Präzision technisch einfach hergestellt werden kann.

Gemäß einer Ausführungsform weist die Linse eine der Außenoberfläche gegenüberliegende Innenoberfläche auf, wobei eine optische Achse der Linse durch die Außenoberfläche und die Innenoberfläche verläuft, und die Innenoberfläche der Linse weist eine gewölbte Form, insbesondere eine konkave Form, vorzugsweise eine sphärisch-konkave Form, auf. Ein Vorteil hiervon ist, dass das optische System eine besonders geringe Anzahl an Teilen aufweist.

Gemäß einer Ausführungsform weist die erste Kontaktfläche der Linse eine konvexe Form auf, und die zweite Kontaktfläche der Fassung weist eine konkave Form mit einem Krümmungsradius, der im Wesentlichen einem Krümmungsradius der konvexen Form der ersten Kontaktfläche entspricht, auf. Hierdurch besteht ein besonders großflächiger Kontakt zwischen der ersten Kontaktfläche und der zweiten Kontaktfläche. Somit können die durch den Druck der Unterwasserumgebung auftretenden Kräfte spannungsarm in die Fassung übertragen werden. Die zweite Kontaktfläche kann z.B. durch konventionelle spanende Verfahren hergestellt werden. Die hergestellte erste Kontaktfläche der Linse kann technisch einfach mit gängigen Fertigungsverfahren der Optik hergestellt und mit Hilfe konventioneller Messtechnik aus der Optikteilherstellung sehr genau vermessen und bewertet werden. Dadurch ist es möglich, die Linsen hinsichtlich der erreichten Qualität optimal mit der zweiten Kontaktfläche der Fassung zu kombinieren.

Gemäß einer Ausführungsform weist die erste Kontaktfläche eine konvexe Form auf, wobei die zweite Kontaktfläche eine konkave Form aufweist, wobei in einem Querschnitt entlang einer Ebene, die die optische Achse der Linse enthält, der Krümmungsradius der ersten Kontaktfläche kleiner als der Krümmungsradius der zweiten Kontaktfläche ist, und wobei der Mittelpunkt der konkaven Form der zweiten Kontaktfläche nicht auf einer optischen Achse der Linse liegt. Es entsteht bei idealer Form und Steifigkeit von Linse, Fassung und ggf. vorhandener Zwischenlage ein kreisförmiger Linienkontakt. In der Praxis bildet sich im Kontaktbereich der ersten und zweiten Kontaktfläche eine Berührungsfläche bzw. die Hertz´sche Pressungsfläche, d.h. die Fläche, in der sich die erste Kontaktfläche und die zweite Kontaktfläche berühren, eine kranzförmige bzw. ringförmige Fläche, die symmetrisch zur optischen Achse der Linse ausgebildet ist. Die resultierende mechanische Spannung wird durch die Lage (d.h. Position und Orientierung) der Berührungsfläche bzw. Hertz´schen Pressungsfläche, das Verhältnis der Krümmungsradien von erster Kontaktfläche und zweiter Kontaktfläche und dem Elastizitätsmodul an erster Kontaktfläche bzw. Linse und zweiter Kontaktfläche bzw. Fassung, sowie den Materialeigenschaften des Werkstoffs einer ggf. vorhandenen Zwischenlage beeinflusst. Bei auftretenden Form- und Maßabweichungen der

Linsen- und/oder der Fassungsgeometrie aufgrund von Fertigungsabweichungen und/oder aufgrund der Deformation durch Belastung im Betriebsfall bleibt die Form der Berührungsfläche bzw. Hertz´schen Pressungsfläche und damit die prinzipielle Kontaktsituation unverändert erhalten. Die Lage und Ausprägung der Berührungsfläche bzw. Hertz´schen Pressungsfläche verändert sich hierbei. Die erste Kontaktfläche und die zweite Kontaktfläche können derart ausgelegt bzw. entworfen bzw. hergestellt werden, dass das optische System besonders hohen Drücken ohne Beschädigungen standhalten kann.

Gemäß einer Ausführungsform ist zwischen der ersten Kontaktfläche und der zweiten Kontaktfläche eine elastische Zwischenlage und/oder ein Klebstoff angeordnet. Hierdurch können die auftretenden Kräfte bzw. Spannung bei auftretenden Verformungen der Linse und/oder der Fassung besonders gut bzw. gleichmäßig verteilt werden und das Auftreten von lokalen plastischen Verformungen, insbesondere der duktilen Fassungskomponenten, sicher vermieden werden. Somit kann das optische System bzw. die Linse noch höheren Drücken sicher standhalten.

Gemäß einer Ausführungsform ist die elastische Zwischenlage und/oder der Klebstoff derart ausgebildet, dass bei einem Erhöhen des Drucks auf die Außenoberfläche der Linse eine Dichtungswirkung zwischen der Linse und der Fassung erhöht wird. Ein Vorteil hiervon ist, dass durch die selbstverstärkende Abdichtung auch bei hohen Drücken das Eindringen von Wasser in den Bereich zwischen der ersten Kontaktfläche und der zweiten Kontaktfläche und somit in das Innere des Gehäuses besonders sicher vermieden wird.

Gemäß einer Ausführungsform weist die Fassung einen Hinterschnitt auf, wobei Flächen des Hinterschnitts, wenn sich das optische System in der Unterwasserumgebung befindet, mit der Unterwasserumgebung in Fluidverbindung stehen. Ein Vorteil hiervon ist, dass bei Umgebungsdruck bzw. dem Druck des Wassers durch direkte, kurze Kraftleitung im Bereich der Fassung deren Biegebelastung und damit die auftretende Verformung im Fassungsbereich, d.h. im Bereich der ersten und zweiten Kontaktfläche minimiert werden. Somit wird vermieden, dass sich die Fassung verformt und/oder die Form der Berührungsfläche bzw. Hertz´schen Pressungsfläche aufgrund einer Verbiegung der Fassung sich wesentlich verändern. Somit kann das optische System besonders hohen Drücken besonders zuverlässig standhalten.

Gemäß einer Ausführungsform ist der Hinterschnitt derart ausgebildet, dass die Fassung auf Höhe des Hinterschnitts einen Durchmesser senkrecht zur optischen Achse der Linse aufweist, der im Wesentlichen dem Durchmesser der Linse senkrecht zur optischen Achse der Linse entspricht. Vorteilhaft hieran ist, dass ein Verbiegen bzw. Verformen der Fassung im Bereich der Linse bzw. im Bereich der zweiten Kontaktfläche minimiert wird. Somit kann das optische System noch höheren Drücken sicher standhalten.

