

(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
21. September 2017 (21.09.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/157807 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
G02B 27/01 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/055730

(22) Internationales Anmeldedatum:
10. März 2017 (10.03.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 105 060.1 18. März 2016 (18.03.2016) DE

(71) Anmelder: **CARL ZEISS SMART OPTICS GMBH**
[DE/DE]; Turnstrasse 27, 73430 Aalen (DE).

(72) Erfinder: **PÜTZ, Jörg**; Fahrbachstraße 290, 73431 Aalen (DE). **DAVIDKOV, Momchil**; Hermannstr. 1, 73431 Aalen (DE). **ETTIG, Ramona**; Isaak-Heß-Weg 4/1, 73466 Lauchheim (DE). **MICHELS, Georg**; Steinbeisstr. 29, 73430 Aalen (DE). **BARTEL, Kai**; Alte Kellerbergstr. 1, 73547 Lorch (DE). **KARTAL, Ersun**; Beethovenstr. 21, 73430 Aalen (DE).

(74) Anwalt: **THEOBALD, Andreas**; Pateris Patentanwälte PartmbB, Markgrafenstrasse 22, 10117 Berlin (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, 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, 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:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)

(54) Title: EYEGGLASS LENS FOR AN OPTICAL IMAGING ELEMENT, AND AUGMENTED REALITY GLASSES

(54) Bezeichnung : BRILLENGLAS FÜR EINE ABBILDUNGSOPTIK UND DATENBRILLE

(57) Abstract: The invention relates to an eyeglass lens (3) for an optical imaging element for producing a virtual image of an initial image that is depicted on an imager (21). The eyeglass lens comprises a main body (41) and at least one complementary element (43) mounted on said main body (41). The main body (41) consists of a material with a first index of refraction n_1 , and comprises an inner surface (13) for facing the eye, an outer surface (17) for facing away from the eye, and a light conducting section which extends between an incoupling section (25) for coupling in an imaging beam path between the inner surface (13) and the outer surface (17), and an outcoupling structure (31) for coupling said imaging beam path out from the main body (41). In said light conducting section, the imaging beam path is conducted to the outcoupling structure (31) by means of reflection at at least one reflection section (R1, R2, R3, R4) of the inner surface (13) and/or of the outer surface (17). The complementary element (43) is mounted on the inner surface (13) and/or the outer surface (17) of the main body (41), and overlaps with at least one reflection section (R1, R2, R3, R4) of the main body (41). A viscous or solid intermediate layer (45) is arranged between the complementary element (43) and the main body (41) at least in the region where the complementary element (43) overlaps with the reflection section (R1, R2, R3, R4). The material of the viscous or solid intermediate layer (45) has a second index of refraction n_2 that satisfies the inequation $n_2 < n_1 \sin(\theta_E)$, where θ_E is an angle of incidence of the light beams of the imaging beam path proceeding from the incoupling section (25) and incident on the reflection section (R1, R2, R3, R4), selected such that at least 50 % of the light beams of the imaging beam path have an angle of incidence of $\theta > \theta_E$.

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Brillenglas (3) für eine Abbildungsoptik zum Erzeugen eines virtuellen Bildes von einem auf einem Bildgeber (21) dargestellten Ausgangsbild zur Verfügung gestellt. Das Brillenglas umfasst einen Grundkörper (41) und wenigstens ein an dem Grundkörper (41) angebrachtes Ergänzungselement

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2017/157807 A2



(43). Der Grundkörper (41) besteht aus einem Material mit einem ersten Brechungsindex n_1 und umfasst eine dem Auge zuzuwendende Innenfläche (13), eine vom Auge abzuwendende Außenfläche (17) sowie einen Lichtleitabschnitt, der sich zwischen einem Einkopplungsabschnitt (25) zum Einkoppeln eines Abbildungsstrahlengangs zwischen die Innenfläche (13) und die Außenfläche (17) und einer Auskopplungsstruktur (31) zum Auskoppeln des Abbildungsstrahlengangs aus dem Grundkörper (41) erstreckt und in dem der Abbildungsstrahlengang durch Reflexion an wenigstens einem Reflexionsabschnitt (R1, R2, R3, R4) der Innenfläche (13) und/oder der Außenfläche (17) zur Auskopplungsstruktur (31) geleitet wird. Das Ergänzungselement (43) ist an der Innenfläche (13) und/oder der Außenfläche (17) des Grundkörpers (41) angebracht, wobei es mit wenigstens einem Reflexionsabschnitt (R1, R2, R3, R4) des Grundkörpers (41) überlappt. Zumindest im Überlappbereich des Ergänzungselements (43) mit dem Reflexionsabschnitt (R1, R2, R3, R4) ist eine viskose oder feste Zwischenschicht (45) zwischen dem Ergänzungselement (43) und dem Grundkörper (41) angeordnet. Das Material der viskosen oder festen Zwischenschicht (45) weist einen zweiten Brechungsindex n_2 auf, der die Ungleichung $n_2 < n_1 \sin(\theta_E)$ erfüllt, wobei θ_E einen Einfallswinkel der vom Einkopplungsabschnitt (25) ausgehenden und auf den Reflexionsabschnitt (R1, R2, R3, R4) einfallenden Lichtstrahlen des Abbildungsstrahlengangs repräsentiert, der derart gewählt ist, dass mindestens 50 % der Lichtstrahlen des Abbildungsstrahlengangs einen Einfallswinkel $\theta > \theta_E$ aufweisen.

Anmelder: Carl Zeiss Smart Optics GmbH, 73430 Aalen

Unser Zeichen: Z50211 ath/ehä

Brillenglas für eine Abbildungsoptik und Datenbrille

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Brillenglas für eine Abbildungsoptik zum
5 Erzeugen eines virtuellen Bildes von einem auf einem Bildgeber
dargestellten Ausgangsbild. Daneben betrifft die Erfindung eine Datenbrille.

Eine Datenbrille ist eine spezielle Form eines Head Mounted Displays. Eine
gängige Form von Head Mounted Displays verwendet Bildschirme, die vor
den Augen getragen werden und dem Benutzer computergenerierte Bilder
10 oder von Kameras aufgenommene Bilder präsentieren. Derartige Head
Mounted Displays sind häufig voluminös und erlauben keine unmittelbare
Wahrnehmung der Umgebung. In jüngerer Zeit sind Head Mounted Displays
entwickelt worden, die in der Lage sind, dem Benutzer ein mit einer Kamera
aufgenommenes Bild oder ein computergeneriertes Bild darzubieten, ohne
15 die unmittelbare Wahrnehmung der Umgebung zu verhindern. Derartige
Head Mounted Displays, die nachfolgend Datenbrillen genannt werden,
ermöglichen die Nutzung dieser Technologie im alltäglichen Leben.

Datenbrillen können auf verschiedene Arten bereitgestellt werden. Eine Art
der Datenbrille, die sich insbesondere durch ihre Kompaktheit und
20 ästhetische Akzeptanz auszeichnet, beruht auf dem Prinzip der Wellenleitung
im Brillenglas. Der zur Wellenleitung wirksame Abschnitt des Brillenglases
wird im Folgenden Lichtleiter genannt. Dabei wird von einem Bildgeber
generiertes Licht außerhalb des Brillenglases kollimiert und über die
Stirnfläche des Brillenglases eingekoppelt, von wo aus es sich im Lichtleiter
25 über mehrfache Reflexion bis vor das Auge ausbreitet. Ein dort befindliches
optisches Element koppelt das Licht dann in Richtung auf die Augenpupille

aus. Die Einkopplung in das Brillenglas und die Auskopplung aus dem Brillenglas können dabei entweder diffraktiv, reflektiv oder refraktiv erfolgen. Bei einem diffraktiven Ein- oder Auskoppeln finden als Ein- und Auskopplungselemente Beugungsgitter annähernd gleicher Strichzahl
5 Verwendung, wobei die stark dispersiven Wirkungen der einzelnen Gitter untereinander kompensiert werden. Auf Beugungsgittern beruhende Ein- und Auskoppelemente sind beispielsweise in US 2006/0126181 A1 und in US 2010/0220295 A1 beschrieben. Beispiele für Datenbrillen mit reflektiven oder refraktiven Ein- oder Auskoppelementen sind in US 2012/0002294 A1
10 beschrieben.

Im Falle einer Sehschwäche/Fehlsichtigkeit des Brillenträgers wird diese in der Regel über eine sphärische, torische oder individuell geformte Fläche auf der dem Betrachter zugewandten Seite korrigiert. Der Bereich, der hierbei individualisiert wird, schließt im Falle einer Datenbrille mit optisch wirksamen
15 Flächen des Lichtleiters auf der Glasrückseite diese mit ein und verursacht damit eine Veränderung der für die Datenabbildung benötigten Flächeneigenschaften. Das führt zu einer Verschlechterung der Abbildungsqualität der eingespielten Daten bis hin zu einer Zerstörung der Abbildung. Gleiches gilt prinzipiell auch für die Glasvorderseite wie z.B. bei
20 FSP (Front Side Progressive) Brillengläsern oder auch Gläsern, bei denen die optische Korrektur auf Front- und Rückfläche aufgeteilt wird.

Zur Gewährleistung sowohl der Abbildungsqualität als auch der individuellen Korrekturleistung der Rückfläche des Glases ohne Anpassung des Optikdesigns, d.h. des Lichtleiters, für jede individuelle Korrekturwirkung wird
25 daher eine Entkopplung benötigt, so dass das Licht, das zur Abbildung beiträgt, weiterhin an der benötigten Flächenform reflektiert wird, und das Licht, das von außen durch das Glas zum Auge des Betrachters gelangt, ungehindert durch den Korrektionsbereich gelangen kann und damit die Korrektur erhält, die gewünscht ist.

30 Ein zweiter Anwendungsbereich, in dem eine Entkopplung benötigt wird, ist die Kombination einer Datenbrille mit zusätzlichen oberflächennahen Funktionen. Beispielsweise wird zur Realisierung einer Sonnenbrillenfunktion meistens eine Absorptions- oder Polarisierungsschicht, oder ein Absorber im

Volumen des Glases eingesetzt, um die Intensität von Sonnenlicht, das das Auge des Benutzers erreicht, zu reduzieren. Dies kann auch adaptive Systeme wie z.B. photochrome Schichten, elektrooptische Systeme u.a. umfassen. Die erhöhte Absorption führt allerdings zu der unerwünschten Nebenwirkung, dass auch das Licht, das die Abbildung des Displays ermöglichen soll, stark reduziert wird. Da durch die Reflexionen im Lichtleiter das Licht mehrfach und unter flacherem Winkel die absorbierende Schicht durchläuft, wird das Nutzlicht des Displays sogar zu einem noch größeren Faktor reduziert, als das unerwünschte Sonnenlicht. Weitere Beispiele für oberflächennahe Funktionen sind Volumenhologramme, holografische optische Elemente (HOEs), diffraktive optische Elemente (DOEs), Gravuren, Beschichtungen, Beklebungen, Bedruckungen, Deko-Elemente, Schmuck oder dergleichen. Funktionsschichten für Brillengläser sind bspw. in US 6,231,183 B1 beschrieben.

In WO 2015/158833 wird vorgeschlagen, zur Entkopplung des Lichtkanals von der Vorder- und Rückseite des Brillenglases einen Luftspalt oder ein winkelselektives Interferenzschichtsystem zwischen dem Lichtkanal einerseits und der Vorderseite oder der Rückseite andererseits anzuordnen. Durch eine Entkopplung des Lichtkanals von der Vorder- und Rückseite des Brillenglases wird der Lichtkanal auch vor Kratzern, Fingerabdrücken, Wassertropfen etc. geschützt, und somit wird auch vermieden, dass die Bildübertragung durch Umwelteinflüsse beeinträchtigt wird.

Die Varianten Luftspalt und winkelselektives Interferenzschichtsystem sind jedoch technologisch herausfordernd. Bei der Lösung mit dem Luftspalt liegen die größten Herausforderungen im Gewährleisten der mechanischen Stabilität und der Langzeitstabilität. Durch Deformationen, Umwelteinflüsse, Migration und Diffusion von Verunreinigungen bzw. Bestandteilen der Komponenten sowie Verschmutzungen kann es zu einer Beeinträchtigung der optischen Funktionen kommen. Bei einem winkelselektiven Interferenzschichtsystem besteht die technologische Herausforderung insbesondere in der Massenfertigung (es sind über 100 Einzelschichten notwendig) und der Gewährleistung der mechanischen und thermischen Stabilität.

Es ist daher eine erste Aufgabe der Erfindung, ein vorteilhaftes Brillenglas für eine Abbildungsoptik zum Erzeugen eines virtuellen Bildes zur Verfügung zu stellen. Eine zweite Aufgabe ist es, eine vorteilhafte Abbildungsoptik zur Verfügung zu stellen, und eine dritte Aufgabe der Erfindung ist es, eine vorteilhafte Datenbrille zur Verfügung zu stellen.

Die erste Aufgabe wird durch ein Brillenglas nach Anspruch 1 gelöst, die zweite Aufgabe durch eine Abbildungsoptik nach Anspruch 17 und die dritte Aufgabe durch eine Datenbrille nach Anspruch 18. Die abhängigen Ansprüche enthalten vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung.

Ein erfindungsgemäßes Brillenglas für eine Abbildungsoptik zum Erzeugen eines virtuellen Bildes von einem auf einem Bildgeber dargestellten Ausgangsbild umfasst einen Grundkörper und zumindest ein an dem Grundkörper angebrachtes Ergänzungselement. Das zumindest eine Ergänzungselement kann dabei eine Beschichtung, eine Folie, ein optisches Formteil, ein elektro-optisches System oder dergleichen sein.

Der Grundkörper besteht zumindest in einer an das zumindest eine Ergänzungselement angrenzenden Schicht aus einem Grundkörpermaterial mit einem ersten Brechungsindex n_1 . Dieser Brechungsindex n_1 kann insbesondere über den gesamten Grundkörper konstant sein. Der Grundkörper kann dann insbesondere aus einem einheitlichen Material bestehen. Außerdem weist der Grundkörper eine dem Auge zuzuwendende Innenfläche, eine vom Auge abzuwendende Außenfläche und einen Lichtleitabschnitt auf, wobei sich der Lichtleitabschnitt zwischen einem Einkopplungsabschnitt zum Einkoppeln eines Abbildungsstrahlengangs zwischen die Innenfläche und die Außenfläche und einer Auskopplungsstruktur zum Auskoppeln des Abbildungsstrahlengangs aus dem Grundkörper erstreckt. In dem Lichtleitabschnitt wird der eingekoppelte Abbildungsstrahlengang durch Reflexion an wenigstens einem Reflexionsabschnitt der Innenfläche und/oder der Außenfläche zur Auskopplungsstruktur geleitet.

