



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2014 115 341.3**

(22) Anmeldetag: **21.10.2014**

(43) Offenlegungstag: **21.04.2016**

(51) Int Cl.: **G02C 7/02 (2006.01)**

G02B 27/01 (2006.01)

(71) Anmelder:

Carl Zeiss Smart Optics GmbH, 73430 Aalen, DE

(74) Vertreter:

**PATERIS Theobald Elbel Fischer, Patentanwälte,
PartmbB, 10117 Berlin, DE**

(72) Erfinder:

**Dobschal, Hans-Jürgen, 99510 Kleinromstedt, DE;
Lindig, Karsten, 99084 Erfurt, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE 10 2010 041 344 A1

US 2006 / 0 126 181 A1

US 2010 / 0 220 295 A1

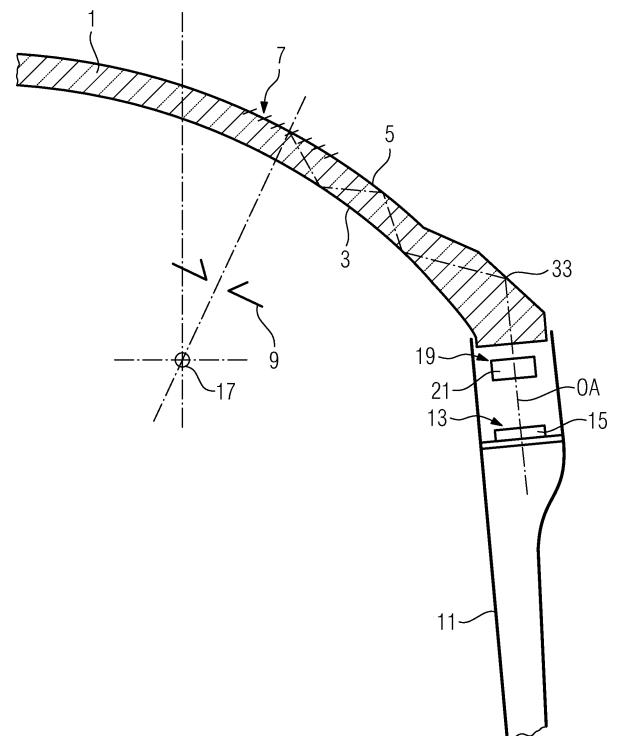
US 2012 / 0 002 294 A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Abbildungsoptik und Datenbrille**

(57) Zusammenfassung: Es wird eine Abbildungsoptik zum Erzeugen eines virtuellen Bildes zur Verfügung gestellt. Die Abbildungsoptik umfasst wenigstens ein vor dem Auge zu tragendes Brillenglas (1), welches eine dem Auge zuzuwendende Innenfläche (3) und eine vom Auge abzuwendende Außenfläche (5) aufweist; eine Anzeigevorrichtung (13), welche einen Bildgeber (15) zum Anzeigen eines Ausgangsbildes umfasst, wobei der Bildgeber (15) Ausgangspunkt eines das virtuelle Bild aus dem Ausgangsbild erzeugenden Abbildungsstrahlengangs ist; eine Einkopplungseinrichtung (29, 31, 33) zum Einkoppeln des Abbildungsstrahlengangs zwischen die Innenfläche (3) und die Außenfläche (5) des Brillenglases (1); und eine in dem Brillenglas (1) vorhandene Auskopplungsstruktur (7, 107, 207) zum Auskoppeln des Abbildungsstrahlengangs aus dem Brillenglas (1) in Richtung auf das Auge. Die Einkopplungseinrichtung (29, 31, 33) koppelt den Abbildungsstrahlengang derart zwischen die Innenfläche (3) und die Außenfläche (5) des Brillenglases (1) ein, dass er durch Reflexionen zwischen der Innenfläche (3) und der Außenfläche (5) zur Auskopplungsstruktur (7) geleitet wird. Die Auskopplungsstruktur (7) ist entlang einer Trennlinie (39) aus zwei in einem Winkel β zueinander verlaufenden Teilstrukturen (41, 43) zusammengesetzt, die aus unterschiedlichen Richtungen eintreffende Strahlengänge (25, 27) in Richtung auf das Auge auskoppeln, wobei die unterschiedlichen Richtungen der eintreffenden Strahlengänge (25, 27) durch den Winkel β zwischen den Teilstrukturen (41, 43) bestimmt sind. Zwischen der Anzeigevorrichtung (7) und demjenigen Bereich des Brillenglases (1), in dem die erste Reflexion stattfindet, ist eine Strahlaufteilerstruktur (21, 23) vorhanden, die den vom Bildgeber (15) ausgehenden Abbildungsstrahlengang in zwei Abbildungsteilstrahlengänge aufteilt, welche die aus unterschiedlichen Richtungen an den Teilstrukturen (41, 43) der Auskopplungsstruktur eintreffenden Strahlengänge (25, 27) bilden.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Abbildungsoptik zum Darstellen eines virtuellen Bildes sowie eine Datenbrille mit einer Abbildungsoptik zum Darstellen eines virtuellen Bildes.