Gemäß einer Ausführungsform weist das optische System weitere optische Elemente, insbesondere weitere Linsen, auf, wobei die weiteren optischen Elemente mit einem Teil der Fassung derart starr verbunden sind, dass bei einer Bewegung der Linse mit der Fassung relativ zu übrigen Teilen des Gehäuses die weiteren optischen Elemente derart entsprechend mitbewegt werden, dass sich Abstände zwischen der Linse und den weiteren optischen Elementen im Wesentlichen nicht verändern. Vorteilhaft hieran ist, dass die Abbildungsqualität des optischen Systems auch bei einer Verschiebung der Linse bzw. der Fassung aufgrund von Belastung bei hohen Drücken unverändert bleibt. Die weiteren optischen Elemente werden zusammen mit der Linse verschoben, so dass sich die Abstände zwischen den weiteren optischen Elementen und der Linse nicht verändern.

Gemäß einer Ausführungsform ist die erste Kontaktfläche der Linse poliert und/oder geätzt. Hierdurch können Tiefenschädigungen bzw. Mikrorisse bzw. Risskeime in der ersten Kontaktfläche technisch einfach zuverlässig entfernt bzw. vermieden/minimiert werden. Hierdurch können die auftretenden Kräfte besonders sicher und zuverlässig in die Fassung übertragen bzw. geleitet werden. Somit kann das optische System noch höheren Drücken zuverlässig standhalten.

Gemäß einer Ausführungsform ist die Linse derart in der Fassung vorgespannt angeordnet, dass die Linse mit ihrer ersten Kontaktfläche gegen die zweite Kontaktfläche gedrückt wird bzw. drückt, auch wenn der Druck in der Umgebung des optischen Systems gleich dem Druck im Innenraum des optischen Systems ist. Insbesondere kann die erste Linse derart vorgespannt sein, dass die Linse mit einer Kraft gegen die zweite Kontaktfläche drückt, die einer Kraft des mindestens 10-fachen, vorzugsweise mindestens des 50-fachen des Normaldrucks, entspricht. Hierdurch ist sichergestellt, dass die Position der Linse relativ zu der Fassung auch bei Umgebungen mit Normaldruck stets gleichbleibt. Dies erhöht die Zuverlässigkeit des optischen Systems.

Gemäß einer Ausführungsform ist zwischen der Außenoberfläche der Linse und der ersten Kontaktfläche der Linse eine Seitenfläche in Form einer Mantelfläche eines Zylinders ausgebildet. Hierdurch kann die Linse technisch einfach zentriert werden. Zudem kann die Seitenfläche als Dichtfläche zum Abdichten in Verbindung mit Abdichtelementen dienen.

Gemäß einer Ausführungsform verläuft die Seitenfläche koaxial zu der optischen Achse der Linse. Ein Vorteil hiervon ist, dass die Kräfte besonders sicher von der Außenoberfläche auf die erste Kontaktfläche übertragen werden. Somit kann die Linse besonders zuverlässig hohen Drücken standhalten.

Gemäß einer Ausführungsform weist das optische System ferner eine Dichtung zum Abdichten eines Bereichs zwischen der ersten Kontaktfläche der Linse und der zweiten Kontaktfläche der Fassung auf. Hierdurch wird das Eindringen von Wasser auch bei hohen Umgebungsdrücken sicher und technisch einfach verhindert. Zudem ist der Kontakt zwischen der ersten Kontaktfläche und der zweiten Kontaktfläche unabhängig von der Dichtung. Dies erhöht die Zuverlässigkeit des optischen Systems noch weiter.

Eine sphärische Form einer Oberfläche kann insbesondere bedeuten, dass die Oberfläche ein Oberflächenausschnitt einer Kugel ist.

Das optische System kann insbesondere derart ausgebildet sein, dass es Drücken, die in Tiefseeumgebungen (> 200 m) auftreten, ohne Beschädigungen standhalten kann. Zudem kann das optische System derart ausgebildet sein, dass das optische System insbesondere Druckunterschieden, die beim Auftauchen bzw. Abtauchen, bis in die Tiefsee, auftreten, ohne Beschädigungen standhalten kann.

Bevorzugte Ausführungsformen ergeben sich aus den Unteransprüchen. Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Zeichnungen von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Hierbei zeigen

Fig. 1 eine Querschnittsansicht einer ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen optischen Systems;

Fig. 2 eine Querschnittsansicht einer Linse einer zweiten Ausführungsform des erfindungsgemäßen optischen Systems;

Fig. 3 eine Querschnittsansicht einer dritten Ausführungsform des erfindungsgemäßen optischen Systems; und

Fig. 4 eine schematische Detailansicht des optischen Systems aus Fig. 3.

Bei der nachfolgenden Beschreibung werden für gleiche und gleich wirkende Teile dieselben Bezugsziffern verwendet.

Fig. 1 zeigt eine Querschnittsansicht einer ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen optischen Systems 10. Das optische System 10 umfasst eine Linse 20 und ein Gehäuse, wobei die Linse 20 in einer Fassung 40 des Gehäuses aufgenommen ist. Das Gehäuse begrenzt einen Innenraum 60 gegenüber der Umgebung 50. Das optische System 10 ist zur Verwendung in einer Unterwasserumgebung ausgebildet. Dies bedeutet, dass das optische System 10 und auch das Gehäuse bzw. die Fassung 40 hohen Drücken (z.B. mehreren hundert bar Druck) standhalten kann.

Das optische System 10 kann z.B. für eine Unterwasserkamera verwendet werden bzw. kann eine Unterwasserkamera sein.

Die Linse 20 stellt einen optischen Port dar, der eine optisch durchlässige bzw. durchsichtige Verbindung durch das Gehäuse zwischen dem Innenraum 60 und der Umgebung 50 bildet. Auf diese Weise kann Licht aus der Umgebung 50 in das Gehäuse gelangen.

Die Linse 20 weist eine Außenoberfläche 24 auf, die zum Kontaktieren des Wassers ausgebildet ist. Dies bedeutet, dass Wasser die Außenoberfläche 24 der Linse 20 kontaktiert bzw. berührt, wenn sich das optische System 10 in einer Unterwasserumgebung befindet.

Die Linse 20 stellt somit eine äußere Grenze des Innenraums 60 gegenüber der Umgebung 50 dar.

Die Außenoberfläche 24 der Linse 20 weist eine gewölbte Form auf, d.h. die Außenoberfläche 24 der Linse 20 ist nicht flach. Die Außenoberfläche 24 der Linse 20 kann eine sphärische Form haben. Die Außenoberfläche 24 weist in Fig. 1 eine sphärisch konvexe Form, d.h. eine zur Umgebung 50 hin gewölbte Form, auf.