Das zumindest eine Ergänzungselement ist an der Innenfläche oder der Außenfläche des Grundkörpers angebracht, wobei es mit wenigstens einem

Reflexionsabschnitt der Innenfläche und/oder der Außenfläche des Grundkörpers überlappt. Zumindest im Überlappbereich des zumindest einen Ergänzungselements mit dem wenigstens einen Reflexionsabschnitt des Grundkörpers ist eine viskose oder feste Zwischenschicht zwischen dem
5 zumindest einen Ergänzungselement und dem Grundkörper angeordnet. Eine viskose Zwischenschicht kann dabei eine hohe Viskosität aufweisen, d.h. zähflüssig sein, oder eine niedrige Viskosität, d.h. dünnflüssig sein.

Im erfindungsgemäßen Brillenglas weist das Material der viskosen oder festen Zwischenschicht einen zweiten Brechungsindex n_2 auf, der die
10 Bedingung $n_2 < n_1 \sin(\theta_E)$ erfüllt, wobei θ_E einen Einfallswinkel der vom Einkopplungsabschnitt ausgehenden und auf den zumindest einen Reflexionsabschnitt einfallenden Lichtstrahlen des Abbildungsstrahlengangs repräsentiert, der derart gewählt ist, dass mindestens 50 % der Lichtstrahlen des Abbildungsstrahlengangs, insbesondere mindestens 75 % der
15 Lichtstrahlen des Abbildungsstrahlengangs, einen Einfallswinkel $\theta > \theta_E$ auf den wenigstens einen Reflexionsabschnitt aufweisen. Vorzugsweise ist θ_E jedoch derart gewählt, dass mindestens 90 % der Lichtstrahlen, weiter vorzugsweise mindestens 95 % und idealerweise 100 % der Lichtstrahlen des Abbildungsstrahlengangs einen Einfallswinkel $\theta > \theta_E$ auf den wenigstens
20 einen Reflexionsabschnitt aufweisen.

Vorzugsweise ist das Material der viskosen oder festen Zwischenschicht zudem so gewählt, das es weniger als 20 % der Lichtstrahlen, insbesondere weniger als 5 % der Lichtstrahlen und vorzugsweise weniger als 1% der Lichtstrahlen des Abbildungsstrahlengangs absorbiert.

25 Wenn oben genannte Bedingung erfüllt ist, ist der zweite Brechungsindex n_2 derart niedriger als der erste Brechungsindex n_1 , dass der Grenzwinkel für Totalreflexion an dem gesamten wenigstens einen Reflexionsabschnitt kleiner als der Einfallswinkel θ_E der vom Einkopplungsabschnitt ausgehenden und auf den Reflexionsabschnitt einfallenden Lichtstrahlen des
30 Abbildungsstrahlengangs ist. Hierbei werden der Grenzwinkel und der Einfallswinkel vom Flächenlot an der jeweiligen Stelle des Reflexionsabschnitts der Innen- oder Außenfläche des Grundkörpers aus gemessen. Der Einfallswinkel θ_E kann entweder der Einfallswinkel eines

- unmittelbar vom Einkopplungsabschnitt ausgehenden Lichtstrahls oder der Einfallswinkel eines vom Einkopplungsabschnitt ausgehenden und im Lichtleitabschnitt bereits von mindestens einem Reflexionsabschnitt reflektierten Lichtstrahls sein. Bei einem Lichtstrahl, der aus der Umgebung
- 5 in das Brillenglas einfällt und somit nicht Teil des Abbildungsstrahlengangs ist, ist der Einfallswinkel auf die Reflexionsfläche kleiner als der Grenzwinkel, so dass solche Lichtstrahlen an der Grenzfläche des Lichtleiters zur Zwischenschicht nicht total reflektiert werden und das Brillenglas passieren können.
- 10 Vorzugsweise ist die oben genannte Bedingung $n_2 < n_1 \sin(\theta_E)$ im gesamten Wellenlängenbereich des Abbildungsstrahlengangs erfüllt, um möglichst geringe Verluste aufgrund von Transmission zu erhalten. Zusätzlich oder alternativ ist die oben genannte Bedingung $n_2 < n_1 \sin(\theta_E)$ im gesamten sichtbaren Wellenlängenbereich erfüllt, um ein farbechtes virtuelles Bild
- 15 erzeugen zu können. In manchen Fällen, in denen ein farbechtes Bild nicht benötigt wird, kann die Bedingung $n_2 < n_1 \sin(\theta_E)$ jedoch auch für lediglich einen Teil des sichtbaren Wellenlängenbereiches erfüllt sein. In diesem Fall kann der Abbildungsstrahlengang dann auch auf diesen Teil des Spektrums begrenzt sein. Je nach Anwendung kann aber auch der Verlust eines
- 20 spektralen Teils des Abbildungsstrahlengangs aufgrund von Transmission durch einen Reflexionsabschnitt in Kauf genommen werden.

Mit der viskosen oder festen Zwischenschicht kann eine Entkopplung des Lichtkanals von der Vorder- und Rückseite des Brillenglases erfolgen. Die Zwischenschicht ist dabei einfacher herzustellen und weist sowohl thermisch

25 als auch mechanisch eine höhere Stabilität als ein Luftspalt oder ein Interferenzschichtsystem auf.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Brillenglases weist das zumindest ein Ergänzungselement einen dritten Brechungsindex auf, der dem ersten Brechungsindex entspricht, so dass eine

30 Beeinträchtigung von durch das Brillenglas hindurchtretenden Umgebungslichtstrahlen weitgehend vermieden werden kann. Unter entsprechenden Brechungsindizes sollen im Rahmen der vorliegenden

Beschreibung solche Brechungsindizes verstanden werden, die sich nicht mehr als 5 ‰ vorzugsweise nicht mehr als 1 ‰ voneinander unterscheiden.

Im erfindungsgemäßen Brillenglas braucht die viskose oder feste Zwischenschicht lediglich im Bereich des Überlapps des zumindest einen
5 Ergänzungselements mit dem wenigstens einen Reflexionsabschnitt des Grundkörpers vorhanden zu sein. Fertigungstechnisch ist es jedoch vorteilhaft, wenn die viskose oder feste Zwischenschicht in dem gesamten Bereich, in dem das zumindest eine Ergänzungselement am Grundkörper angebracht ist, vorhanden ist. Dadurch entfällt die Notwendigkeit, in
10 verschiedenen Kontaktbereichen Zwischenschichten mit verschiedenen Materialien anzuordnen. Außerdem wäre der Übergang zwischen den Zwischenschichten aus verschiedenen Materialien aufgrund der Änderung des Brechungsindex an der lateralen Grenze zwischen den Zwischenschichten sichtbar, da durch das Brillenglas hindurchtretende
15 Umgebungslichtstrahlen von den Zwischenschichten unterschiedlich gebrochen würden. Zwar ist dies nicht notwendigerweise störend, wenn die Grenze zwischen den Zwischenschichten am Rand des Gesichtsfeldes liegt. Wenn die viskose oder feste Zwischenschicht jedoch in dem gesamten Bereich, in dem das zumindest eine Ergänzungselement am Grundkörper
20 angebracht ist, vorhanden ist, würde die Zwischenschicht lediglich zu einer gleichmäßigen Brechung aller Umgebungslichtstrahlen führen, die für den Brillenträger nicht bemerkbar ist und daher nicht störend wirkt.

Im erfindungsgemäßen Brillenglas kann der Grundkörper zumindest im Bereich des Lichtleitabschnitts eine Oberflächenschicht umfassen. Dabei
25 kann die Oberflächenschicht des Grundkörpers beispielsweise wenigstens eine an die viskose oder feste Zwischenschicht angrenzende Schicht aus dem Material mit dem ersten Brechungsindex oder einem Material mit einem dem ersten Brechungsindex entsprechenden Brechungsindex umfassen. Eine solche Oberflächenschicht auf zumindest einem Bereich des
30 Lichtleitabschnitts ermöglicht es beispielsweise, die Auskopplungsstruktur, inklusive eventuell vorhandener Funktionsschichten, die häufig in der Außenfläche des Brillenglases bspw. als Fresnelstruktur gebildet ist, zu füllen, ohne dass die Füllung aufgrund von Brechungsindexunterschieden

zum Material des Grundkörpers das durch das Auskopplungselement hindurchtretende Umgebungslicht ablenkt. Wenn die Füllung mit dem Material der viskosen oder festen Zwischenschicht erfolgen würde, wäre diese Füllung aufgrund des vom Material des Grundkörpers verschiedenen Brechungsindex und der variierenden Dicke der Füllung sichtbar und würde das durch das Brillenglas hindurchtretende Umgebungslicht ablenken. Durch die im Bereich des Auskopplungsabschnitts aufgebrauchte brechungsindexangepasste Oberflächenschicht kann eine Außenfläche des Lichtleitabschnitts mit einer optisch ebenen Fläche gewährleistet werden, so dass die Zwischenschicht auf der optisch ebenen Fläche eine Schicht mit gleichmäßiger Dicke bilden kann. Die Zwischenschicht würde dann in dem Bereich, in dem sie vorhanden ist, lediglich zu einer gleichmäßigen Brechung aller Umgebungslichtstrahlen führen, die für den Brillenträger nicht bemerkbar ist und daher nicht störend wirkt.

Die Oberflächenschicht des Grundkörpers kann auch aus einer Mehrzahl von Schichten bestehen, wobei die Schichten aus Materialien bestehen, deren Brechungsindizes größer als der zweite Brechungsindex sind. Die an die viskose oder feste Zwischenschicht angrenzende Schicht besteht dann aus dem Material mit dem ersten Brechungsindex oder aus einem Material mit einem dem ersten Brechungsindex entsprechenden Brechungsindex. Die Brechungsindizes der Schichten nehmen ausgehend von der an die viskose oder feste Zwischenschicht angrenzenden Schicht zu. Auf diese Weise kann der Einfallswinkel zur viskosen oder festen Zwischenschicht hin graduell vergrößert werden, so dass beim Eintritt des Abbildungsstrahlengangs in den Lichtleiter die Eintrittswinkel in den Lichtleiter kleiner sein können als ohne die Oberflächenschicht mit den Schichten. Der gleiche Effekt kann auch erreicht werden, wenn statt einer Oberflächenschicht mit einer Anzahl von Schichten eine Oberflächenschicht aus einem Material mit Brechungsindexgradient Verwendung findet, wobei der niedrigste Brechungsindex dem ersten Brechungsindex entspricht und die Oberflächenschicht so orientiert ist, dass sie mit dem niedrigsten Brechungsindex an die viskose oder feste Zwischenschicht angrenzt.

In einer vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Brillenglases kann sich zwischen der viskosen oder der festen Zwischenschicht und dem Grundkörper oder zwischen der viskosen oder der festen Zwischenschicht und der Oberflächenschicht des Grundkörpers eine Folie mit bspw. einer
5 Dicke im Bereich von 10 μm bis 2mm, vorzugsweise im Bereich von 100 μm bis 1mm und insbesondere im Bereich von 200 μm bis 500 μm oder ein Formteil befinden. Obwohl diese nicht notwendigerweise einen dem ersten Brechungsindex entsprechenden Brechungsindex aufweisen muss, ist es vorteilhaft, wenn der Brechungsindex des Folienmaterials dem ersten
10 Brechungsindex entspricht. Die Folie kann die Herstellung des Brillenglases insofern erleichtern, als dass sie als permanente oder temporäre Form bei der Aushärtung der Zwischenschicht dienen kann und die Geometrie vorgibt. Ein weiterer Vorteil einer Folie kann darin bestehen, dass die Zwischenschicht zuerst auf die Folie aufgebracht werden kann und die Folie
15 dann auf die Oberflächenschicht des Grundkörpers aufgebracht wird. Dies ermöglicht zudem eine größere Materialauswahl, da die Folie als Haftungsvermittler dienen kann, so dass das Material der Zwischenschicht nicht unbedingt eine gute Haftung auf dem Material der Oberflächenschicht oder dem Material des Grundkörpers aufzuweisen braucht. Auch beim
20 Einsatz spezieller UV-härtender Klebstoffe kann eine Folie von Vorteil sein, da die Belichtung in diesem Fall unter Sauerstoffabschluss erfolgen kann.

Das Material der viskosen oder festen Zwischenschicht kann jedoch auch selbst ein Klebstoff sein, mit dem beispielsweise das Ergänzungselement am Grundkörper befestigt ist. Alternativ besteht auch die Möglichkeit, dass die
25 Oberflächenschicht ein Klebstoff ist, mit dem die viskose oder feste Zwischenschicht oder eine Folie, auf dem die Zwischenschicht aufgebracht ist, mit dem Grundkörper verklebt ist. Grundsätzlich besteht auch die Möglichkeit, dass sowohl die viskose oder feste Zwischenschicht als auch die Oberflächenschicht als Klebstoff ausgebildet sind.

30 Wie bereits mit Bezug auf die Folie beschrieben worden ist, kann die viskose oder feste Zwischenschicht auf einem Trägermaterial aufgebracht sein und dann zusammen mit dem Trägermaterial am Grundkörper angebracht werden. Das Trägermaterial braucht aber nicht zwingend eine Folie zu sein.

Beispielsweise kann auch das Ergänzungselement als Trägermaterial für die viskose oder feste Zwischenschicht dienen.