[0002] 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 oder von Kameras aufgenommene Bilder präsentieren. Derartige Head Mounted Displays sind häufig voluminös und erlauben keine unmittelbare Wahrnehmung der Umgebung. Erst 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 die unmittelbare Wahrnehmung der Umgebung zu verhindern. Derartige Head Mounted Displays, die nachfolgend Datenbrillen genannt werden, ermöglichen die Nutzung dieser Technologie im alltäglichen Leben.

[0003] Datenbrillen können auf verschiedene Arten bereitgestellt werden. Eine Art der Datenbrille, die sich insbesondere durch ihre Kompaktheit und ästhetische Akzeptanz auszeichnet, beruht auf dem Prinzip der Wellenleitung im Brillenglas. Dabei wird von einem Bildgeber generiertes Licht außerhalb des Brillenglases kollimiert und über die Stirnfläche des Brillenglases eingekoppelt, von wo aus es sich über mehrfache Totalreflexion bis vor das Auge ausbreitet. Ein sich dort befindliches optisches Element koppelt das Licht dann in Richtung der 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 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 beschrieben.

[0004] Datenbrillen, bei denen ein Abbildungsstrahlenbündel unter mehrfacher (Total)Reflexion von einem Einkoppelement zu einem Auskoppelement geleitet wird, haben unabhängig davon, ob als Ein- und Auskoppelemente diffraktive, reflektive oder refraktive Elemente Verwendung finden, die Problematik des sogenannten „Footprint Overlap“ gemeinsam. Diese Problematik, die die Größe des Sichtfeldes (FOV field of view) sowie die Größe der Austrittspupille der Datenbrille am Ort der Eyebox begrenzt und aufgrund deren eine relativ hohe Brillenglasdicke not-

wendig ist, wird nachfolgend anhand der **Fig. 1** und **Fig. 2** näher erläutert.

[0005] Die Eyebox ist derjenige dreidimensionale Bereich der Lichtröhre im Abbildungsstrahlengang, in dem sich die Augenpupille bewegen kann, ohne dass eine Vignettierung des Bildes erfolgt. Da bei einer Datenbrille der Abstand des Auges in Bezug auf die Datenbrille im Wesentlichen konstant ist, kann die Eye Box auf eine zweidimensionale Eye Box, welche lediglich die Drehbewegungen des Auges berücksichtigt, reduziert werden. In diesem Fall entspricht die Eye Box im Wesentlichen der Austrittspupille der Datenbrille am Ort der Eintrittspupille des Auges. Letztere ist in der Regel durch die Augenpupille gegeben. Obwohl es sich bei einer Datenbrille um ein System handelt, mit dem ein Abbildungsstrahlengang vom Bildgeber zur Austrittspupille der Datenbrille verläuft, ist es zum Verständnis des „Footprint Overlap“ hilfreich, den Strahlengang in umgekehrter Richtung, also von der Austrittspupille zum Bildgeber, zu betrachten. Es wird daher bei den nachfolgenden Darlegungen eine von der Ausgangspupille der Datenbrille, ausgehende Lichtröhre betrachtet, wobei die Grenzen der Lichtröhre durch die Sichtfeldwinkel der sich von jedem Punkt der Eye Box in Richtung auf das Brillenglas ausbreitenden Strahlenbündel bestimmt ist. Nach Brechung an der Innenfläche **3** des Brillenglases **1** treffen die Strahlen in der Lichtröhre auf die Außenfläche **5** des Brillenglases **1** auf. In dieser befindet sich die Auskopplungsstruktur **7**, welche sich in horizontaler Richtung von Punkt B zum Punkt C erstreckt. Der Abstand zwischen den Punkten B und C wird durch die gewünschte Ausdehnung der Lichtröhre bestimmt, die wiederum von der gewünschten Größe der Eye Box **9** und dem gewünschten Sichtfeldwinkel abhängt. Der Sichtfeldwinkel ist hier in erster Linie der horizontale Sichtfeldwinkel, welcher denjenigen Winkel bezogen auf die Sehachse betrifft, unter dem die horizontalen Randpunkte des Bildfeldes in die Pupille einfallen. Die Sehachse bezeichnet dabei eine gerade Linie zwischen der Fovea des Auges (Punkt des schärfsten Sehens der Netzhaut) und dem Mittelpunkt des Bildfeldes. In **Fig. 1** ist der Verlauf der Lichtröhre bei einem Eye-Box-Durchmesser E und einer Dicke d des Brillenglases **1** für einen relativ kleinen Sichtfeldwinkel dargestellt. Alle Strahlen der Lichtröhre werden aus der Auskopplungsstruktur **7** in Richtung der Innenfläche **3** des Brillenglases **1** gebeugt oder reflektiert und von dort mittels Totalreflexion an die Außenfläche **5** des Brillenglases **1** zurückreflektiert, von wo aus sie unter Totalreflexion wieder auf die Innenfläche **3** des Brillenglases **1** zurückreflektiert werden. Diese Hin-und-Her-Reflexion geschieht solange, bis das Einkoppelement erreicht ist, von wo aus die Lichtröhre dann in Richtung auf den Bildgeber weiter verläuft.