Vorstellbar ist jedoch auch, dass die Außenoberfläche 24 der Linse 20 eine asphärische Form aufweist. Beispielsweise kann die Außenoberfläche 24 mehrere Unterabschnitte aufweisen, die jeweils eine sphärische Form mit zueinander unterschiedlichen Krümmungsradien aufweisen.

Denkbar ist auch, dass die Außenoberfläche 24 der Linse 20 eine sphärisch konkave Form aufweist, d.h. eine zum Innenraum 60 gewölbte Form aufweist.

Der Außenoberfläche 24 der Linse 20 gegenüber liegt eine Innenoberfläche 26 der Linse 20. Die optische Achse 29 verläuft durch die Mitte der Linse 20 und somit durch die Außenoberfläche 24 und die Innenoberfläche 26. Die Innenoberfläche 26 weist eine sphärisch konkave Form auf, d.h. eine Wölbung weg von dem Innenraum 60. Der Mittelpunkt der Krümmung der Innenoberfläche 26 liegt auf der optischen Achse 29 der Linse 20.

Die Linse 20 weist eine erste Kontaktfläche 28 auf. Die erste Kontaktfläche 28 ist der Fassung 40 zugewandt. Die erste Kontaktfläche 28 liegt der Außenoberfläche 24 gegenüber. Die erste Kontaktfläche 28 ist zum Kontaktieren einer zweiten Kontaktfläche 48 der Fassung 40 ausgebildet. In Fig. 1 berührt die erste Kontaktfläche 28 die zweite Kontaktfläche 48 der Fassung 40 unmittelbar bzw. direkt. Dies bedeutet, dass keine weitere Zwischenschicht oder ähnliches zwischen der ersten Kontaktfläche 28 und der zweiten Kontaktfläche 48 vorhanden ist. Die erste Kontaktfläche 28 drückt somit gegen die zweite Kontaktfläche 48, wenn gegen die Außenoberfläche 24 der Linse 20 gedrückt wird.

Die erste Kontaktfläche 28 weist eine sphärische Form auf, wobei der Mittelpunkt der Krümmung der ersten Kontaktfläche 28 auf der optischen Achse 29 der Linse 20 liegt. Die erste Kontaktfläche 28 weist in Fig. 1 eine sphärisch konvexe Form auf. Die zweite Kontaktfläche 48 weist eine sphärisch konkave Form auf. Der Mittelpunkt der Krümmung der zweiten Kontaktfläche 48 liegt auf der optischen Achse 29 der Linse 20.

Die erste Kontaktfläche 28 umläuft sozusagen die Innenoberfläche 26 der Linse 20. Die erste Kontaktfläche 28 ist eine sphärische Fase bzw. Facette.

Die Krümmungsradien der ersten Kontaktfläche 28 und der zweiten Kontaktfläche 48 sind gleich groß bzw. identisch. Hierdurch berühren sich die erste Kontaktfläche 28 und die zweite Kontaktfläche 48 großflächig. Die erste Kontaktfläche 28 ist somit in großen Teilen komplementär bzw. kongruent sowie konzentrisch zu der zweiten Kontaktfläche 48 ausgebildet. Wenn die Umgebung 50 bzw. das Wasser der Umgebung 50 gegen die Außenoberfläche 24 der Linse 20 drückt, drückt die erste Kontaktfläche 28 großflächig gegen die zweite Kontaktfläche 48. Hierdurch werden die auftretenden Kräfte besonders spannungsarm in die Fassung 40 geleitet. Die Größe der auftretenden mechanischen Spannungen in der Linse 20 und Fassung 40 können somit gering gehalten werden.

Der Bereich, in dem sich die ersten Kontaktfläche 28 und die zweite Kontaktfläche 48 berühren (sogenannte Berührungsfläche bzw. Hertz´sche Pressungsfläche), weist die Form eines ringförmigen Kugelsegments auf.

Die erste Kontaktfläche 28 der Linse 20 kann poliert und/oder geätzt sein. Hierdurch werden Mikrorisse und/oder Tiefenschädigungen und/oder Risskeime aus der Linse 20 minimiert. Somit kann die Linse 20 höheren Drücken standhalten.

Die Form der ersten Kontaktfläche 28 kann sehr präzise hergestellt werden. Zudem kann die Form durch übliche optische Messverfahren sehr genau erfasst und folglich bewertet werden. Somit lässt sich die erste Kontaktfläche 28 technisch einfach mit einer sehr hohen Präzision herstellen. Folglich kann, insbesondere wenn die zweite Kontaktfläche 48 ebenfalls eine sehr hohe Präzision aufweist, das optische System 10 besonders hohen Drücken standhalten.

Mittels der ersten Kontaktfläche 28 kann die Linse 20 in der Fassung 40 zentriert bzw. in einer gewünschten Position relativ zu der Fassung 40 ausgerichtet werden.

Zwischen der Außenoberfläche 24 der Linse 20 und der ersten Kontaktfläche 28 der Linse 20 ist eine Seitenfläche 27 angeordnet. Die Seitenfläche 27 (auch Außenzylinder genannt) entspricht der Mantelfläche eines geraden Kreiszylinders. Die Seitenfläche 27 verläuft koaxial zu der optischen Achse 29 der Linse 20.

Die Dichtung 30 zum Abdichten des Bereichs zwischen der ersten Kontaktfläche 28 und der zweiten Kontaktfläche 48 ist mit der Fassung 40 verbunden und bedeckt den Bereich zwischen der Seitenfläche 27 bzw. dem Außenzylinder und der Fassung 40. Hierdurch kann ein Eindringen von Wasser in den Bereich zwischen der ersten Kontaktfläche 28 und der zweiten Kontaktfläche 48 sicher verhindert werden.

Das optische System 10 kann weitere optische Elemente im Innenraum 60 umfassen. Die Linse 20 umfasst bzw. besteht üblicherweise aus einem Glaswerkstoff.

Zwischen der ersten Kontaktfläche 28 und der zweiten Kontaktfläche 48 kann eine elastische Zwischenschicht angeordnet sein. Die elastische Zwischenschicht kann auftretende lokale Flächenpressung auch bei auftretenden Deformation der ersten Kontaktfläche 28 senken. Insbesondere kann die Zwischenschicht Fertigungsungenauigkeiten und/oder Setzungserscheinen ausgleichen. Die elastische Zwischenschicht kann z.B. aus einem elastischen Werkstoff bestehen bzw. diesen umfassen. Wenn die elastische Zwischenschicht vorhanden ist, berühren bzw. kontaktieren sich die erste Kontaktfläche 28 und die zweite Kontaktfläche 48 nicht direkt/unmittelbar, sondern nur mittelbar.