Der wenigstens eine Reflexionsabschnitt der Innenfläche und/oder der Außenfläche des Grundkörpers kann eine Freiform aufweisen. Unter einer Freiform soll dabei eine Fläche zu verstehen sein, die frei definiert werden kann, ohne dass sie sphärisch, torisch oder durch eine andere Regelgeometrie beschreibbar zu sein braucht. Auf diese Weise können die Reflexionsabschnitte des Lichtleitabschnitts den Abbildungsstrahlengang manipulieren, so dass sie die Abbildung mitformende oder korrigierende Funktionen wahrnehmen können. Im Falle einer Freiformfläche sollte θ_E so gewählt sein, dass an jedem Punkt der Freiformfläche mindestens 50 % der Lichtstrahlen des Abbildungsstrahlengangs, insbesondere mindestens 75 % der Lichtstrahlen des Abbildungsstrahlengangs, einen Einfallswinkel $\theta > \theta_E$ aufweisen, um die Abbildung mitformende oder korrigierende Wirkung der Freiformfläche nicht zu beeinträchtigen. Vorzugsweise ist θ_E dabei derart gewählt, dass an jedem Punkt der Freiformfläche mindestens 90 % der Lichtstrahlen, weiter vorzugsweise mindestens 95 % und idealerweise 100 % der Lichtstrahlen des Abbildungsstrahlengangs einen Einfallswinkel $\theta > \theta_E$ aufweisen. Hierbei ist zu beachten, dass die Lichtstrahlen des Abbildungsstrahlengangs nicht notwendigerweise vollständig kollimiert sind, sondern typischerweise eine geringe Divergenz aufweisen können, wobei dann bspw. die Auskopplungsstruktur für eine abschließende Kollimation des in Richtung auf das Auge ausgekoppelten Abbildungsstrahlengangs sorgt. Im Falle einer reinen Reflexionsfläche ohne die Abbildung mitformende oder korrigierende Funktion kann es dagegen Zonen geben, in denen weniger als der geforderte Prozentsatz an Lichtstrahlen einen Einfallswinkel $\theta > \theta_E$ aufweisen, solange über die gesamte Reflexionsfläche gesehen der geforderte Prozentsatz an Lichtstrahlen einen Einfallswinkel $\theta > \theta_E$ aufweist. Die Zonen, in denen weniger als der geforderte Prozentsatz an Lichtstrahlen einen Einfallswinkel $\theta > \theta_E$ aufweisen, sollten dabei räumlich umso kleiner sein, je weniger Lichtstrahlen einen Einfallswinkel $\theta > \theta_E$ aufweisen, um eine räumliche Intensitätsschwankung im virtuellen Bild unter der Wahrnehmungsgrenze zu halten.

Wenn die Innenfläche und/oder die Außenfläche des Grundkörpers im Bereich des Lichtleitabschnitts eine Freiform aufweist, das Brillenglas auf seiner Außenseite jedoch eine optisch ebene sphärische Fläche aufweisen soll, kann dies zu Variationen in der Dicke der viskosen oder festen Zwischenschicht führen. Bei starken Krümmungen der Freiformflächen kann die Wahrnehmung der Umgebung durch das Brillenglas beeinträchtigt werden. In diesem Fall ist es vorteilhaft, wenn die viskose oder feste Zwischenschicht eine gleichmäßige Dicke aufweist und auf der dem Grundkörper abgewandten Seite der viskosen oder festen Zwischenschicht eine Deckschicht aufgebracht ist, die aus einem Material mit einem vierten Brechungsindex besteht, wobei der vierte Brechungsindex dem ersten Brechungsindex entspricht, und die Deckschicht auf ihrer der viskosen oder festen Zwischenschicht abgewandten Seite eine optisch ebene sphärische Oberfläche besitzt.

15 Eine erfindungsgemäße Abbildungsoptik zeichnet sich dadurch aus, dass sie wenigstens ein erfindungsgemäßes Brillenglas umfasst.

Eine erfindungsgemäße Datenbrille zeichnet sich dadurch aus, dass sie wenigstens eine erfindungsgemäße Abbildungsoptik umfasst.

Die mit der erfindungsgemäßen Abbildungsoptik und die mit der erfindungsgemäßen Datenbrille erzielbaren Vorteile ergeben sich unmittelbar aus den mit dem erfindungsgemäßen Brillenglas erzielten Vorteilen. Auf diese Vorteile wird daher verwiesen.

Weitere Merkmale, Eigenschaften und Vorteile der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme der beiliegenden Figuren.

Figur 1 zeigt eine Datenbrille in einer perspektivischen Darstellung.

Figur 2 zeigt ein Brillenglas und eine Einkopplungsvorrichtung der Datenbrille aus Figur 1 in einer schematischen Darstellung.

Figur 3 zeigt ein Beispiel für eine Auskopplungsstruktur im Brillenglas.

Figuren 4 bis 12 Beispiele für Varianten von erfindungsgemäßen Brillengläsern

5 Nachfolgend wird die Erfindung am Beispiel einer Datenbrille mit einem erfindungsgemäßen Brillenglas beschrieben. Das Brillenglas ist Teil einer Abbildungsoptik zum Erzeugen eines virtuellen Bildes von einem auf einem Bildgeber dargestellten Ausgangsbild. Eine entsprechende Datenbrille 1 ist in Figur 1 gezeigt. Die Abbildungsoptik mit dem Brillenglas 3 ist in Figur 2 stark
10 schematisiert dargestellt.

Die Datenbrille 1 umfasst zwei Brillengläser 3, 5, die von einem Brillengestell 7 mit zwei Brillenbügeln 9, 11 gehalten werden. Die Brillengläser umfassen jeweils einen Grundkörper 41, der bei aufgesetzter Brille eine zum Auge des Benutzers weisende Innenfläche 13 (in Figur 2 zu sehen) und eine vom Auge
15 des Benutzers weg weisende Außenfläche 17, 19 (in den Figuren 1 und 2 zu sehen) aufweist. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel befindet sich im Brillenbügel 9 oder zwischen dem Brillenbügel 9 und dem Brillenglas 17 ein Bildgeber 21 (in Figur 2 gezeigt), der beispielsweise als Flüssigkristallanzeige (LCD- oder LCoS-Display, LCoS: Liquid Crystal on
20 Silicon), als auf Leuchtdioden basierendes Display (LED-Display) oder als auf organischen Leuchtdioden basierendes Display (OLED-Display) ausgebildet sein kann. Zwischen dem Bildgeber 21 und dem Brillenglas 3 ist als Teil der Abbildungsoptik eine Einkopplungseinrichtung 23 angeordnet, die im vorliegenden Ausführungsbeispiel eine Eintrittsfläche 24, eine erste
25 Spiegelfläche 27 und eine zweite Spiegelfläche 29 aufweist und als Prisma aus Glas oder transparentem Kunststoff ausgebildet sein kann, wobei die Eintrittsfläche 24 und die Spiegelflächen 27, 29 durch Flächen des Prismas gebildet sind. Wie das die Einkopplungseinrichtung 23 bildende Prisma kann der Grundkörper 41 des Brillenglases 3 aus einem organischen Glas, d.h.
30 aus einem transparenten Kunststoff, hergestellt sein. Aber auch die Herstellung aus einem mineralischen Glas oder einem anderen transparenten anorganischen Material ist möglich. Mit Hilfe der Einkopplungseinrichtung 23 kann ein vom Bildgeber ausgehender

Abbildungsstrahlengang über einen Einkopplungsabschnitt 25 des Grundkörpers 41 zwischen die Innenfläche 13 und die Außenfläche 17 des Grundkörpers eingekoppelt werden.

5 Im vorliegenden Ausführungsbeispiel sind der die Einkopplungseinrichtung 23 bildende Block und das Brillenglas 3 als getrennte Einheiten geformt und anschließend miteinander verkittet worden. Beide Einheiten können aber auch als ein monolithisches Bauteil durch Urformen oder durch Bearbeitung hergestellt werden. Der die Einkopplungseinrichtung 23 bildende Block und das Brillenglas 3 können dabei aus demselben oder aus unterschiedlichen
10 Materialien hergestellt sein.

Die Einkopplungsvorrichtung 23 kann außer zum Einkoppeln des vom Bildgeber 21 ausgehenden Abbildungsstrahlengangs in das Brillenglas 3 auch zum Kollimieren der von den Bildpunkten des vom Bildgeber 21 dargestellten Ausgangsbildes ausgehenden divergenten Strahlenbündel des
15 Abbildungsstrahlengangs dienen. Hierzu können die Eintrittsfläche 24, die erste Spiegelfläche 27 und die zweite Spiegelfläche 29 entsprechend gekrümmte Flächen aufweisen. Beispielsweise kann die Eintrittsfläche 24 als ellipsoide Fläche ausgebildet sein, während die beiden Spiegelflächen 27, 29 jeweils als hyperbolische Flächen ausgebildet sind. Das Brillenglas 3 und die
20 Einkopplungseinrichtung 23 bilden zusammen die Abbildungsoptik der Datenbrille 1, welche ein virtuelles Bild des auf den Bildgeber 21 dargestellten Ausgangsbildes erzeugt.

Von der Einkopplungseinrichtung 23 wird der mittels der Eintrittsfläche 24 und der beiden Spiegelflächen 27, 29 kollimierte Abbildungsstrahlengang
25 über den Einkopplungsabschnitt 25 des Grundkörpers 41 zwischen die Innenfläche 13 und die Außenfläche 17 in den Grundkörper 41 eingekoppelt. Im Grundkörper 41 wird der Abbildungsstrahlengang dann mittels innerer Totalreflexionen an der Außenfläche 17 und der Innenfläche 13 des Grundkörpers 41 zu einer Auskopplungsstruktur, die im vorliegenden Fall als
30 Fresnelstruktur 31 ausgebildet ist, geleitet. Von der Fresnelstruktur 31 wird der kollimierte Abbildungsstrahlengang ausgekoppelt, indem er derart in Richtung auf die Innenfläche 17 des Grundkörpers 41 reflektiert wird, dass er durch diese refraktiv in Richtung auf die Austrittspupille 33 der

Abbildungsoptik aus dem Brillenglas 3 austritt. Die Austrittspupille 33 befindet sich bei aufgesetzter Datenbrille 1 am Ort der Pupille 35 des Nutzerauges.

Ein Beispiel für eine Fresnelstruktur 31, wie sie in der Abbildungsoptik der Datenbrille 1 Verwendung finden kann, ist in Fig. 3 beschrieben. Die gezeigte
5 Fresnelstruktur 31 weist Facetten 39 auf, die im vorliegenden Ausführungsbeispiel so orientiert sind, dass ein auf die Facette 39 auftreffender Nullstrahl des Abbildungsstrahlengangs in Richtung auf die Innenfläche 17 des Grundkörpers 41 reflektiert wird. Im vorliegenden Aus-
führungsbeispiel sind die Facetten 39 teilverspiegelt, so dass aus der
10 Umgebung stammende Strahlenbündel die teilverspiegelten Facetten 39 in Richtung auf die Austrittspupille 33 passieren können. Auf diese Weise liegt im Bereich der Austrittspupille 33 ein Strahlengang vor, in dem der Abbildungsstrahlengang mit einem aus der Umgebung stammenden Strahlengang überlagert ist, so dass bei einem Nutzer einer mit der
15 Abbildungsoptik versehenen Datenbrille 1 der Eindruck entsteht, das virtuelle Bild schwebe in der Umgebung.

Auf dem Weg zur Fresnelstruktur 31 erfolgen im Grundkörper 41 nach dem Einkoppeln des Abbildungsstrahlengangs vier Totalreflexionen, von denen die erste Totalreflexion an einem Reflexionsabschnitt R1 der Außenfläche 17
20 des Grundkörpers 41 erfolgt, die zweite Totalreflexionen an einem Reflexionsabschnitt R2 der Innenfläche 13 des Grundkörpers 41 erfolgt, die dritte Totalreflexionen wieder an einem Reflexionsabschnitt R3 der Außenfläche 17 des Grundkörpers 41 erfolgt und die vierte Totalreflexionen schließlich wieder an einem Reflexionsabschnitt R4 der Innenfläche 13 des
25 Grundkörpers 41 erfolgt. Die Fresnelstruktur 31 befindet sich in der Außenfläche des Grundkörpers 41, wohin der Abbildungsstrahlengang vom vierten Reflexionsabschnitt R4 reflektiert wird. Mittels der Fresnelstruktur 31 wird der Abbildungsstrahlengang dann wie beschrieben in Richtung auf die Austrittspupille der Abbildungsoptik aus dem Brillenglas 3 ausgekoppelt. In
30 Fig. 3 sind ein Mittelstrahl und zwei Randstrahlen eines vom Bildgeber 21 ausgehenden divergenten Strahlenbündels gezeigt. Durch die Kollimation mittels der eine Kollimationsoptik bildenden Einkopplungsvorrichtung 23 liegt im Brillenglas 3 ein weitgehend kollimierter Strahlengang vor, der dann als

weitgehend kollimierter Strahlengang von der Fresnelstruktur 31 ausgekoppelt wird.

Das Brillenglas 3 umfasst im vorliegenden Ausführungsbeispiel ein Ergänzungselement in Form eines am Grundkörper 41 angeordneten
5 Korrekturglases 43, mit dem eine Fehlsichtigkeit des Benutzers der Datenbrille ausgeglichen wird. Das Korrekturglas 43, das wie der Grundkörper 41 aus einem organischen Glas oder einem mineralischen Glas hergestellt sein kann, ist mittels einer Klebstoffschicht 45, die eine Zwischenschicht zwischen dem Grundkörper 41 und dem Korrekturglas 43
10 bildet, am Grundkörper 41 angebracht. Das Material des Grundkörpers weist dabei einen ersten Brechungsindex n_1 auf und der Klebstoff der Klebstoffschicht 45 einen zweiten Brechungsindex n_2 . Das Material des Korrekturglases weist einen Brechungsindex auf, der insbesondere dem ersten Brechungsindex n_1 des Grundkörpermaterials entsprechen kann, aber
15 nicht muss.