[0006] Wenn, wie in **Fig. 1** dargestellt, der Sichtfeldwinkel relativ gering ist, treffen die Strahlen der Licht-

röhre nach der ersten Totalreflexion an der Innenfläche **3** des Brillenglases **1** auf einen Bereich der Außenfläche **5** des Brillenglases **1**, der außerhalb des Auskopplungselementes **7** liegt (in **Fig. 1** rechts neben dem Punkt B). Wenn dagegen ein großer Sichtfeldwinkel gewünscht ist, wie dies in **Fig. 2** dargestellt ist, ist eine entsprechend vergrößerte Auskopplungsstruktur **7'** notwendig. Dies führt jedoch dazu, dass Strahlen der Lichtröhre, die auf den zwischen den Punkten A und C gelegenen Abschnitt der Auskopplungsstruktur **7'** auftreffen, nach der ersten Totalreflexion an der Innenfläche **3** des Brillenglases **1** auf einen Bereich der Außenfläche **5** des Brillenglases **1** zurückreflektiert werden, in dem sich noch die Auskopplungsstruktur **7'** befindet. Dieser Bereich, im folgenden Überlappbereich genannt, befindet sich in **Fig. 2** zwischen den Punkten B und D. Aufgrund des Vorhandenseins des Auskopplungselementes, welches bei der in **Fig. 2** gewählten Darstellung ein diffraktives oder reflektives Auskopplungselement sein kann, werden die von der Innenfläche **3** des Brillenglases **1** in den Bereich zwischen B und D reflektierten Strahlen nicht in Richtung auf die Innenfläche **3** zurückreflektiert, so dass diese für die Abbildung verloren gehen.

[0007] Eine ähnliche Problematik tritt auch auf, wenn nicht der Sichtfeldwinkel vergrößert wird, sondern der Durchmesser der Eye Box. Auch in diesem Fall würde es Punkte A und C geben, zwischen denen sich ein Bereich befindet, der Strahlen in Richtung auf die Innenfläche **3** des Brillenglases **1** reflektiert, die von dort wiederum unter Totalreflexion in einen durch die Punkte B und D gekennzeichneten Bereich der Auskopplungsstruktur **7'** zurückreflektiert werden und daher für die Abbildung unbrauchbar sind. Entsprechendes würde auch gelten, wenn der Eye-Box-Durchmesser E und der Sichtfeldwinkel beibehalten würden und dafür die Dicke d des Brillenglases verringert würde. Mit anderen Worten, ein hinreichend großer Eye-Box-Durchmesser E bei einem hinreichend großen Sichtfeldwinkel kann nur mit einer gewissen Mindestdicke d des Brillenglases erreicht werden.