Die elastische Zwischenschicht und die Dichtung 30 können derart ausgebildet sein, dass ein selbstverstärkendes Dichtungssystem vorhanden ist. Dies bedeutet, dass sich die Dichtungswirkung der Dichtung 30 bzw. der Zwischenschicht erhöht, je höher der Druck auf die Außenoberfläche 24 der Linse 20 ist. Anstelle oder zusätzlich zur Zwischenschicht kann ein Klebstoff bzw. ein Kitt zwischen der erste Kontaktfläche 28 und der zweiten Kontaktfläche 48 angeordnet sein.

Wenn eine elastische Zwischenschicht vorhanden ist, kann deren Dicke bei der Festlegung des Krümmungsradius der zweiten Kontaktfläche 48 berücksichtigt werden. Der Krümmungsradius der ersten Kontaktfläche 28 und der zweiten Kontaktfläche 48 ist auch dann noch im Wesentlichen gleich, kann sich jedoch geringfügig (z.B. weniger als 1%) voneinander unterscheiden.

Die Linse 20 ist derart in der Fassung 40 angeordnet, dass, wenn in der Umgebung 50 des optischen Systems 10 Normaldruck (1,01325 bar) herrscht, die erste Kontaktfläche 28 mit einer Kraft, die der Wirkung eines Drucks größer als der Normaldruck auf die Außenoberfläche entspricht, gegen die zweite Kontaktfläche 48 drückt. Insbesondere kann die erste Kontaktfläche 28 mit einer Kraft, die einem Druck von ca. 50 bar oder ca. 100 bar auf der Außenoberfläche der Linse entspricht, gegen die zweite Kontaktfläche 48 drücken, während auf die Außenoberfläche der Linse 20 nur Normaldruck drückt. Somit wird eine Bewegung der Linse 20 gegenüber der Fassung 40, wenn sich das optische System 10 in einer Umgebung 50 mit Normaldruck befindet, sicher verhindert. Die erste Kontaktfläche 28 der Linse 20 kann mittels eines Vorschraubrings 35 bzw. eines Vorspannungsrings bzw. eines Sicherungsrings gegen die zweite Kontaktfläche 48 gedrückt werden, auch wenn der Druck der Umgebung 50 dem Druck im Innenraum 60 des optischen System 10 entspricht (z.B. wenn das optische System sich außerhalb der Unterwasserumgebung befindet). Der Vorschraubring 35 ist teilweise ggf. mit Zwischenelement auf der Außenoberfläche 24 der Linse 20 angeordnet.

Fig. 2 zeigt eine Querschnittsansicht einer Linse 20 einer zweiten Ausführungsform des erfindungsgemäßen optischen Systems 10.

In Fig. 2 ist besonders gut zu erkennen, dass der Mittelpunkt der Krümmung der konvexen ersten Kontaktfläche 28 auf der optischen Achse 29 der Linse 20 liegt. Die Seitenfläche 27, d.h. die Außenfläche der Linse 20 zwischen erster Kontaktfläche 28 und der Außenoberfläche 24 ist in Fig. 2 größer als bei der Linse 20 der Fig. 1.

Fig. 3 zeigt eine Querschnittsansicht einer dritten Ausführungsform des erfindungsgemäßen optischen Systems 10. Fig. 4 zeigt eine schematische Detailansicht des optischen Systems 10 aus Fig. 3.

Bei der in Fig. 3 gezeigten Ausführungsform sind die erste Kontaktfläche 28 und die zweite Kontaktfläche 48 anders ausgebildet als bei der in Fig. 1 gezeigten Ausführungsform.

Die erste Kontaktfläche 28 weist eine konvexe Form auf. Der Mittelpunkt der Krümmung der ersten Kontaktfläche 28 befindet sich auf der optischen Achse 29 der Linse 20. Die zweite Kontaktfläche 48 weist eine konkave Form auf. Der Mittelpunkt der Krümmung der zweiten Kontaktfläche 48 liegt nicht auf der optischen Achse 29 bzw. Symmetrielinie des optischen Systems. Hierdurch berühren sich die erste Kontaktfläche 28 und die zweite Kontaktfläche 48 bei einer ideal starren Form der ersten Kontaktfläche 28 und der zweiten Kontaktfläche 48 (sozusagen mathematisch betrachtet) in einer Line, die kreisförmig, achssymmetrisch um die optische Achse 29 herum verläuft. Wenn die erste Kontaktfläche 28 gegen die zweite Kontaktfläche 48 gedrückt wird, bildet sich eine Fläche (sogenannte Berührungsfläche bzw. Herz´sche Pressungsfläche), aufgrund der elastischen Verformung von Linse 20 und/oder der Fassung 40, die kranzförmig bzw. ringförmig achssymmetrisch um die optische Achse der Linse 20 ausgebildet ist.

Die Mittelpunkte der Krümmungen der ersten Kontaktfläche 28 und der zweiten Kontaktfläche 48 befinden sich auf einer Geraden, die senkrecht zur Berührungsfläche steht, in der sich die erste Kontaktfläche 28 und die zweite Kontaktfläche 48 berühren.

Bei auftretenden Formabweichungen und/oder Maßabweichungen aufgrund der Belastung durch den hohen Druck auf die Außenoberfläche 24 der Linse 20, bleibt die Form der Berührungsfläche bzw. Hertz´schen Pressungsfläche im Wesentlich gleich. Nur die Lage und Größe der Berührungsfläche bzw. Hertz´schen Pressungsfläche ändern sich. Dies kann in Simulationen, z.B. mit der Methode der finiten Elemente, berechnet werden.

Die Berührungsfläche bzw. Hertz´sche Pressungsfläche zwischen der ersten Kontaktfläche 28 und der zweiten Kontaktfläche 48 weist somit eine Form auf, die symmetrisch zur Symmetrieachse bzw. der optischen Achse der Linse 20 ist. Die Berührungsfläche ist in der in Fig. 4 dargestellten Querschnittsansicht (bei einer ideal starren Linse 20 und einer ideal starren Fassung 40) punktförmig. Die Berührungsfläche bzw. Hertz´sche Pressungsfläche zwischen der ersten Kontaktfläche 28 und der zweiten Kontaktfläche 48 weist in der Realität aufgrund geringerer Verformungen der Linse 20 und/oder der Fassung 40 die Form eines

ringförmigen Trichterausschnitts bzw. einer Mantelfläche eines Kegelstumpfes auf. Der Querschnitt der Berührungsfläche bzw. Hertz´schen Pressungsfläche parallel zu der optischen Achse weist dann die Form einer Linie auf.