Damit an der die Grenzfläche des Grundkörpers 41 zur Klebstoffschicht 45 bildenden Innenfläche 13 des Grundkörpers 41 eine Totalreflexion erfolgen kann, müssen die Einfallswinkel θ_E der Strahlen des Abbildungsstrahlengangs bezogen auf das Flächenlot eines
20 Flächenelementes, an dem die Totalreflexion stattfinden soll, größer als der Grenzwinkel θ_G für das Auftreten von Totalreflexion sein. Der Grenzwinkel ist dabei durch das Verhältnis des ersten Brechungsindex n_1 , also des Brechungsindex des Materials des Grundkörpers 41, zum zweiten Brechungsindex n_2 , also dem Brechungsindex des Klebstoffes 45 der
25 Zwischenschicht, bestimmt und lässt sich aus der Gleichung

$$\theta_G = \arcsin (n_2/n_1) \quad (1)$$

berechnen. Für ein gegebenes Design des Grundkörpers 41 und der Einkopplungseinrichtung 23 sind der Einfallswinkel θ_E der Strahlen des Abbildungsstrahlengangs auf das reflektierende Flächenelement und der
30 Brechungsindex n_1 des Materials des Grundkörpers 41 bekannt. Damit Totalreflexion auftreten kann, muss nun der Brechungsindex n_2 der vom Klebstoff gebildeten Zwischenschicht 45 so gewählt werden, dass der

Grenzwinkel θ_G kleiner als der Einfallswinkel θ_E ist. Dies ist erfüllt, wenn am reflektierenden Flächenelement die Ungleichung

$$n_2 < n_1 \sin(\theta_E) \quad (2)$$

erfüllt ist. Da $\sin(\theta_E)$ immer kleiner oder gleich 1 ist, muss der zweite
5 Brechungsindex n_2 also kleiner als der erste Brechungsindex n_1 sein. Wie
viel kleiner als n_1 hängt dabei von dem Einfallswinkel θ_E auf das
Flächenelement – und damit vom Design des Grundkörpers 41 und der
Einkopplungseinrichtung 23 – ab. Im Rahmen der Erfindung wird nun ein
Einfallswinkel θ_E festgelegt, der derart gewählt, dass an dem
10 Reflexionsabschnitt mindestens 50 % der Lichtstrahlen des
Abbildungsstrahlengangs, insbesondere mindestens 75 % der Lichtstrahlen
des Abbildungsstrahlengangs, einen Einfallswinkel $\theta > \theta_E$ aufweisen. Im
vorliegenden Ausführungsbeispiel ist der Einfallswinkel θ_E derart gewählt,
dass an dem Reflexionsabschnitt mindestens 90 % der Lichtstrahlen, weiter
15 vorzugsweise mindestens 95 % und idealerweise 100 % der Lichtstrahlen
des Abbildungsstrahlengangs einen Einfallswinkel $\theta > \theta_E$ aufweisen. Anhand
des festgelegten Einfallswinkels θ_E wird dann mit Hilfe der Ungleichung (2)
die Obergrenze für einen geeigneten Brechungsindex n_2 ermittelt. Auf der
Basis des ermittelten Brechungsindex n_2 kann schließlich für die
20 Zwischenschicht ein Material mit einem passenden Brechungsindex
ausgewählt werden.

In dem Reflexionsabschnitt kann es Zonen geben, in denen weniger als 90 %
(bzw. 50 %, 75 %, 95 % oder 100 %) der Lichtstrahlen des
Abbildungsstrahlengangs einen Einfallswinkel $\theta > \theta_E$ aufweisen, solange
25 über den gesamten Reflexionsabschnitt gesehen 90 % (bzw. 50 %, 75 %, 95 %
oder 100 %) der Lichtstrahlen einen Einfallswinkel $\theta > \theta_E$ aufweisen
und die Zonen, in denen weniger als 90 % (bzw. 50 %, 75 %, 95 % oder
100 %) der Lichtstrahlen einen Einfallswinkel $\theta > \theta_E$ aufweisen räumlich so
klein gehalten werden, dass räumliche Intensitätsschwankung im virtuellen
30 Bild entweder nicht wahrgenommen oder zumindest nicht als störend
empfunden werden. Die Zonen, in denen weniger als 90 % (bzw. 50 %, 75 %, 95 %
oder 100 %) der Lichtstrahlen einen Einfallswinkel $\theta > \theta_E$
aufweisen, können dabei räumlich umso größer sein, je näher in diesen

Zonen der Anteil der Lichtstrahlen, die einen Einfallswinkel $\theta > \theta_E$ aufweisen, an dem geforderten Prozentsatz liegt.

Falls der Reflexionsabschnitt eine die Abbildung mitformende oder korrigierende Freiformfläche ist, wird θ_E so gewählt, dass an jedem Punkt der Freiformfläche mindestens 90 % (bzw. 50 %, 75 % oder 95 % oder 100 %) der Lichtstrahlen des Abbildungsstrahlengangs einen Einfallswinkel $\theta > \theta_E$ aufweisen, um die Abbildung mitformende oder korrigierende Wirkung der Freiformfläche nicht zu beeinträchtigen. Hierbei ist zu beachten, dass die Lichtstrahlen des Abbildungsstrahlengangs in der Regel nicht vollständig kollimiert sind, sondern typischerweise eine geringe Divergenz aufweisen, die bspw. von der Auskopplungsstruktur durch eine abschließende Kollimation des in Richtung auf das Auge ausgekoppelten Abbildungsstrahlengangs beseitigt wird.

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel besteht der Grundkörper 41 aus einem Glas mit einem ersten Brechungsindex von $n_1 = 1,7$. Der kleinste Einfallswinkel θ_E beträgt ca. 55° und das Klebstoffmaterial der Zwischenschicht 45 besitzt einen zweiten Brechungsindex $n_2 = 1,3$. Der Grenzwinkel für Totalreflexion beträgt somit $49,9^\circ$, also rund 50° . Es ist somit ersichtlich, dass bei einem Einfallswinkel von 55° eine Totalreflexion auftritt. Damit der Einfallswinkel von 55° eine Totalreflexion auftreten kann, darf der zweite Brechungsindex n_2 , also der des Klebstoffmaterials gemäß Formel 2 den Wert 1,39 nicht überschreiten. Bei anderen Einfallswinkeln θ_E und/oder bei einem anderen Brechungsindex n_1 des Grundkörpermaterials würde sich eine andere obere Grenze für den Brechungsindex n_2 des Klebstoffmaterials ergeben.

Wenn in einer Fläche des Grundkörpers 41 mehrere Reflexionsabschnitte vorhanden sind, in denen Totalreflexionen stattfinden sollen (im vorliegenden Ausführungsbeispiel finden Totalreflexionen in den Reflexionsabschnitten R2 und R4 der Innenfläche 13 statt), wird für jeden Reflexionsabschnitt R2, R4 ein Einfallswinkel θ_{E1} , θ_{E2} festgelegt, wobei die Einfallswinkel θ_{E1} und θ_{E2} derart gewählt sind, dass an dem jeweiligen Reflexionsabschnitt R2, R4 mindestens 75 % der Lichtstrahlen, vorzugsweise 90%, weiter vorzugsweise mindestens 95 % und idealerweise 100 % der Lichtstrahlen des

Abbildungsstrahlengangs einen Einfallswinkel $\theta > \theta_{E2}$ bzw. $\theta > \theta_{E4}$ aufweisen. Für das Ermitteln des Brechungsindex n_2 des Materials der Zwischenschicht wird dann der kleinste dieser Einfallswinkel θ_{E2} , θ_{E4} als der in die Ungleichung (2) einzusetzende Einfallswinkel θ_E gewählt. Auf diese
5 Weise ist sichergestellt, dass der ermittelte Brechungsindex n_2 für jeden der Reflexionsabschnitte geeignet ist.

Das mit Bezug auf die Figur 2 beschriebene Beispiel für ein erfindungsgemäßes Brillenglas ist lediglich mit einem Korrekturglas 43 zur Korrektur einer Fehlsichtigkeit ausgestattet, welches mittels einer Schicht 45
10 aus einem niedrigbrechenden Klebstoff am Grundkörper 41 befestigt ist. Zusätzlich oder alternativ zum Korrekturglas 43 können aber auch andere Ergänzungselemente am Grundkörper 41 angebracht sein. Beispiele für Ergänzungselemente, die keine Gläser (organisch oder mineralisch) sind, sind auf den Grundkörper 41 aufgebraute Folien oder Beschichtungen.
15 Diese können entweder den gesamten Grundkörper 41 überdecken oder nur Teile davon. Zudem können die Ergänzungselemente unterschiedliche Funktionen erfüllen. Beispielsweise können sie dazu dienen, ein Beschlagen des Brillenglases zu verhindern (Antifog-Funktion), die Brille zu tönen oder zu verspiegeln, eine Polarisation herbeizuführen oder in Abhängigkeit von der
20 Menge an einfallendem UV-Licht eine Tönung des Brillenglases herbeizuführen oder zu verändern (bspw. als photochrome Beschichtung). Daneben können elektrochrome Schichten (die bei Anlegen einer Spannung die Lichttransmission verändern), elektro-optische Systeme, Signaturen/Gravuren, diffraktive optische Elemente (DOEs), holografische
25 optische Elemente (HOEs) und Schmuck-/Dekorelemente als Ergänzungselemente auf dem Grundkörper 41 aufgebracht werden. Selbstverständlich besteht auch die Möglichkeit, einen Grundkörper 41 mit mehreren der genannten Ergänzungselemente zu kombinieren.

Beispielmaterialien für den Grundkörper 41 und/oder für
30 Ergänzungselemente aus Glas sind transparente organische oder mineralische Gläser, wobei neben anorganischen glasartigen Materialien prinzipiell auch kristalline oder keramische Materialien (z.B. Oxide, Halogenide) eingesetzt werden können. Als organische Gläser können

insbesondere transparente organische Thermoplaste wie PC (Polycarbonat), PMMA (Polymethylmethacrylat), mikrokristallines PA (Polyamid) und COP/COC (Cycloolefin-Polymere und Copolymere), sowie transparente Duroplaste beispielsweise auf der Basis von Acrylaten, Polyurethanen, Polyharnstoffen, Polythiourethanen und ADC (Allyldiglykolcarbonat) eingesetzt werden.

Als Klebstoffe können prinzipiell Struktur- oder Haftklebstoffe eingesetzt werden, die über eine ausreichende Transparenz in dem relevanten Spektralbereich verfügen. Beispiele hierfür finden sich in der Gruppe der Acrylate, Urethane, Epoxy/Amine, Epoxy/Thiole sowie der Thiol-Ene, wobei die schwefelhaltigen Materialien insbesondere für höherbrechende Verklebungen mit Brechungsindizes größer als etwa 1.54 von Interesse sind.

Aus der Klasse der niedrigbrechenden Materialien sind vor allem Fluor-Acrylate und Fluor-Urethanacrylate zu nennen, mit denen sich Brechungsindizes bis hinunter zu 1.32 realisieren lassen, sowie die LSR (Liquid Silicone Rubber). Diese Klebstoffe eignen sich besonders als Zwischenschicht 45.

In dem in Figur 2 dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Klebstoffschicht 45 mit dem zweiten Brechungsindex n_2 an der gesamten Kontaktfläche zwischen dem Grundkörper 41 und dem Korrekturglas 43 vorhanden. Die Totalreflexion braucht jedoch lediglich im Lichtleitabschnitt 47 des Grundkörpers 41, also im Bereich zwischen dem Einkopplungsabschnitt 25 und der Auskopplungsstruktur 31 zu erfolgen. Außerhalb dieses Lichtleitabschnittes 47 kann daher grundsätzlich auch ein anderer Klebstoff mit einem höheren Brechungsindex Verwendung finden, insbesondere ein Klebstoff mit einem dem ersten Brechungsindex n_1 des Grundkörpermaterials entsprechenden Brechungsindex. Fertigungstechnisch ist es jedoch von Vorteil, wenn an der gesamten Kontaktfläche dieselbe Klebstoffschicht 45 verwendet wird. Weiterhin ist in Figur 2 gezeigt, dass sich das Korrekturglas 43 bis zum Einkopplungsabschnitt 25 des Grundkörpers 41 erstreckt. Falls sich das Korrekturglas 43 nicht bis zum Einkopplungsabschnitt 25 erstreckt, sondern beispielsweise nur bis zu einem Punkt zwischen den Reflexionsabschnitten R2 und R4, so braucht sich die

Klebstoffschicht 45 nicht bis zum Einkopplungsabschnitt zu erstrecken, da dort, wo sich das Korrekturglas 43 nicht befindet, die Innenfläche 13 des Grundkörpers 41 eine Kontaktfläche zu Luft mit einem Brechungsindex von im Wesentlichen 1,0 darstellt, so dass die Bedingung für Totalreflexion in diesem Bereich auch ohne Klebstoffschicht erfüllt ist.

Beispiele für Brillengläser mit unterschiedlichen Konfigurationen der niedrigbrechenden Zwischenschichten werden nachfolgend mit Bezug auf die Figuren 4 bis 12 beschrieben.

Figur 4 zeigt ein Brillenglas, bei dem außer einem Korrekturglas 43 an der Innenseite des Grundkörpers 41 als Ergänzungselement eine dünne Folie 49 auf die Außenfläche 17 des Grundkörpers 41 aufgebracht ist. Die Folie 49 ist wie das Korrekturglas 43 mittels einer Klebstoffschicht 51 am Grundkörper 41 fixiert. Der Klebstoff der Klebstoffschicht 51 besitzt einen Brechungsindex n_2 , der gemäß Formel 2 gewählt ist und somit zu einer Totalreflexion eines über den Einkopplungsabschnitt 25 in den Grundkörper 41 eingekoppelten Abbildungsstrahlengangs an der Außenfläche 7 des Grundkörpers 41 führt.

Im Bereich der Auskopplungsstruktur 31, die durch eine Fresnelstruktur, wie sie in Figur 3 gezeigt ist, gebildet ist, befindet sich zwischen der Oberfläche der Fresnelstruktur und der von der Klebstoffschicht 51 gebildeten Zwischenschicht eine Füllung 53 mit einem Füllungsmaterial dessen Brechungsindex dem ersten Brechungsindex n_1 , also dem Brechungsindex des Grundkörpermaterials, entspricht. Durch die Anpassung des Brechungsindex des Füllmaterials an den Brechungsindex n_1 des Grundkörpermaterials kann vermieden werden, dass die Auskopplungsstruktur 31 im durch sie hindurchtretenden Umgebungslicht sichtbar ist und somit einen störenden Seheindruck erzeugen würde.

Die Folie 49 kann beispielsweise eine Sonnenbrillenkomponente sein, die eine absorbierende, reflektierende oder polarisierende Beschichtung oder eine Färbung zum Reduzieren der Transmission durch das Brillenglas 3 aufweist. Die Beschichtung oder Färbung kann dabei bereits vor dem Verkleben der Folie 49 mit dem Grundkörper 41 vorhanden sein oder sie

kann nach dem Aufkleben der Folie 49 auf den Grundkörper 41 auf diese aufgebracht oder eingebracht werden.