[0008] Es sei an dieser Stelle noch einmal darauf hingewiesen, dass für die obige Betrachtung der Strahlengang umgekehrt worden ist, und dass der tatsächliche Strahlengang vom Bildgeber in die Austrittspupille der Datenbrille verläuft. An der grundsätzlichen Betrachtung ändert dies jedoch nichts, da vom Bildgeber kommende Strahlen, die im Bereich zwischen den Punkten B und D auf die Auskopplungsstruktur **7'** auftreffen, nicht in die Austrittspupille reflektiert werden, da sie nicht mittels Totalreflexion in Richtung auf die Innenfläche des Brillenglases zurückreflektiert werden, was jedoch nötig wäre, um den Bereich der Auskopplungsstruktur **7'** zwischen den Punkten A und C zu erreichen, von wo aus sie in Richtung auf die Austrittspupille ausgekoppelt werden könnten.

[0009] Im Lichte des beschriebenen Standes der Technik ist es eine erste Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Abbildungsoptik zur Verfügung zu stellen, mit der die beschriebene Problematik des „Footprint Overlap“ verringert werden kann. Daneben ist es eine zweite Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine vorteilhafte Datenbrille zur Verfügung zu stellen. Die erste Aufgabe wird durch eine Abbildungsoptik nach Anspruch 1 gelöst, die zweite Aufgabe durch eine Datenbrille nach Anspruch 14. Die abhängigen Ansprüche enthalten vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung.

[0010] Die Erfindung stellt eine Abbildungsoptik zum Darstellen eines virtuellen Bildes zur Verfügung, die insbesondere in einer Datenbrille Verwendung finden kann. Die Abbildungsoptik umfasst:

- Wenigstens ein vor dem Auge zu tragendes Brillenglas, welches eine dem Auge zuzuwendende Innenfläche und eine vom Auge abzuwendende Außenfläche aufweist. In der erfindungsgemäßen Abbildungsoptik kann das Brillenglas ein eine Fehlsichtigkeit korrigierendes Brillenglas sein, oder ein optisches Nullelement, das keine Fehlsichtigkeit korrigiert. Letzteres kann insbesondere der Fall sein, wenn die Abbildungsoptik in einer Datenbrille zum Einsatz kommen soll, die als Sonnenbrille oder Schutzbrille ausgebildet ist. Außerdem kann das Brillenglas aus Kunststoff oder Glas hergestellt sein. Das Brillenglas kann mehrlagig aufgebaut sein.

- Eine Anzeigevorrichtung, welche einen Bildgeber (Display) zum Anzeigen eines Ausgangsbildes umfasst, wobei der Bildgeber Ausgangspunkt eines das virtuelle Bild aus dem Ausgangsbild erzeugenden Abbildungsstrahlengangs ist. Die Anzeigevorrichtung kann lediglich aus dem Bildgeber bestehen, oder sie kann weitere Elemente, bspw. Linsen, Spiegel, Prismen, etc., und/oder eine Einrichtung zum Justieren des Bildgebers umfassen. Als Bildgeber kommen alle Arten von Displays, insbesondere Flüssigkristallanzeigen (LCDs, Liquid Cristal Displays) auf Leuchtioden basierende Displays (LED-Displays) und auf organischen Leuchtioden basierende Displays (OLED-Displays) in Frage.

- Eine Einkopplungseinrichtung zum Einkoppeln des Abbildungsstrahlenganges zwischen die Innenfläche und die Außenfläche des Brillenglases. Die Einkopplungseinrichtung kann bspw. Teil des Brillenglases oder Teil der Anzeigevorrichtung sein.

- Eine in dem Brillenglas vorhandene Auskopplungsstruktur zum Auskoppeln des Abbildungsstrahlengangs aus dem Brillenglas in Richtung auf das Auge. Dabei koppelt die Einkopplungseinrichtung den Abbildungsstrahlengang derart zwischen die Innenfläche und die Außenfläche des Brillenglases ein, dass er durch Reflexionen zwischen der Innenfläche und der Außenfläche des