Falls eine Zwischenschicht und/oder ein Klebstoff zwischen der ersten Kontaktfläche 28 und der zweiten Kontaktfläche 48 angeordnet ist, berühren sich die beiden Kontaktflächen 28, 48 nicht unmittelbar/direkt. Die Bereiche, in denen sich die beiden Kontaktflächen 28, 48 berühren würden, wenn keine Zwischenschicht vorhanden ist, drücken in dem Fall des Vorhandenseins einer Zwischenschicht bzw. eines Klebstoffs gegeneinander.

Die Krümmungsradien der ersten Kontaktfläche 28 und der zweiten Kontaktfläche 48 können in Simulationen (z.B. mittels der Finite-Elemente-Methode) derart bestimmt bzw. optimiert werden, dass bei zu erwartenden Drücken in der Unterwasserumgebung die mechanischen Spannungen auf Maß begrenzt werden, das von der Linse bzw. dem optischen System ohne Beschädigungen ausgehalten werden kann. Hierdurch kann die Linse 20 bzw. das optische System 10 auch besonders hohen Drücken standhalten.

Eine Dichtung ist zwischen der Seitenfläche 27 und der Fassung 40 angeordnet. Die Dichtung 30 dichtet den Bereich zwischen der Seitfläche 27 bzw. dem Außenzylinder und der Fassung 40 wasserdicht ab. Hierdurch wird Eindringen von Wasser in den Bereich zwischen der ersten Kontaktfläche 28 und der zweiten Kontaktfläche 48 bzw. zwischen der Seitenfläche 27 und der Fassung 40 sicher verhindert.

Die Fassung 40 weist einen die optische Achse 29 der Linse 20 umlaufenden Hinterschnitt 42 bzw. eine Einkerbung bzw. Einschnürung auf. Auf Höhe des Hinterschnitts 42 weist die Fassung 40 einen geringeren Durchmesser senkrecht zur optischen Achse 29 der Linse 20 auf als im restlichen Bereich der Fassung 40. Der Hinterschnitt 42 bzw. die Flächen 43 des Hinterschnitts stehen mit der Umgebung 50 in Fluidverbindung. Dies bedeutet, dass beispielsweise in einer Unterwasserumgebung Wasser mit dem gleichen Druck, mit dem das Wasser auf die Außenoberfläche 24 der Linse 20 und die Außenseite der Fassung drückt, sich in dem Hinterschnitt 42 befindet. Hierdurch werden durch kurzen, direkten Kraftweg Biegemomente im Bereich der ersten Kontaktfläche 28 und der zweiten Kontaktfläche 48 minimiert, da das Wasser in dem Hinterschnitt 42 sozusagen gegen das Wasser, das auf einen Randbereich 70 der Fassung 40 drückt, der zur der Linse 20 benachbart ist, drückt.

Eine Verformung der zweiten Kontaktfläche 48 wird auf diese Weise minimiert oder sogar verhindert. Somit wird verhindert, dass sich die Berührungsfläche ändert. Anders ausgedrückt sind auf Höhe des Hinterschnitts 42 die Außenfläche des Gehäuses bzw. der Fassung 40 und die Flächen 43 des Hinterschnitts 42 gleich stark druckbeaufschlagt. Somit liegt im Randbereich der Fassung 40 ein kurzer, direkter Kraftfluss ohne Biegemomente vor. Dadurch wird die Biegebelastung der Fassung 40 in Bereichen der ersten Kontaktfläche 28 und der zweiten Kontaktfläche 48 minimiert.

Auf Höhe des Hinterschnitts 42 weist die Fassung 40 einen Durchmesser senkrecht zur optischen Achse 29 der Linse 20 (die optische Achse 29 verläuft in Fig. 3 von oben nach unten bzw. umgekehrt) auf, der im Wesentlichen dem Durchmesser der Linse 20 senkrecht zur optischen Achse 29 der Linse 20 entspricht. Hierdurch wird die Biegebelastung und daraus resultierende Verformung des Teils der Fassung 40 im Bereich der zweiten Kontaktfläche 48 minimiert. In einer Unterwasserumgebung drückt das Wasser im Hinterschnitt 42 gegen das Wasser, das auf den Teil bzw. den Randbereich 70 der Fassung 40 drückt, der sich auf Höhe der Außenoberfläche 24 der Linse 20 befindet (die Höhe verläuft in Fig. 3 von oben nach unten bzw. umgekehrt). Biegemomente werden somit von der ersten Kontaktfläche 28 und der zweiten Kontaktfläche 48 fern gehalten.

Das optische System 10 weist weitere optische Elemente (z.B. weitere Linsen, CCD-Sensoren etc.) auf (nicht gezeigt). Die weiteren optischen Elemente sind an einer der Linse 20 bzw. der zweiten Kontaktfläche 48 abgewandten Planfläche 71 der Fassung 40 und nicht unmittelbar/direkt an weiteren Teilen des Gehäuses neben der Fassung 40 befestigt. Bei einer axialen Verschiebung (d.h. bei einer Verschiebung entlang der optischen Achse 29) der Linse 20 und der Fassung 40 gegenüber den weiteren Teilen des Gehäuses aufgrund des Drucks des Wassers in der Umgebung 50 verschieben sich die weiteren optischen Elemente um den gleichen Beitrag mit, um den die Linse 20 verschoben wurde. Somit bleiben die Abstände zwischen den optischen Elementen des optischen Systems 10 unabhängig vom Druck der Umgebung 50 gleichgroß. Folglich bleibt die optische Abbildungsqualität des optischen Systems 10 gleich groß.

In den Zeichnungen ist das Gehäuse bzw. die Fassung 40 jeweils nur teilweise dargestellt.

Bezugszeichenliste

10	optisches System
20	Linse
24	Außenoberfläche
26	Innenoberfläche
27	Seitenfläche
28	erste Kontaktfläche
29	optische Achse der Linse
30	Dichtung
35	Vorschraubring
40	Fassung
42	Hinterschnitt
43	Fläche des Hinterschnitts
48	zweite Kontaktfläche
50	Umgebung
60	Innenraum
70	Randbereich der Fassung
71	Planfläche der Fassung

Ansprüche

1. Optisches System (10) zur Verwendung in einer Unterwasserumgebung, wobei das optische System (10)
ein Gehäuse, das einen Innenraum (60) des optischen Systems (10) gegenüber der Umgebung (50) wasserdicht abgrenzt, und
eine Linse (20) mit einer Außenoberfläche (24)
umfasst,
wobei das Gehäuse eine Fassung (40) aufweist, wobei die Linse (20) derart in der Fassung (40) aufgenommen ist, dass, wenn sich das optische System (10) in der Unterwasserumgebung befindet, die Außenoberfläche (24) der Linse (20) mit Wasser der Unterwasserumgebung in Fluidkontakt steht,
wobei die Außenoberfläche (24) der Linse (20) eine gewölbte Form, insbesondere eine konvexe Form, vorzugsweise eine sphärisch-konvexe Form, aufweist,
wobei die Linse (20) eine erste gewölbte, insbesondere sphärische, Kontaktfläche (28) und die Fassung (40) eine zweite Kontaktfläche (48) aufweist,
wobei die Linse (20) derart in der Fassung (40) angeordnet ist, dass die erste Kontaktfläche (28) gegen die zweite Kontaktfläche (48) drückt, wenn der Druck der Umgebung (50) des optischen Systems (10) höher ist als der Druck in dem Innenraum (60) des optischen Systems (10).