Eine Abwandlung der in Figur 4 gezeigten Ausführungsvariante ist in Figur 5 dargestellt. Die Abwandlung unterscheidet sich von der in Figur 4
5 dargestellten Variante dadurch, dass die Klebstoffschicht, mit der die Folie 49 am Grundkörper 41 befestigt ist, zweigeteilt ist. Im Lichtleitabschnitt, also im Bereich zwischen der Auskopplungsstruktur 31 und dem Einkopplungsabschnitt 25, findet derselbe Klebstoff wie in der in Figur 4 beschriebenen Ausführungsvariante Verwendung. Im Bereich des
10 Lichtleitabschnitts entspricht die Klebstoffschicht daher der Klebstoffschicht 51 aus Figur 4. Ab der Auskopplungsstruktur 31 findet dagegen eine Klebstoffschicht 55 mit einem Klebstoff Verwendung, der auch als Füllung für die Fresnelstruktur dient. Dieser Klebstoff weist einen Brechungsindex auf, der an den ersten Brechungsindex n_1 angepasst ist. In dieser Variante kann
15 zwar die Trennlinie 56 zwischen den beiden Klebstoffen sichtbar sein, jedoch befindet sich diese Trennlinie 56 in der Regel außerhalb des zentralen Gesichtsfeldes, so dass sie für den Brillenträger nicht sonderlich störend wirkt.

Eine weitere Abwandlung der in Figur 4 dargestellten Ausführungsvariante ist
20 in Figur 6 gezeigt. In dieser Ausführungsvariante erstreckt sich die Klebstoffschicht 55 mit dem brechungsindexangepassten Klebstoff über die gesamte Außenfläche des Grundkörpers 41. Aufgrund der Tatsache, dass der Brechungsindex des brechungsindexangepassten Klebstoffes an den Brechungsindex n_1 des Grundkörpermaterials angepasst ist, beeinträchtigt
25 diese Schicht den Durchblick durch das Brillenglas 3 nicht. Über der Klebstoffschicht 55 mit dem brechungsindexangepassten Klebstoff ist dann die Klebstoffschicht 51 aus dem Klebstoff mit dem zweiten Brechungsindex n_2 angeordnet. Da der Brechungsindex der brechungsindexangepassten Klebstoffschicht 55 dem Brechungsindex des Grundkörpermaterials entspricht, weist die Grenzfläche zwischen der brechungsindexangepassten
30 Klebstoffschicht 55 und der Klebstoffschicht 51 mit dem zweiten Brechungsindex n_2 im Wesentlichen denselben Grenzwinkel θ_G wie die in Figur 4 vorhandene Grenzfläche zwischen dem Grundkörper 41 und der

Klebstoffschicht 51 auf. Aufgrund der Brechungsindexanpassung der Klebstoffschicht 55 an den Brechungsindex n_1 des Grundkörpermaterials 41 kann diese brechungsindexangepasste Klebstoffschicht 55 in ihrem optischen Verhalten daher als Teil des Grundkörpers 41 angesehen werden.

5 Es sei an dieser Stelle angemerkt, dass sich die aneinander angepassten Brechungsindizes wie zuvor bereits erwähnt maximal 5 ‰, vorzugsweise maximal 1 ‰, voneinander unterscheiden. Diese Unterschiede führen zu kleinen Abweichungen in den Grenzwinkeln θ_G die gemäß Gleichung 1 für die Grenzfläche zwischen dem brechungsindexangepassten Klebstoffschicht
10 55 und der Klebstoffschicht 51 mit dem zweiten Brechungsindex n_2 einerseits und für die Grenzfläche zwischen dem Grundkörper 41 und der Klebstoffschicht 51 mit dem zweiten Brechungsindex n_2 andererseits ermittelt werden. Im Rahmen der Erfindung können diese kleinen Abweichungen jedoch vernachlässigt werden, so dass diese Grenzwinkel im
15 Rahmen der Erfindung als gleich angesehen werden können.

In Figur 6 erstreckt sich die Klebstoffschicht 51 über die gesamte brechungsindexangepasste Klebstoffschicht 55. Es besteht aber auch die Möglichkeit, die Klebstoffschicht 51 lediglich im Lichtleitabschnitt des Brillenglases 3, also in dem sich zwischen dem Einkopplungsabschnitt 25
20 und der Auskopplungsstruktur 31 erstreckenden Brillenglasabschnitt, vorzusehen. In den übrigen Abschnitten wäre dann die brechungsindexangepasste Klebstoffschicht 55 dicker als im Lichtleitabschnitt, um die Dicke der im Lichtleitabschnitt zusätzlich vorhandenen Klebstoffschicht mit dem zweiten Brechungsindex n_2
25 auszugleichen. Zwar kann auch in dieser Variante die laterale Trennlinie zwischen den beiden Klebstoffen in dem durch das Brillenglas 3 hindurchtretenden Umgebungslicht sichtbar sein, jedoch befindet sich diese Trennlinie, wie die Trennlinie 56 in Figur 5, in der Regel außerhalb des zentralen Gesichtsfeldes, so dass sie für den Brillenträger nicht sonderlich
30 störend wirkt.

In Figur 6 ist die Klebstoffschicht 51 mit dem zweiten Brechungsindex n_2 direkt auf die brechungsindexangepasste Klebstoffschicht 55 aufgebracht. Es besteht jedoch auch die Möglichkeit, dass sich zwischen der

brechungsindexangepassten Klebstoffschicht 55 und der Klebstoffschicht 51 mit dem zweiten Brechungsindex n_2 eine Folie 57 befindet, wie dies in Figur 7 dargestellt ist. Die Folie 57 braucht nicht notwendigerweise einen Brechungsindex aufzuweisen, der an den Brechungsindex der brechungsindexangepassten Klebstoffschicht 55 angepasst ist. Wenn sich der Brechungsindex der Folie 57 vom Brechungsindex der brechungsindexangepassten Klebstoffschicht 55 unterscheidet und wie im vorliegenden Beispiel eine gleichmäßige Dicke aufweist, führt dies lediglich zu einer über die gesamte Schicht gleichwirkenden Brechung, so dass das Sehempfinden nicht negativ beeinflusst wird. Im Falle der Folie 57 gilt jedoch, dass die Bedingung für das Auftreten der Totalreflexion an der Grenzfläche zwischen der Folie 57 und der Klebstoffschicht 51 mit dem zweiten Brechungsindex n_2 erfüllt sein müssen. Die Folie 57 kann aber auch einen an den Brechungsindex der darunter liegenden Klebstoffschicht 55 und damit an den ersten Brechungsindex n_1 , angepasst sein. In diesem Fall ist der Grenzwinkel θ_G gleich dem Grenzwinkel der Grenzfläche zwischen dem Grundkörper 41 und der Klebstoffschicht 51 aus Figur 4.

Die Folie 57 ermöglicht eine größere Auswahl an Materialkombinationen, da sie als haftvermittelnde Schicht dienen kann, wenn der Klebstoff der brechzahlangepassten Klebstoffschicht 55 und der Klebstoff der Schicht 51 mit dem zweiten Brechungsindex n_2 nur schlecht aneinander haften. Darüber hinaus bietet die Folie fertigungstechnische Vorteile, da zumindest die Klebstoffschicht 51 mit dem zweiten Brechungsindex n_2 auf die Folie 57 aufgebracht werden kann, bevor diese auf die brechungsindexangepasste Klebstoffschicht 55 aufgebracht wird. Die Folie kann die Herstellung des Brillenglases insofern erleichtern, als dass sie als Form bei der Aushärtung der Zwischenschicht dienen kann und die Geometrie vorgibt. Es wäre auch denkbar, die Folie nur für die Härtung zu verwenden und danach wieder zu entfernen. In diesem Fall wäre die Oberfläche der Folie derart behandelt, dass sie sich leicht wieder von der Zwischenschicht lösen lässt. Es besteht darüber hinaus die Möglichkeit, auch die Funktionsschicht 49 (in Form einer weiteren Folie oder in Form einer Beschichtung) bereits auf die Klebstoffschicht 51 mit dem zweiten Brechungsindex n_2 aufzubringen, bevor das gesamte Schichtsystem auf die brechzahlangepasste Klebstoffschicht 55

aufgebracht wird. Zusätzlich oder alternativ besteht die Möglichkeit, die brechzahlangepasste Klebstoffschicht 55 vorab auf die Folie 57 aufzubringen und die Folie 57 danach mit Hilfe der brechzahlangepassten Klebstoffschicht 55 mit dem Grundkörper 41 zu verkleben. Als weitere Alternative kann auf
5 beide Bauteile, also die Folie 57 und den Grundkörper 41, Klebstoff aufgebracht werden, wobei die Bauteile dann anschließend zusammengefügt werden.

Figur 8 zeigt eine Variante des Brillenglases 3, in der die Klebstoffschicht 51 mit dem niedrigbrechenden Klebstoff mit Hilfe einer weiteren Klebstoffschicht
10 59, welche aus einem Klebstoff mit einem an den Brechungsindex n_1 des Grundkörpermaterials brechungsindexangepassten Klebstoff besteht, mit der Folie 57 als einem Trägermaterial verklebt ist. Die Folie 57 selbst ist wiederum über eine Klebstoffschicht 55 mit einem an den Brechungsindex des Grundkörpermaterials brechungsindexangepassten Klebstoff mit dem
15 Grundkörper 41 verklebt. Die Klebstoffschicht 55 dient dabei auch zum Auffüllen der Fresnelstruktur 31. Dies kann insbesondere dann vorteilhaft sein, wenn der niedrigbrechende Klebstoff aufgrund seiner chemischen Zusammensetzung, seiner Viskosität, seiner Aushärtezeiten, seines Aushärtungsverfahrens, seiner Festigkeit im ausgehärteten Zustand oder
20 anderer Eigenschaften nicht ohne weiteres auf den Grundkörper 41 und/oder die Folie 57 aufgebracht werden kann. Entsprechend ist in Figur 8 auch eine an den Brechungsindex des Grundkörpermaterials brechungsindexangepasste Klebstoffschicht 61 zwischen dem Grundkörper 41 und der an das Korrekturglas 43 angrenzenden Klebstoffschicht 45 mit
25 dem niedrigbrechenden Klebstoff angeordnet.

Eine weitere Ausführungsvariante für ein erfindungsgemäßes Brillenglas 3 ist in Figur 9 gezeigt. Diese Ausführungsvariante unterscheidet sich von der in Figur 4 gezeigten Ausführungsvariante dadurch, dass die Klebstoffschicht 51 mit dem niedrigbrechenden Klebstoff direkt auf die Oberfläche des
30 Grundkörpers 41 aufgebracht ist und dass der niedrigbrechende Klebstoff auch zum Auffüllen der Fresnelstruktur 31 benutzt wird. Auf den niedrigbrechenden Klebstoff ist dann die das Funktionselement bildende Folie 49 aufgebracht. Durch die Variationen in der Dicke der

niedrigbrechenden Klebstoffschicht 51 im Bereich der Fresnelstruktur 31 ist die Durchsicht durch das Brillenglas 3 beeinträchtigt. Wenn die Fresnelstruktur 31 in einem Bereich des Grundkörpers 41 angeordnet ist, der bei geradeaus schauendem Auge außerhalb des zentralen Gesichtsfeldes liegt, ist dies jedoch nicht oder kaum störend. Die Qualität des virtuellen Bildes wird in der in Figur 9 dargestellten Variante jedoch nicht beeinträchtigt.

In Figur 10 ist ein Brillenglas 3 dargestellt, in dem die Innenfläche 13 und die Außenfläche 17 im Bereich des Lichtleitabschnittes, also zwischen dem Einkopplungsabschnitt 25 und der Auskopplungsstruktur 31, Freiformflächen 63 und 65 aufweisen, wobei die durch die Freiformflächen 63, 65 in den Oberflächen entstehenden Vertiefungen mittels der Klebstoffschichten 45 und 51 aus dem niedrigbrechenden Klebstoff aufgefüllt werden, so dass eine sphärische Fläche entsteht, auf die das Korrekturglas 43 sowie die ein Funktionselement bildende Folie 49 aufgebracht werden können. Bei sehr starken Krümmungen im Bereich der Freiformflächen 63, 65 kann es jedoch sinnvoll sein, die Klebstoffschicht 45, 51 mit dem niedrigbrechenden Klebstoff in einer gleichmäßigen Dicke aufzubringen und die Vertiefungen im Bereich der Freiformflächen durch zusätzliche Klebstoffschichten 67, 69 aus einem Klebstoff mit einem an den Brechungsindex des Grundkörpermaterials angepassten Brechungsindex aufzufüllen, wie dies in Figur 11 dargestellt ist. Auf diese Weise können Beeinträchtigungen bei der Durchsicht durch das Brillenglas aufgrund von schwankenden Dicken der Klebstoffschicht mit dem niedrigbrechenden Klebstoff minimiert werden.

Noch eine weitere Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Brillenglases 3 ist in Figur 12 dargestellt. In dieser Ausführungsvariante erfolgt eine Lichtbrechung durch eine Aufeinanderfolge von Folien 71 und Klebstoffen 73, deren Materialien verschiedene, zum Grundkörper 41 hin zunehmende Brechungsindizes aufweisen. Mit Hilfe der Lichtbrechung kann eine Vergrößerung des Einfallswinkels θ_E auf die Grenzfläche zur Klebstoffschicht 51 erreicht werden. Da durch die Aufeinanderfolge von Folien 71 und Klebstoffschichten 73 der Einfallswinkel θ_E auf die Grenzfläche zur Klebstoffschicht 51 mit dem niedrigbrechenden Klebstoff vergrößert wird, können die Anforderungen an den verwendeten Klebstoff vermindert werden,

da größere Grenzwinkel θ_G zugelassen werden können und daher Klebstoffe mit höheren Brechungsindizes Verwendung finden können. Durch die Begünstigung der Totalreflexion an der Klebstoffschicht 51 mit dem niedrigbrechenden Klebstoff wird die Auswahl an möglichen Klebstoffen für die Herstellung der Klebstoffschicht 51 mit dem niedrigbrechenden Klebstoff vergrößert. Statt der beschriebenen Abfolge von Folien und Klebstoffen können in dieser Ausführungsvariante auch Materialien mit Brechungsindexgradienten zum Vergrößern des Einfallswinkels θ_E Verwendung finden.

10 Die vorliegende Erfindung wurde anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beiliegenden Figuren zu Erläuterungszwecken detailliert beschrieben. Die Ausführungsbeispiele sollen jedoch einem Fachmann lediglich Konzepte zur Realisierung der Erfindung zur Verfügung stellen und nicht die Erfindung auf die dargestellten Ausführungsbeispiele beschränken.