Brillenglases zur Auskopplungsstruktur geleitet wird. Die Reflexionen können durch eine Totalreflexion an der Grenzfläche zwischen dem Medium/den Medien des Brillenglases und dem umgebenden Medium – in der Regel Luft – realisiert sein oder durch Reflexion an einer reflektierenden oder teilreflektierenden Beschichtung, die auf die Innenfläche und/oder die Außenfläche des Brillenglases aufgebracht ist. Dabei besteht die Möglichkeit, dass entweder alle Reflexionen durch Totalreflexion oder alle Reflexionen durch Reflexion an einer reflektierenden oder teilreflektierenden Beschichtung bewirkt werden. Es besteht aber auch die Möglichkeit, dass eine oder mehrere Reflexionen durch Reflexion an einer reflektierenden oder teilreflektierenden Beschichtung und die übrigen Reflexionen durch Totalreflexion bewirkt werden. Bei der Innenfläche und/oder Außenfläche muss es sich nicht notwendigerweise um eine Grenzfläche zwischen dem Medium/den Medien des Brillenglases und dem umgebenden Medium handeln. Vielmehr kann/können die Innenfläche und/oder die Außenfläche bei einem mehrlagigen Aufbau des Brillenglases zwischen zwei Lagen oder Teilkörpern des Brillenglases im Brillenglasinneren angeordnet sein. Beispielsweise kann die Innenfläche durch eine teilreflektive Schicht zwischen einem ersten dem Auge zugewandten Teilkörper des Brillenglases und einem zweiten dem Auge abgewandten Teilkörper des Brillenglases gebildet sein. Gleiches kann auf die Außenfläche zutreffen.

[0011] In der erfindungsgemäßen Abbildungsoptik ist die Auskopplungsstruktur entlang einer Trennlinie aus zwei in einem Winkel β zueinander angeordneten Teilstrukturen zusammengesetzt, die aus unterschiedlichen Richtungen eintreffende Strahlengänge in Richtung auf das Auge auskoppeln, wobei die unterschiedlichen Richtungen der eintreffenden Strahlengänge durch den Winkel β zwischen den Teilstrukturen bestimmt sind. Hierbei besteht insbesondere die Möglichkeit, dass die Trennlinie die Auskopplungsstruktur in zwei gleich große Teilstrukturen aufteilt. Außerdem kann der eine der aus unterschiedlichen Richtungen kommenden Strahlengänge einen Winkel $\beta/2$ mit der Trennlinie und der andere der aus unterschiedlichen Richtungen kommenden Strahlengänge einen Winkel $-\beta/2$ mit der Trennlinie einschließen, so dass eine Symmetrie zur Trennlinie erreicht werden kann.

[0012] Zwischen der Anzeigevorrichtung und demjenigen Bereich des Brillenglases, in dem die erste Reflexion stattfindet, ist in der erfindungsgemäßen Abbildungsoptik zudem eine Strahlaufteilerstruktur vorhanden, die den vom Bildgeber ausgehenden Abbildungsstrahlengang in zwei Abbildungsteilstrahlengänge aufteilt, welche die aus unterschiedlichen Richtungen an den Teilstrukturen der Aus-

kopplungsstruktur eintreffenden Strahlengänge bilden. Die Strahlaufteilerstruktur kann insbesondere zwischen dem Bildgeber und dem Rand des Brillenglases angeordnet sein.

[0013] In der erfindungsgemäßen Abbildungsoptik kann die Einkopplungseinrichtung insbesondere an einer Seitenkante des Brillenglases angeordnet sein. Die Auskopplungsstruktur kann dann eine sich entlang einer Breitenausdehnungsrichtung erstreckende Breite und eine sich entlang einer zur Breitenausdehnungsrichtung senkrechten Höhenausdehnungsrichtung erstreckende Höhe aufweisen, wobei die Breitenausdehnungsrichtung im Wesentlichen in Querrichtung des Brillenglases verläuft. In diesem Fall kann die Trennlinie zwischen den Teilstrukturen parallel zur Breitenausdehnungsrichtung verlaufen. Eine derartige Ausgestaltung ist besonders gut mit der Geometrie typischer Brillengläser vereinbar. Außerdem ermöglicht diese Ausgestaltung bei einer mit der Abbildungsoptik versehenen Datenbrille die Unterbringung der Anzeigevorrichtung im Brillenbügel oder zwischen dem Brillenbügel und dem Brillenglas, so dass die Anzeigevorrichtung relativ unauffällig in die Datenbrille integriert werden kann.