2. Optisches System (10) nach Anspruch 1, wobei
der Mittelpunkt der sphärischen Form der ersten Kontaktfläche (28) auf einer optischen Achse (29) der Linse (20) liegt.

3. Optisches System (10) nach Anspruch 1 oder 2, wobei
die Linse (20) eine der Außenoberfläche (24) gegenüberliegende Innenoberfläche (26) aufweist, wobei eine optische Achse (29) der Linse (20) durch die Außenoberfläche (24) und die Innenoberfläche (26) verläuft, und wobei die Innenoberfläche (26) der Linse (20) eine gewölbte Form, insbesondere eine konkave Form, vorzugsweise eine sphärisch-konkave Form, aufweist.

4. Optisches System (10) nach einem der Ansprüche 1-3, wobei
die erste Kontaktfläche (28) der Linse (20) eine konvexe Form aufweist, und
wobei die zweite Kontaktfläche (48) der Fassung (40) eine konkave Form mit einem Krümmungsradius, der im Wesentlichen einem Krümmungsradius der

konvexen Form der ersten Kontaktfläche (28) entspricht, aufweist.

5. Optisches System (10) nach einem der Ansprüche 1-3, wobei die erste Kontaktfläche (28) eine konvexe Form aufweist, wobei die zweite Kontaktfläche (48) eine konkave Form aufweist, wobei in einem Querschnitt entlang einer Ebene, die die optische Achse (29) der Linse (20) enthält, der Krümmungsradius der ersten Kontaktfläche (28) kleiner als der Krümmungsradius der zweiten Kontaktfläche (48) ist, und wobei der Mittelpunkt der konkaven Form der zweiten Kontaktfläche (48) nicht auf einer optischen Achse (29) der Linse (20) liegt.

6. Optisches System (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zwischen der ersten Kontaktfläche (28) und der zweiten Kontaktfläche (48) eine elastische Zwischenlage und/oder ein Klebstoff angeordnet ist.

7. Optisches System (10) nach Anspruch 6, wobei die elastische Zwischenlage und/oder der Klebstoff derart ausgebildet ist, dass bei einem Erhöhen des Drucks auf die Außenoberfläche (24) der Linse (20) eine Dichtungswirkung zwischen der Linse (20) und der Fassung (40) erhöht wird.

8. Optisches System (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Fassung (40) einen Hinterschnitt (42) aufweist, wobei Flächen (43) des Hinterschnitts (42), wenn sich das optische System (10) in der Unterwasserumgebung befindet, mit der Unterwasserumgebung in Fluidverbindung stehen.

9. Optisches System (10) nach Anspruch 8, wobei der Hinterschnitt (42) derart ausgebildet ist, dass die Fassung (40) auf Höhe des Hinterschnitts (42) einen Durchmesser senkrecht zur optischen Achse (29) der Linse (20) aufweist, der im Wesentlichen dem Durchmesser der Linse (20) senkrecht zur optischen Achse (29) der Linse (20) entspricht.

10. Optisches System (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das optische System (10) weitere optische Elemente, insbesondere weitere Linsen, aufweist, wobei die weiteren optischen Elemente mit einem Teil der Fassung (40) derart starr verbunden sind, dass bei einer Bewegung der Linse (20) mit der Fassung (40) relativ zu übrigen Teilen des Gehäuses die weiteren

optischen Elemente derart entsprechend mitbewegt werden, dass sich Abstände zwischen der Linse (20) und den weiteren optischen Elementen im Wesentlichen nicht verändern.

11. Optisches System (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die erste Kontaktfläche (28) der Linse (20) poliert und/oder geätzt ist.

12. Optisches System (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Linse (20) derart in der Fassung (40) vorgespannt angeordnet ist, dass die Linse (20) mit ihrer ersten Kontaktfläche (28) gegen die zweite Kontaktfläche (48) drückt, auch wenn der Druck in der Umgebung des optischen Systems (10) gleich dem Druck im Innenraum (60) des optischen Systems (10) ist.

13. Optisches System (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zwischen der Außenoberfläche (24) der Linse (20) und der ersten Kontaktfläche (28) der Linse (20) eine Seitenfläche (27) in Form einer Mantelfläche eines Zylinders ausgebildet ist.

14. Optisches System (10) nach Anspruch 13, wobei die Seitenfläche (27) koaxial zu der optischen Achse (29) der Linse (20) verläuft.

15. Optisches System (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das optische System (10) ferner eine Dichtung (30) zum Abdichten eines Bereichs zwischen der ersten Kontaktfläche (28) der Linse (20) und der zweiten Kontaktfläche (48) der Fassung (40) aufweist.