15 Wie bereits an verschiedenen Stellen der Ausführungsbeispiele beschrieben worden ist, kann im Rahmen der Erfindung von den beschriebenen Ausführungsbeispielen abgewichen werden. Beispielsweise kann statt einer reflektiven Auskopplung, wie sie in den Ausführungsbeispielen beschrieben ist, auch eine refraktive Auskopplung oder eine diffraktive Auskopplung erfolgen. Das Prinzip einer refraktiven Auskopplung ist bspw. in

20 DE 10 2014 115 341 beschrieben, auf die im Hinblick auf die grundsätzliche Ausgestaltung refraktiver Auskopplungsstrukturen verwiesen wird. Weitere Beispiele für reflektive oder refraktive Auskopplungsstrukturen sind auch in US 2012/0002294 A1 beschrieben, auf die ebenfalls verwiesen wird. Darüber

25 hinaus wird bezüglich Auskopplungsstrukturen, die auf Beugungsgittern beruhen, auf die US 2006/0126181 A1 und die US 2010/0220295 A1 verwiesen. Weiterhin braucht das Korrekturglas nicht an der Innenfläche des Grundkörpers angeordnet zu sein, es kann stattdessen an der Außenfläche des Grundkörpers angeordnet sein. Außerdem besteht die Möglichkeit, die

30 Korrekturwirkung auf zwei Korrekturgläser aufzuteilen, von denen eines an der Innenfläche und das andere an der Außenfläche des Grundkörpers angeordnet ist. Entsprechendes gilt auch für andere Funktionselemente, die als Ergänzungselemente am Grundkörper geeignet sind. Zudem können Merkmale der einzelnen Ausführungsbeispiele miteinander kombiniert

werden. Die vorliegende Erfindung soll daher lediglich durch die beigefügten Ansprüche beschränkt sein.

Patentansprüche

1. Brillenglas (3) für eine Abbildungsoptik zum Erzeugen eines virtuellen
Bildes von einem auf einem Bildgeber (21) dargestellten Ausgangsbild,
5 umfassend einen Grundkörper (41) und zumindest ein an dem Grundkörper
(41) angebrachtes Ergänzungselement (43, 49), wobei
- der Grundkörper (41) zumindest in einer an das zumindest eine
Ergänzungselement (43, 49) angrenzenden Schicht aus einem
Material mit einem ersten Brechungsindex n_1 besteht und der
10 Grundkörper (41) eine dem Auge zuzuwendende Innenfläche (13),
eine vom Auge abzuwendende Außenfläche (17) und einen
Lichtleitabschnitt umfasst, der sich zwischen einem Einkopplungs-
abschnitt (25) zum Einkoppeln eines Abbildungsstrahlengangs
zwischen die Innenfläche (13) und die Außenfläche (17) und einer
15 Auskopplungsstruktur (31) zum Auskoppeln des
Abbildungsstrahlengangs aus dem Grundkörper (41) erstreckt und in
dem der eingekoppelte Abbildungsstrahlengang durch Reflexion an
wenigstens einem Reflexionsabschnitt (R1, R2, R3, R4) der
Innenfläche (13) und/oder der Außenfläche (17) zur
20 Auskopplungsstruktur (31) geleitet wird, und
 - das zumindest eine Ergänzungselement (43, 49) an der Innenfläche
(13) oder der Außenfläche (17) des Grundkörpers (41) angebracht ist,
wobei es mit wenigstens einem Reflexionsabschnitt (R1, R2, R3, R4)
der Innenfläche (13) und/oder der Außenfläche (17) des Grundkörpers
25 (41) überlappt und wobei zumindest im Überlappbereich des
zumindest einen Ergänzungselements (43, 49) mit dem wenigstens
einen Reflexionsabschnitt (R1, R2, R3, R4) der Innenfläche (13)
und/oder der Außenfläche (17) des Grundkörpers (41) eine viskose
oder feste Zwischenschicht (45, 51) zwischen dem zumindest einen
30 Ergänzungselement (43, 49) und dem Grundkörper (41) angeordnet
ist,

dadurch gekennzeichnet, dass

das Material der viskosen oder festen Zwischenschicht (45, 51) einen
zweiten Brechungsindex n_2 aufweist, der die Bedingung $n_2 < n_1 \sin(\theta_E)$ erfüllt,

- wobei θ_E einen Einfallswinkel der vom Einkopplungsabschnitt (25) ausgehenden und auf den Reflexionsabschnitt (R1, R2, R3, R4) einfallenden Lichtstrahlen des Abbildungsstrahlengangs repräsentiert, der derart gewählt ist, dass mindestens 50 % der Lichtstrahlen des Abbildungsstrahlengangs
5 einen Einfallswinkel $\theta > \theta_E$ aufweisen.
2. Brillenglas (3) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass θ_E einen Einfallswinkel der vom Einkopplungsabschnitt (25) ausgehenden und auf den Reflexionsabschnitt (R1, R2, R3, R4) einfallenden Lichtstrahlen des
10 Abbildungsstrahlengangs repräsentiert, der derart gewählt ist, dass mindestens 75 % der Lichtstrahlen des Abbildungsstrahlengangs einen Einfallswinkel $\theta > \theta_E$ aufweisen.
3. Brillenglas (3) nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch
15 gekennzeichnet, dass die Bedingung $n_2 < n_1 \sin(\theta_E)$ im gesamten Wellenlängenbereich des Abbildungsstrahlengangs erfüllt ist.
4. Brillenglas (3) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Bedingung $n_2 < n_1 \sin(\theta_E)$ im gesamten sichtbaren
20 Wellenlängenbereich erfüllt ist.
5. Brillenglas (3) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Material der viskosen oder festen Zwischenschicht (45, 51) weniger als 20 % der Lichtstrahlen des Abbildungsstrahlengangs
25 absorbiert.
6. Brillenglas (3) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das zumindest eine Ergänzungselement (43, 49) einen dritten Brechungsindex aufweist, der dem ersten Brechungsindex entspricht.
30
7. Brillenglas (3) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die viskose oder feste Zwischenschicht (45, 51) im gesamten Bereich, in dem das zumindest eine Ergänzungselement (43,49) am Grundkörper (41) angebracht ist, vorhanden ist.

8. Brillenglas (3) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Grundkörper (41) zumindest auf einem Bereich des Lichtleitabschnitts eine Oberflächenschicht (53, 55, 59, 61, 71, 73)
5 umfasst.
9. Brillenglas (3) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberflächenschicht des Grundkörpers (41) wenigstens eine an die viskose oder feste Zwischenschicht angrenzende Schicht (53, 55, 59, 61) aus dem
10 Material mit dem ersten Brechungsindex oder einen dem ersten Brechungsindex entsprechenden Brechungsindex umfasst.
10. Brillenglas (3) nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberflächenschicht des Grundkörpers aus einer Mehrzahl von Schichten (71,
15 73) besteht, wobei
- die Schichten (71, 73) aus Materialien bestehen, deren Brechungsindizes größer als der zweite Brechungsindex n_2 sind,
 - die an die viskose oder feste Zwischenschicht (51) angrenzende Schicht aus dem Material mit dem ersten Brechungsindex n_1 oder einen dem
20 ersten Brechungsindex n_1 entsprechenden Brechungsindex besteht und
 - die Brechungsindizes der Schichten ausgehend von der an die viskose oder feste Zwischenschicht (51) angrenzenden Schicht zunehmen.
11. Brillenglas (3) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die
25 Oberflächenschicht des Grundkörpers aus einem Material mit Brechungsindexgradient besteht, wobei der niedrigste Brechungsindex dem ersten Brechungsindex n_1 entspricht und die Oberflächenschicht so orientiert ist, dass sie mit dem niedrigsten Brechungsindex an die viskose oder feste Zwischenschicht (51) angrenzt.
- 30
12. Brillenglas (3) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der viskosen oder festen Zwischenschicht (51) und dem Grundkörper (41) oder zwischen der viskosen oder der festen

Zwischenschicht (51) und der Oberflächenschicht (55) des Grundkörpers (41) eine Folie (57) oder ein Formteil vorhanden ist.

13. Brillenglas (3) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch
5 gekennzeichnet, dass das Material der viskosen oder festen Zwischenschicht (45, 51) und/oder das Material der Oberflächenschicht (53, 55, 59, 6, 73) ein Klebstoff ist bzw. Klebstoffe sind.

14. Brillenglas (3) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch
10 gekennzeichnet, dass das Material der viskosen oder festen Zwischenschicht (45, 51) auf einem Trägermaterial (57) aufgebracht ist, welches auf die Innenfläche (13) bzw. die Außenfläche (17) des Grundkörpers (41) aufgebracht ist.

15. Brillenglas (3) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch
15 gekennzeichnet, dass der wenigstens eine Reflexionsabschnitt (R1, R2, R3, R4) der Innenfläche (13) und/oder der Außenfläche (17) des Grundkörpers (41) eine Freiform (63, 65) aufweist.

20 16. Brillenglas (3) nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die viskose oder feste Zwischenschicht (45, 51) eine gleichmäßige Dicke aufweist und auf der dem Grundkörper (41) abgewandten Seite der viskosen oder festen Zwischenschicht (45, 51) eine Deckschicht (67, 69) aufgebracht
25 ist, die aus dem Material des Grundkörpers (41) oder einem Material mit einem vierten Brechungsindex besteht, wobei der vierte Brechungsindex dem ersten Brechungsindex n_1 entspricht, und die Deckschicht (67, 69) auf ihrer der ersten Zwischenschicht (45, 51) abgewandten Seite eine optisch ebene sphärische Oberfläche besitzt.

30 17. Abbildungsoptik zum Erzeugen eines virtuellen Bildes von einem auf einem Bildgeber (21) dargestellten Ausgangsbild **dadurch gekennzeichnet**, dass sie wenigstens ein Brillenglas (3) nach einem der vorangehenden Ansprüche umfasst.