[0014] Mit der erfindungsgemäßen Abbildungsoptik kann die eingangs beschriebene Problematik des „Footprint Overlap“ deutlich verringert werden. Dadurch, dass die Auskopplungsstruktur aus zwei in einem Winkel β zueinander angeordneten Teilstrukturen, die aus unterschiedlichen Richtungen eintreffende Strahlengänge in Richtung auf das Auge auskoppeln, zusammengesetzt ist, können diejenigen Bereiche im Brillenglas, in denen die Reflexion stattfinden muss und die im Stand der Technik im Abschnitt zwischen den Punkten B und D der Auskopplungsstruktur liegen, nach außerhalb der Auskopplungsstruktur verlegt werden. Wenn die Trennlinie beispielsweise in Breitenausdehnungsrichtung der Auskopplungsstruktur verläuft, kann die Reflexion aufgrund des Winkels zwischen den Teilstrukturen in Bereiche des Brillenglases verlegt werden, die sich oberhalb und unterhalb der Auskopplungsstruktur befinden.

[0015] Da die Auskopplungsstruktur relativ nahe an der Austrittspupille der Abbildungsoptik angeordnet ist, kann davon ausgegangen werden, dass für die meisten Urbildpunkte die Abbildung gleichzeitig über beide Abbildungsteilstrahlengänge verläuft, was bedeutet, dass von ein und demselben Urbildpunkt ausgehende Strahlenbündel in Teilstrahlenbündel aufgeteilt werden, die entlang der beiden Abbildungsteilstrahlengänge verlaufen. Diese müssen dann jedoch wieder auf einen gemeinsamen Bildpunkt ankommen, was durch die Ausrichtung von Ablenkelementen der Strahlaufteilerstruktur realisiert werden kann. Zudem muss in beiden Abbildungsteilstrahlengängen dieselbe Brennweite vorliegen, was durch geeignete Ausgestaltung der Abbildungsoptik

realisiert sein kann. Die Strahlaufteilerstruktur der erfindungsgemäßen Abbildungsoptik ist daher vorzugsweise so ausgebildet, dass sie für jeden Abbildungsteilstrahlengang wenigstens ein Ablenkelement umfasst, das den jeweiligen Abbildungsstrahlengang in Richtung auf die entsprechende Teilstruktur der Auskopplungsstruktur in das Brillenglas ablenkt, wobei die Ablenkelemente für die beiden Abbildungsteilstrahlengänge so ausgerichtet sind, dass von demselben Urbildpunkt des Bildgebers ausgehende Strahlenbündel der Abbildungsstrahlengänge auf demselben Bildpunkt im virtuellen Bild wieder zusammengeführt werden. Außerdem weist die Abbildungsoptik dann für beide Abbildungsteilstrahlengänge dieselbe Brennweite auf. Die Ablenkelemente können insbesondere reflektive Ablenkelemente oder refraktive Ablenkelemente sein. Als reflektive Ablenkelemente können Spiegel, Prismenflächen oder sonstige Reflexionsflächen zur Anwendung kommen, als refraktive Ablenkelemente beispielsweise Prismen.

[0016] Die Abbildungsoptik kann zumindest teilweise in die Einkopplungseinrichtung integriert sein und beispielsweise dadurch realisiert werden, dass die Einkopplungseinrichtung mit entsprechenden Freiformflächen ausgestattet ist. Zusätzlich oder alternativ kann die Abbildungsoptik zumindest teilweise in die Auskopplungsstruktur integriert sein, die dann beispielsweise entsprechende Freiformflächen aufweisen kann. Weiter zusätzlich oder alternativ kann die Abbildungsoptik zumindest teilweise in den Strahlaufteiler integriert sein, wobei dann die reflektierenden oder brechenden Flächen als geeignete Freiformflächen ausgebildet sind. Noch weiter zusätzlich oder alternativ kann die Abbildungsoptik zumindest teilweise in die Anzeigevorrichtung integriert sein. Hier kann die Abbildungsoptik geeignete Linsen- oder Spielflächen aufweisen. Insbesondere besteht die Möglichkeit, dass wenigstens zwei der Elemente Einkopplungseinrichtung, Auskopplungsstruktur, Strahlaufteiler und Anzeigevorrichtung jeweils einen Teil der Abbildungsoptik beinhalten und gemeinsam für das Erzeugen des virtuellen Bildes sorgen.