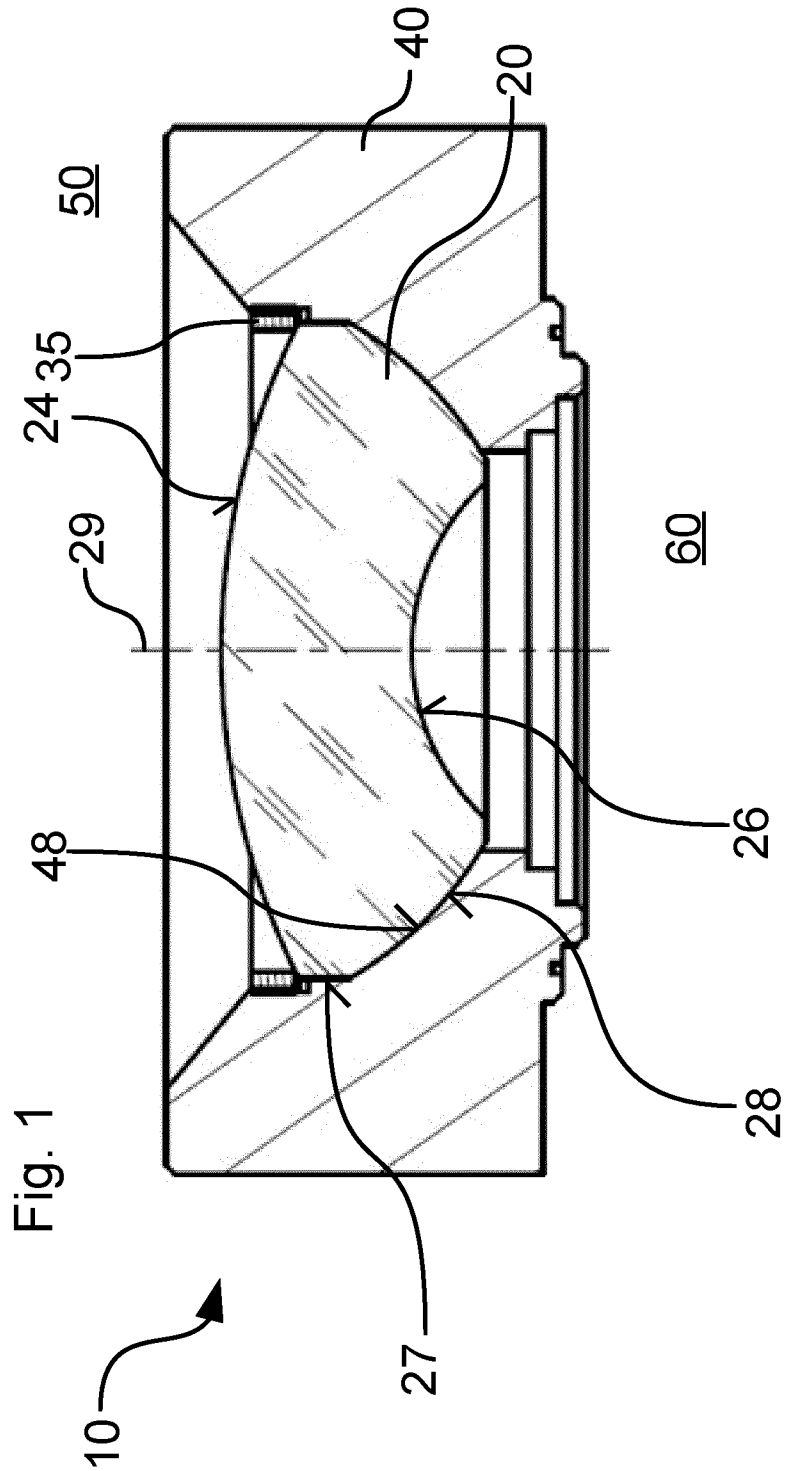


Fig. 1

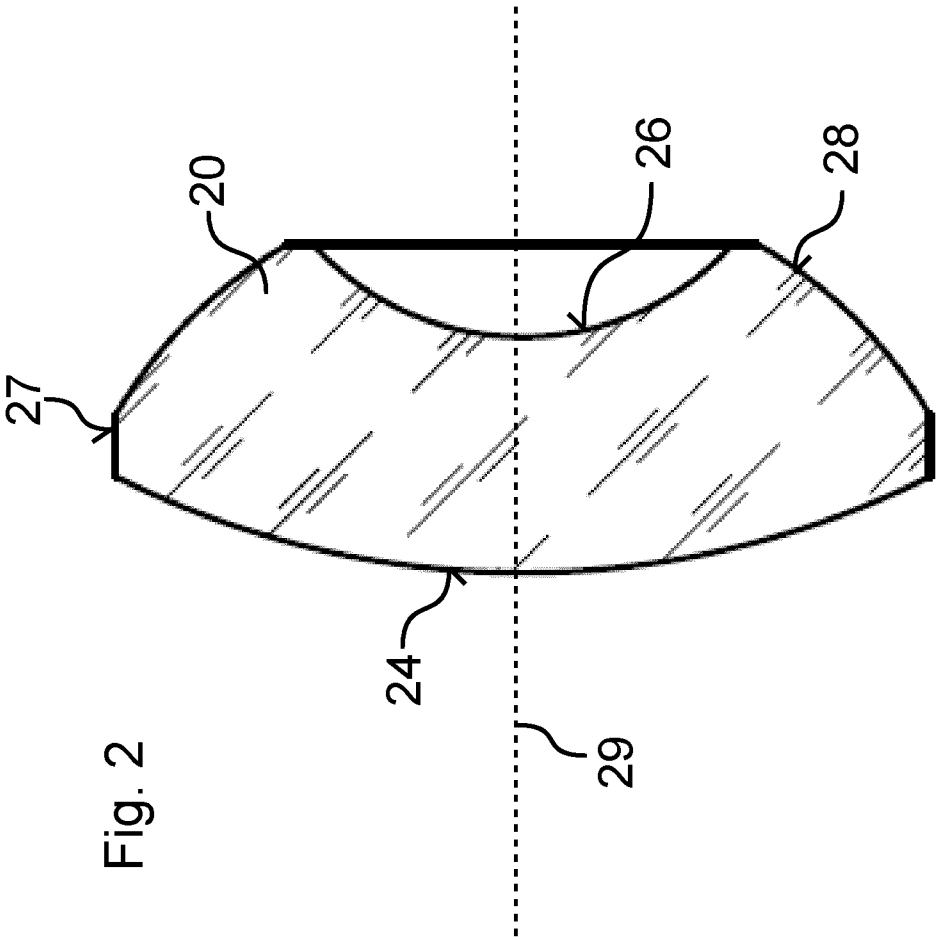


Fig. 2

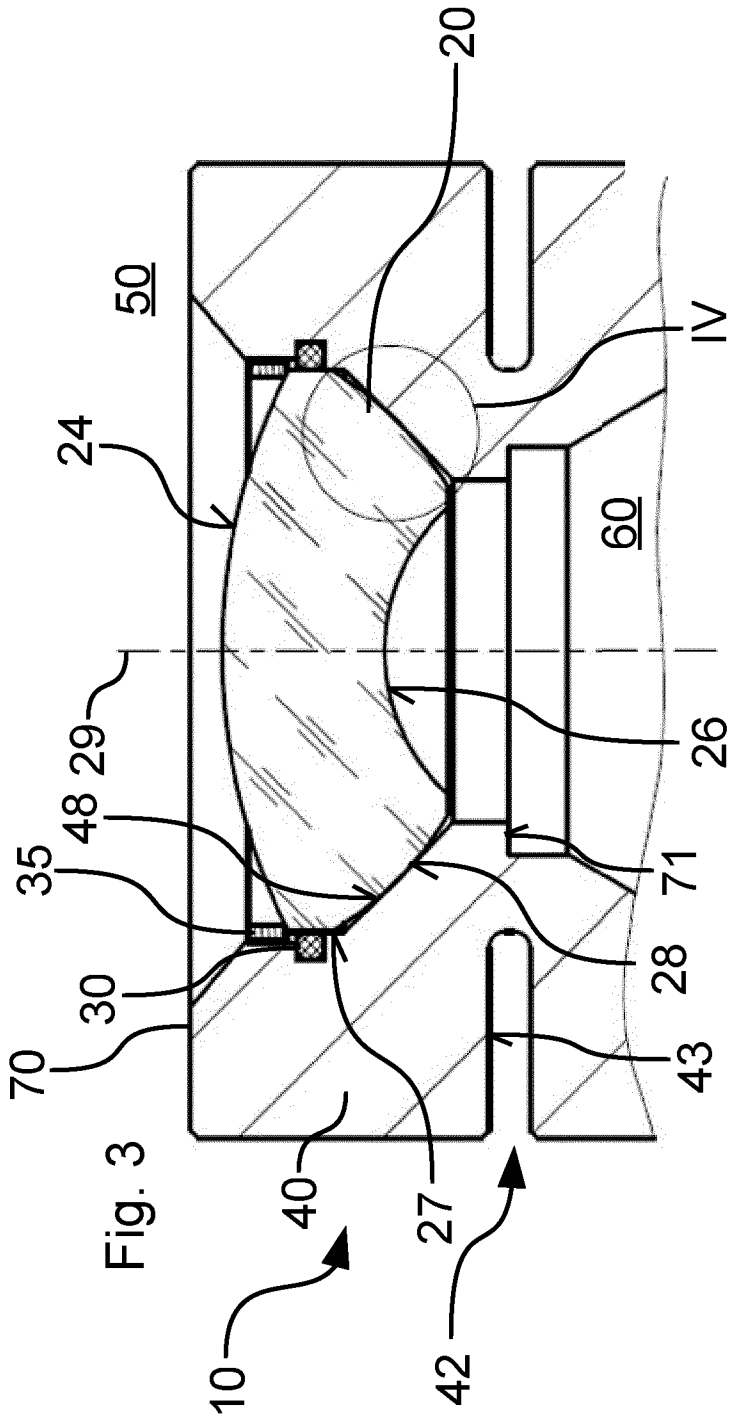


Fig. 3

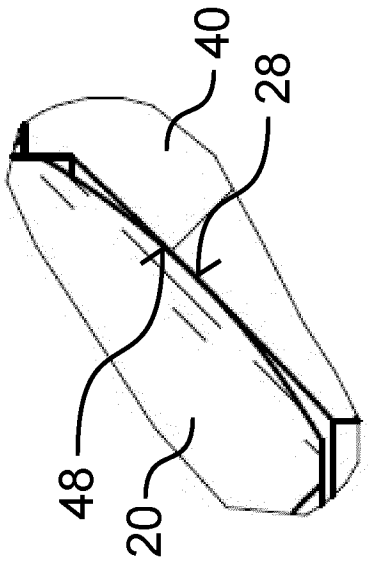


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2019/072261

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B 7/02(2006.01)i; ***G02B 23/22***(2006.01)i; ***G03B 17/08***(2006.01)i; ***G03B 17/12***(2006.01)i; ***G03B 17/14***(2006.01)i

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; G03D; G03B

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.
X A	US 2009244733 A1 (SASAKI NAOKI [JP] ET AL) 01 October 2009 (2009-10-01) paragraphs [0031] - [0046]; figures 1-5	1-3,6-8,10,12 9
X Y	US 2010214677 A1 (MONTI CHRISTOPHER L [US]) 26 August 2010 (2010-08-26) paragraphs [0019] - [0063]; figures 1-8	1-5,10-14 15
X	US 2012293878 A1 (MORI HAJIME [JP] ET AL) 22 November 2012 (2012-11-22) paragraphs [0037] - [0081]; figures 1, 2	1-4,12-14
Y	KR 20140002171 U (SAMSUNG ELECTRO MECH) 17 April 2014 (2014-04-17) the whole document	15

☐ 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
18 November 2019	**26 November 2019**
Name and mailing address of the ISA/EP **European Patent Office** **p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk** **Netherlands** Telephone No. **(+31-70)340-2040** Facsimile No. **(+31-70)340-3016**	Authorized officer **Wolf, Steffen** Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2019/072261

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2009244733	A1	01 October 2009	CN	201285463	Y	05 August 2009
				JP	4990831	B2	01 August 2012
				JP	2009244386	A	22 October 2009
				TW	M356125	U	01 May 2009
				US	2009244733	A1	01 October 2009
US	2010214677	A1	26 August 2010	EP	2399156	A1	28 December 2011
				US	2010214677	A1	26 August 2010
				WO	2010096716	A1	26 August 2010