18. Datenbrille **dadurch gekennzeichnet**, dass sie wenigstens eine Abbildungsoptik nach Anspruch 17 umfasst.

FIG 1

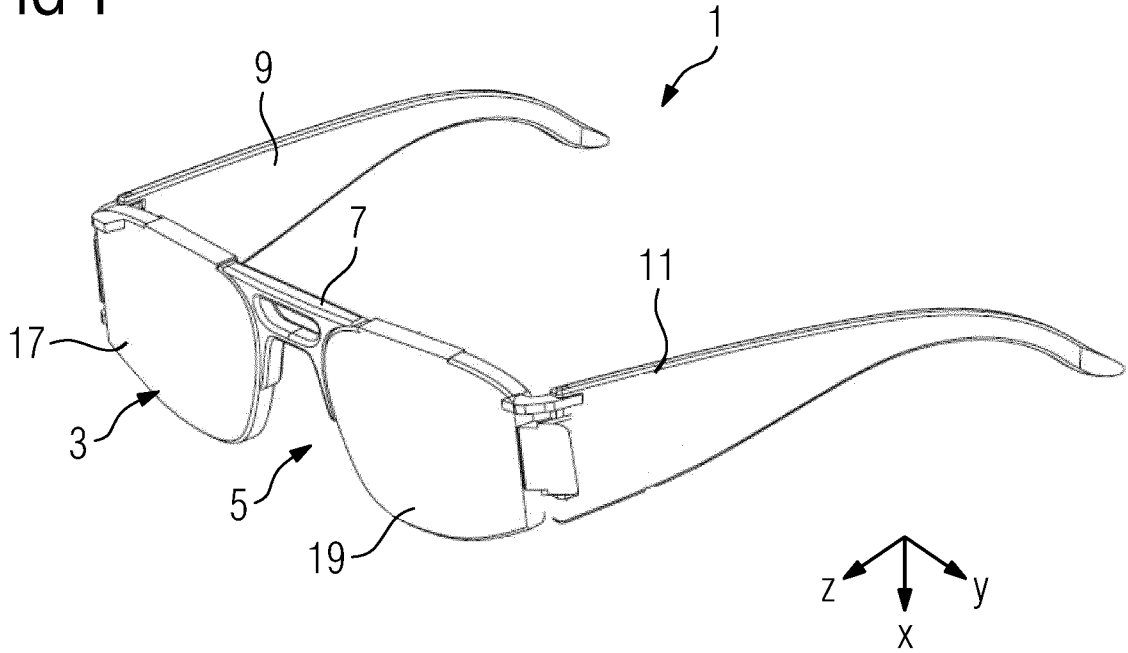


FIG 2

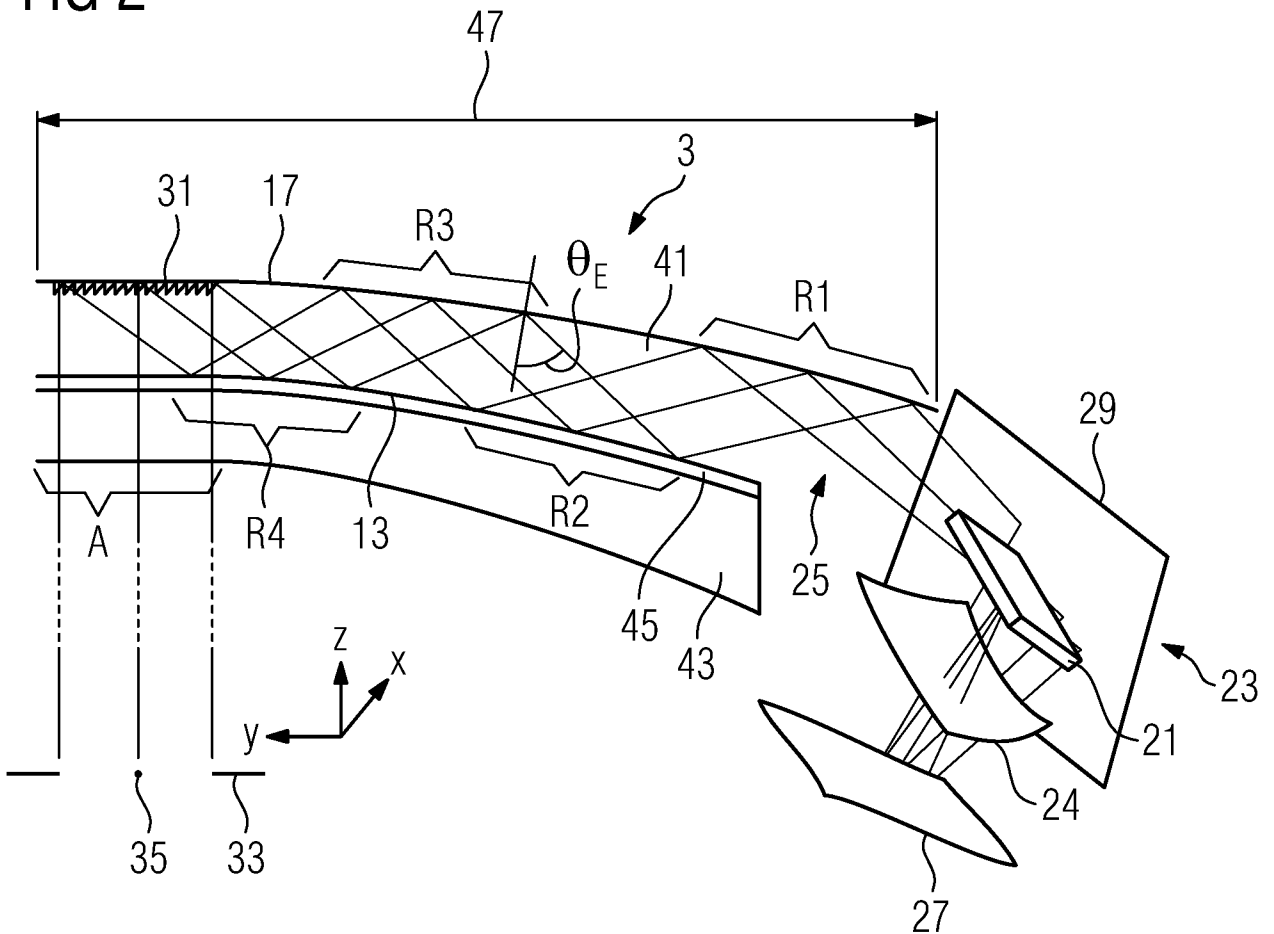


FIG 3

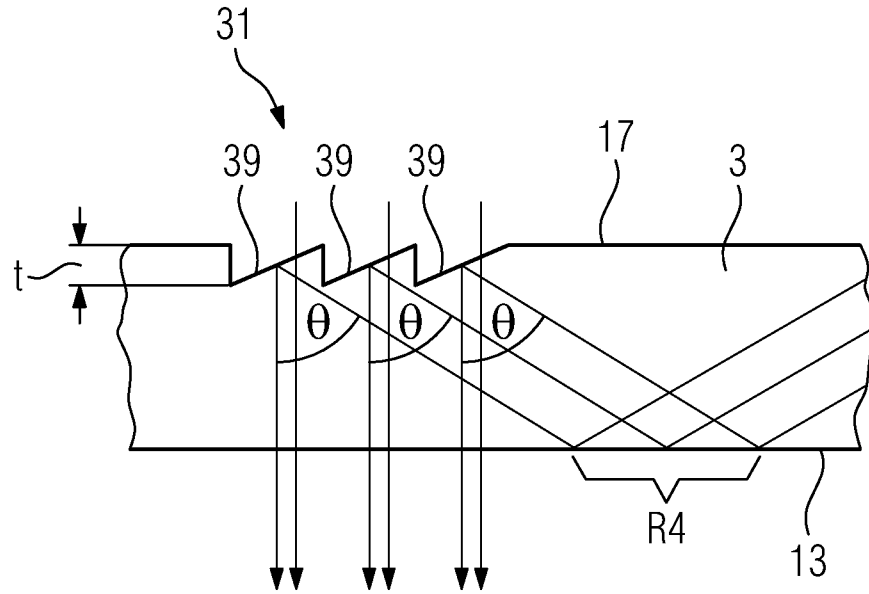


FIG 4

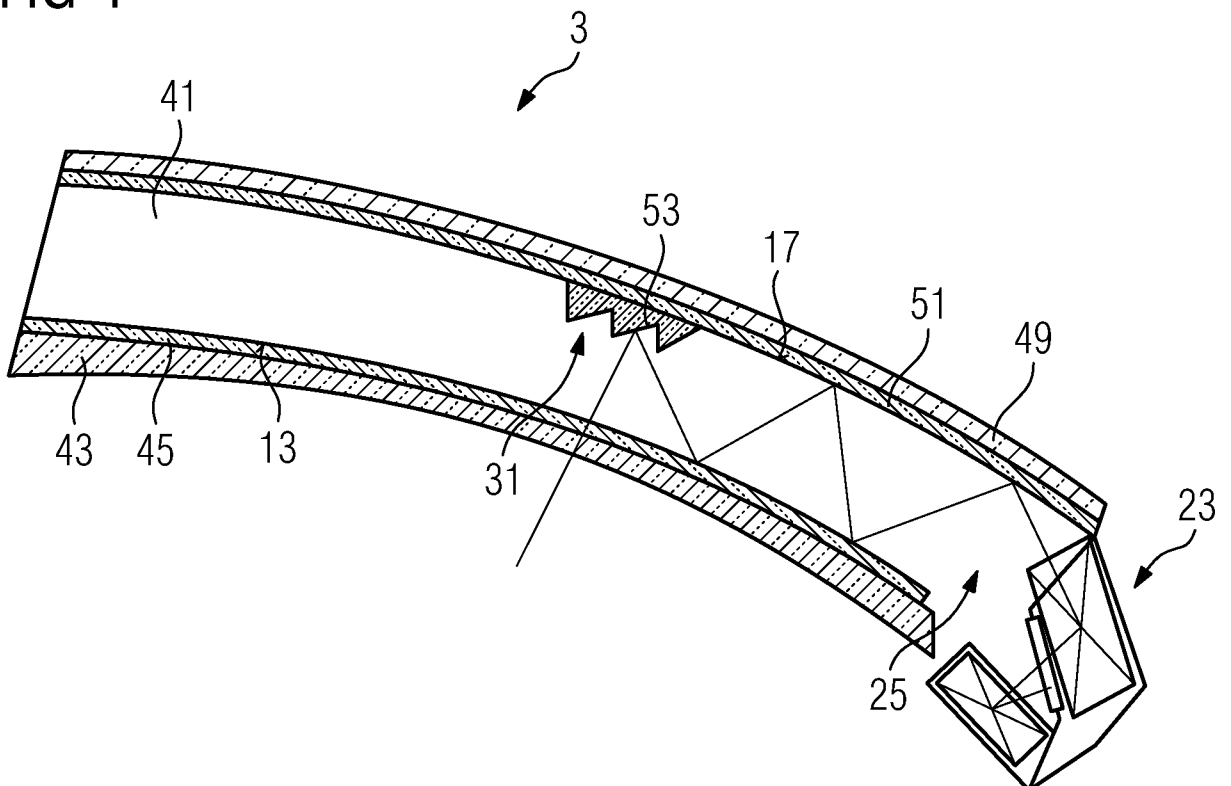


FIG 5