US	2012293878	A1	22 November 2012	CN	102763013	A	31 October 2012
				JP	5903892	B2	13 April 2016
				JP	WO2011089815	A1	23 May 2013
				US	2012293878	A1	22 November 2012
				WO	2011089815	A1	28 July 2011
KR	20140002171	U	17 April 2014	NONE			

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2019/072261

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G02B7/02 G02B23/22 G03B17/08 G03B17/12 G03B17/14
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G02B G03D G03B

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.
X A	US 2009/244733 A1 (SASAKI NAOKI [JP] ET AL) 1. Oktober 2009 (2009-10-01) Absätze [0031] - [0046]; Abbildungen 1-5 -----	1-3,6-8, 10,12 9
X Y	US 2010/214677 A1 (MONTI CHRISTOPHER L [US]) 26. August 2010 (2010-08-26) Absätze [0019] - [0063]; Abbildungen 1-8 -----	1-5, 10-14 15
X	US 2012/293878 A1 (MORI HAJIME [JP] ET AL) 22. November 2012 (2012-11-22) Absätze [0037] - [0081]; Abbildungen 1, 2 -----	1-4, 12-14
Y	KR 2014 0002171 U (SAMSUNG ELECTRO MECH) 17. April 2014 (2014-04-17) das ganze Dokument -----	15

☐ 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	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
18. November 2019	26/11/2019

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Wolf, Steffen

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2019/072261

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2009244733 A1	01-10-2009	CN 201285463 Y	05-08-2009
		JP 4990831 B2	01-08-2012
		JP 2009244386 A	22-10-2009
		TW M356125 U	01-05-2009
		US 2009244733 A1	01-10-2009
US 2010214677 A1	26-08-2010	EP 2399156 A1	28-12-2011
		US 2010214677 A1	26-08-2010
		WO 2010096716 A1	26-08-2010
US 2012293878 A1	22-11-2012	CN 102763013 A	31-10-2012
		JP 5903892 B2	13-04-2016
		JP WO2011089815 A1	23-05-2013
		US 2012293878 A1	22-11-2012
		WO 2011089815 A1	28-07-2011
KR 20140002171 U	17-04-2014	KEINE	