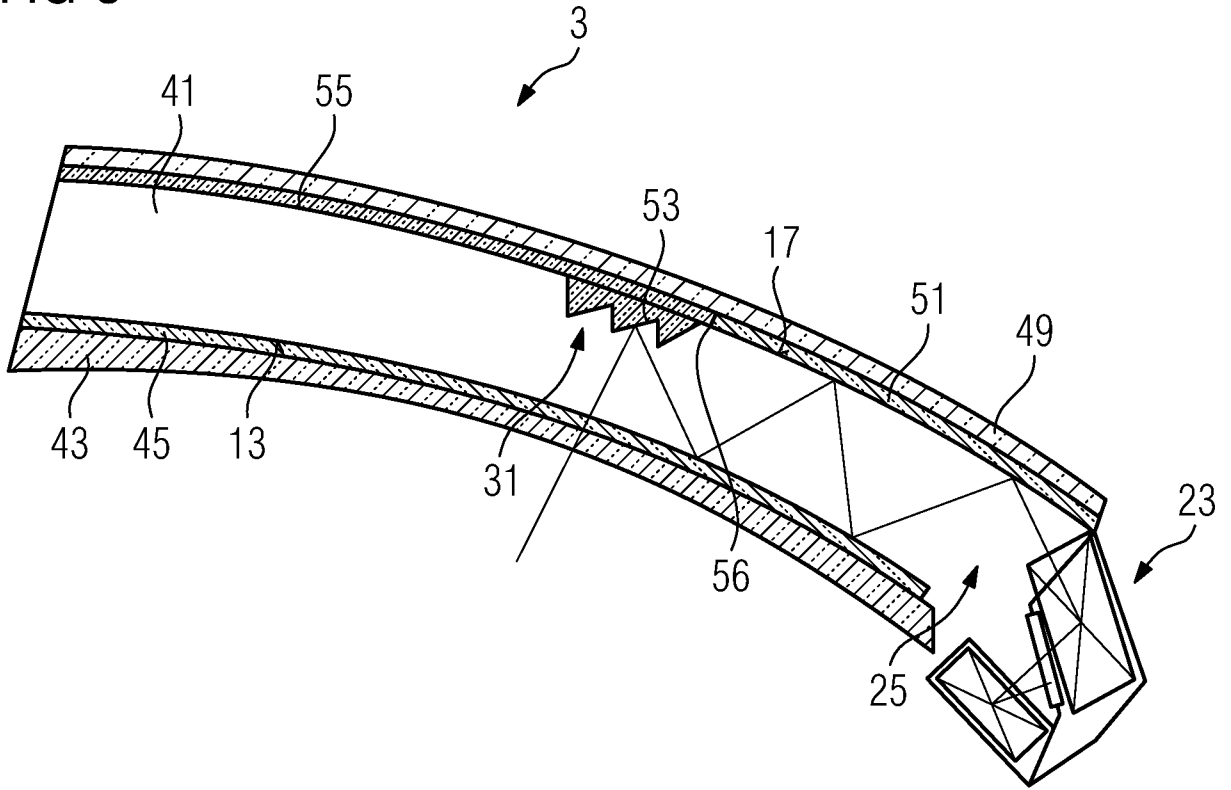


FIG 6

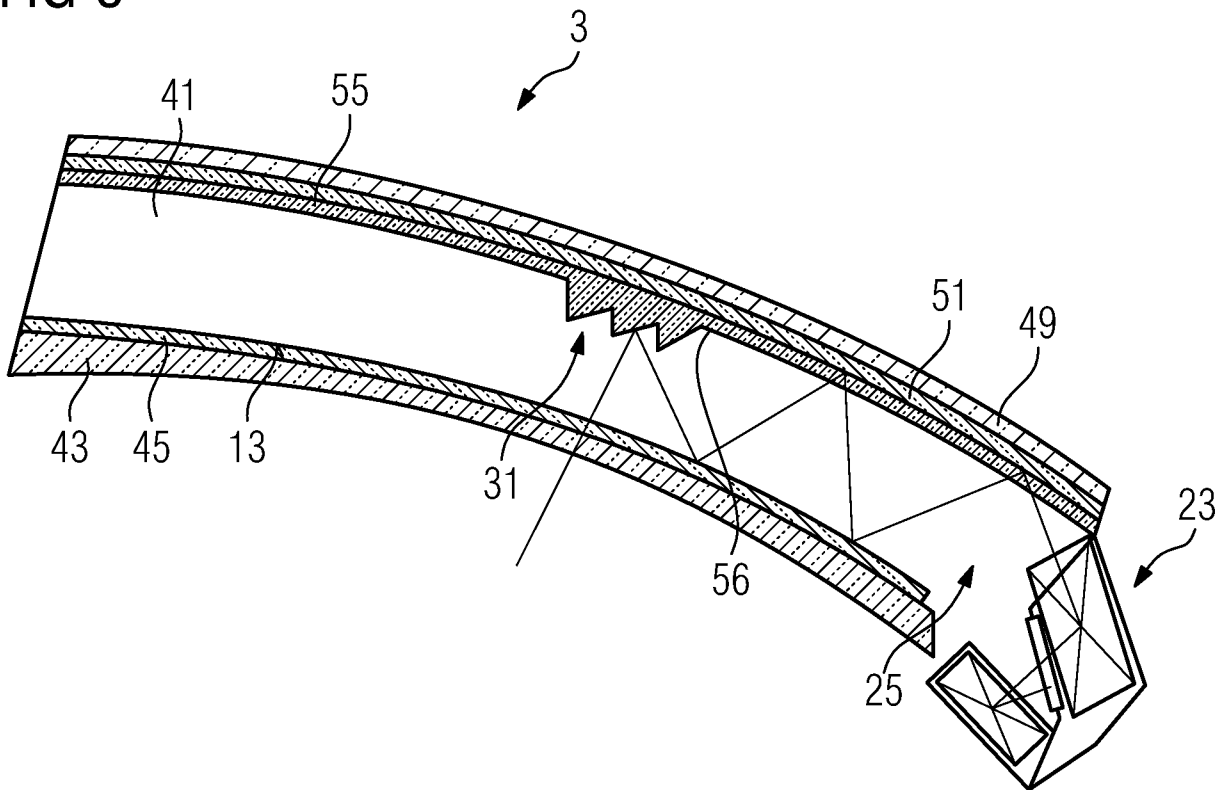


FIG 7

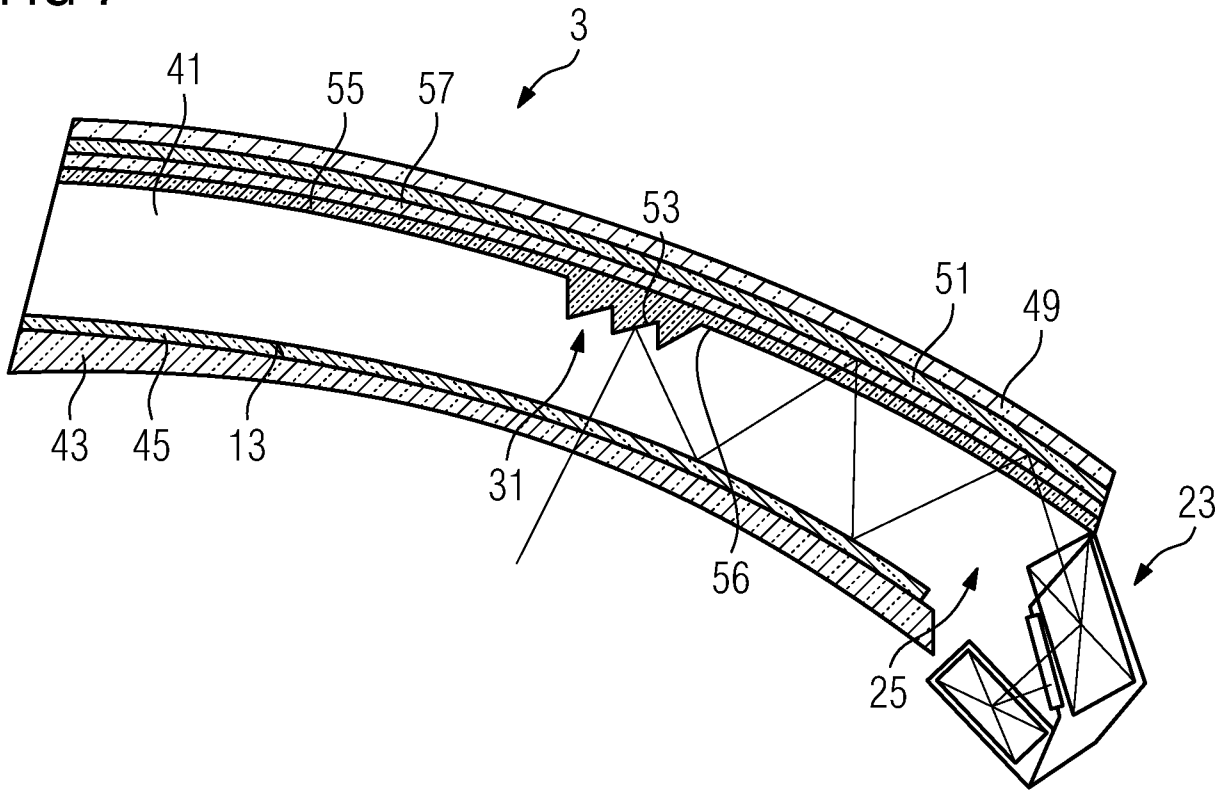


FIG 8

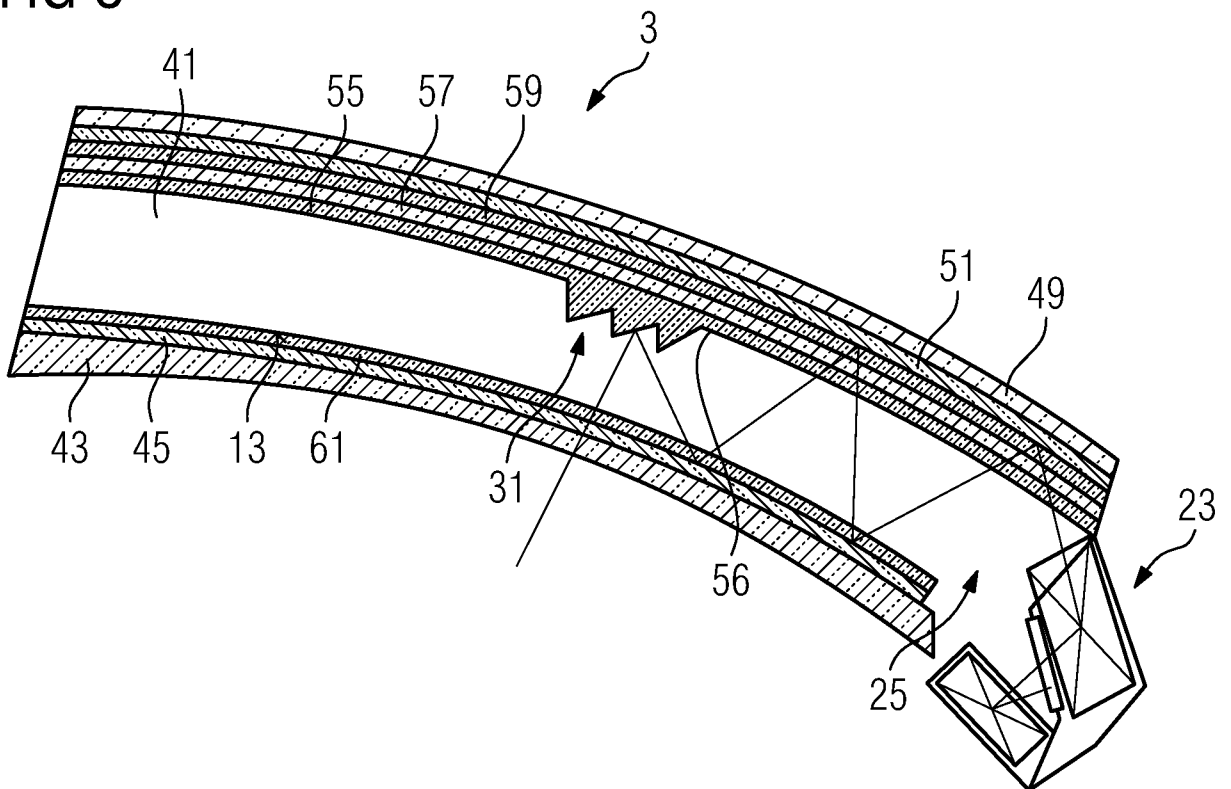


FIG 9

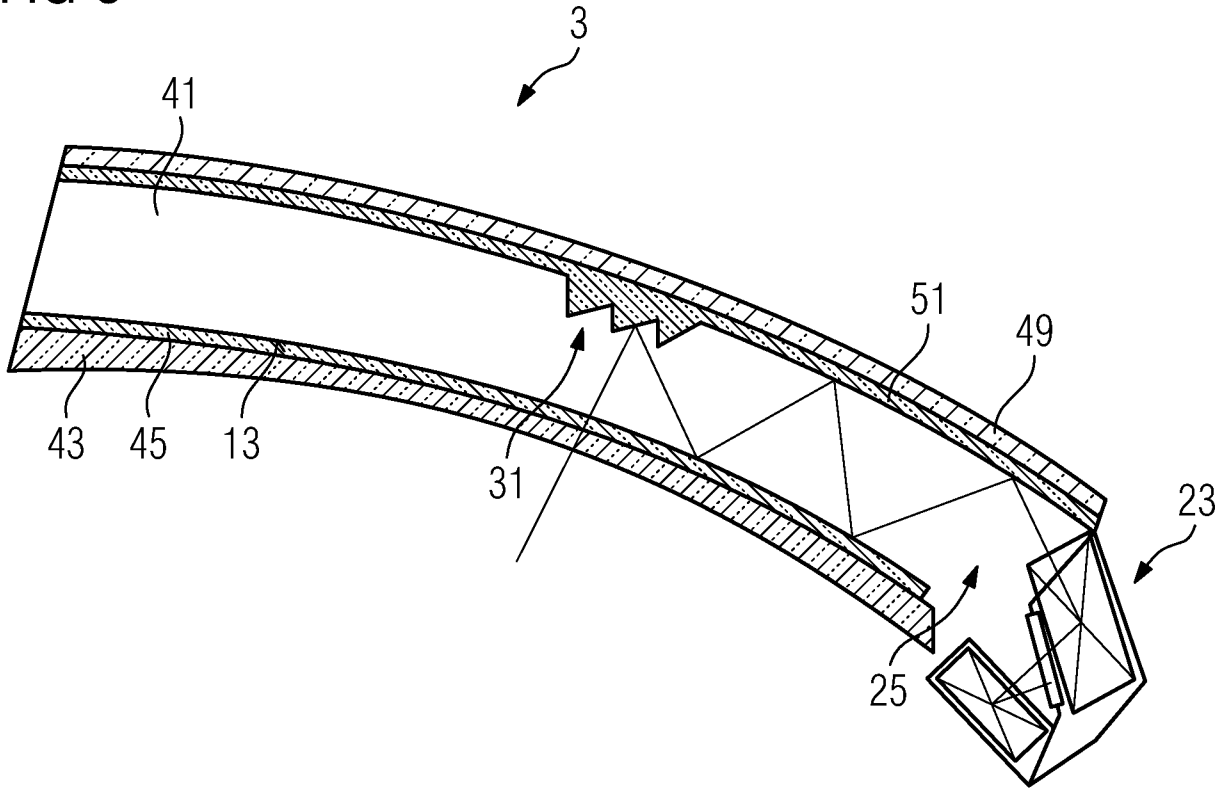


FIG 10

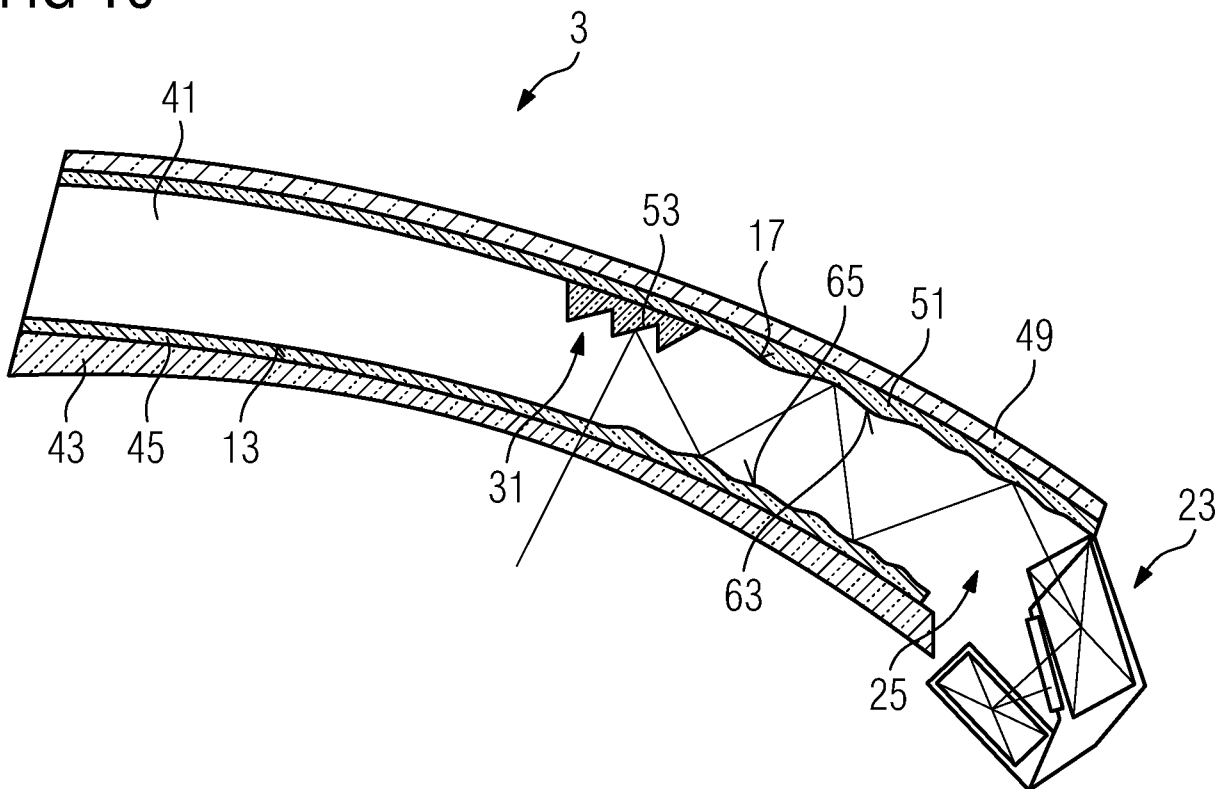


FIG 11

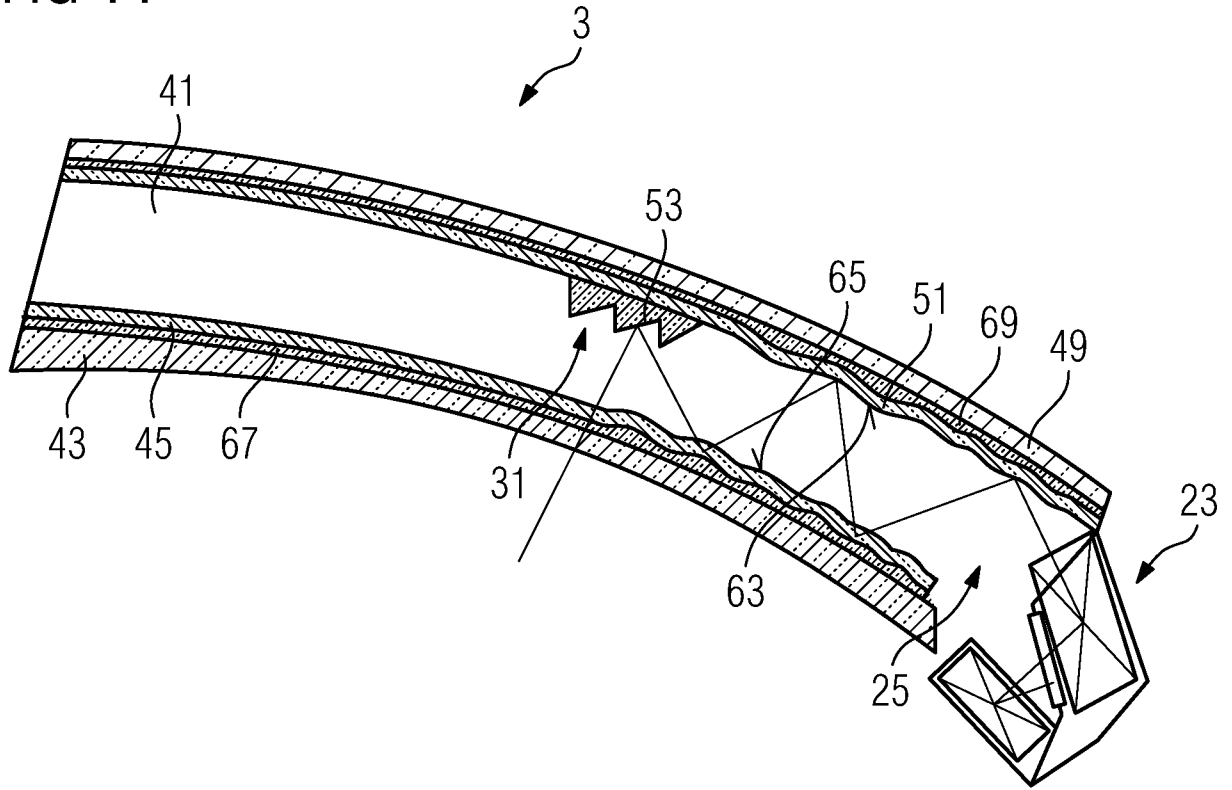


FIG 12