[0017] Die Auskopplungsstruktur kann insbesondere eine reflektive Streifenstruktur mit reflektiven Streifen sein. In diesem Fall ist die Streifenstruktur an der Außenfläche des Brillenglases angeordnet und kann aus verspiegelten Streifen oder teilverspiegelten Streifen bestehen. Insbesondere im Falle verspiegelter Streifen können reflektive und nicht reflektive Streifen im Wechsel angeordnet sein. Das virtuelle Bild wird dann dem Umgebungsbild dadurch überlagert, dass reflektierte Lichtstrahlen im räumlichen Wechsel mit von dem Brillenglas transmittierten Lichtstrahlen aus der Umgebung in die Pupille eintreffen, so dass in der Pupille eine geometrische Strahlüberlagerung vorliegt. Im Falle teilverspiegelter Streifen können die jeweiligen Streifen unmittel-

bar benachbart zueinander angeordnet sein. Ein Teil des Umgebungslichtes kann in diesem Fall die teilverspiegelten Streifen in Richtung auf die Austrittspupille passieren. Gleichzeitig werden vom Bildgeber stammende Lichtstrahlen von den teilverspiegelten Streifen in Richtung auf die Austrittspupille reflektiert, so dass eine physikalische Strahlüberlagerung stattfindet.

[0018] Alternativ zur Ausbildung der Auskopplungsstruktur als reflektive Streifenstruktur kann die Streifenstruktur auch als refraktive Streifenstruktur ausgebildet sein. Eine derartige Streifenstruktur ist dann an der Innenfläche des Brillenglases angeordnet und bricht vom Bildgeber stammende Strahlen derart, dass sie in die Austrittspupille des Brillenglases abgelenkt werden.

[0019] Eine weitere Alternative für die Ausgestaltung der Auskopplungsstruktur besteht darin, die Streifenstruktur als diffraktive Streifenstruktur auszugestalten. In diesem Fall erfolgt die Auskopplung in Richtung auf die Eye Box nicht durch Reflexion oder Refraktion, sondern durch Beugung. Die Teilstrukturen sind dann so ausgerichtet, dass ihre Dispersionsrichtungen einen Winkel von β zueinander aufweisen. Mit einer diffraktiven Streifenstruktur ist in der Regel jedoch eine polychromatische Auskopplung kompliziert, so dass die reflektiven oder refraktiven Streifenstrukturen bevorzugt sind.

[0020] Unabhängig von der Ausgestaltung der Streifenstruktur können den jeweiligen Streifenflächen Freiformflächen überlagert sein, wenn die Auskopplungsstruktur ein Teil der Abbildungsoptik sein soll

[0021] In der erfindungsgemäßen Abbildungsoptik ist der Winkel β zwischen den beiden Teilstrukturen derart gewählt, dass der Parameter $e = (E \times \alpha)/d$ einen Wert von mindestens 0,4, vorzugsweise von mindestens 0,5, annimmt, wobei E den Durchmesser der auf der Eintrittspupille des Auges gelegenen Austrittspupille in mm, α den Sichtfeldwinkel, insbesondere den horizontalen Sichtfeldwinkel, in Radiant und d die Dicke des Brillenglases in mm bezeichnet. Der Parameter e ist ein Maß für den möglichen Lichtdurchsatz durch die Lichtröhre der Abbildungsoptik. Mit Auskopplungsstrukturen nach Stand der Technik ist ein Wert für den Parameter e von maximal etwa 0,25 möglich. Durch die Aufteilung der Auskopplungsstruktur in zwei Teilstrukturen, die unter einem Winkel β zueinander verlaufen, kann der Wert für den Parameter auf wenigstens 0,4, insbesondere auf wenigstens 0,5 erhöht werden. Dies ermöglicht es beispielsweise die Dicke des Brillenglases zu verringern, so dass Abbildungsoptiken mit mindestens einem Sichtfeldwinkel und einer Eye Box, wie sie im Stand der Technik realisiert sind, bei gegenüber dem Stand der Technik verringerter Dicke des Brillenglases realisiert werden können, bspw. mit einem Brillenglas von nicht

mehr als 3 mm Dicke und insbesondere von nicht mehr als 2,5 mm Dicke. Typische Glasdicken von Abbildungsoptiken für Datenbrillen nach Stand der Technik liegen dagegen bei 4 mm oder mehr. Andererseits besteht aber auch die Möglichkeit, die Glasdicke des Brillenglases gegenüber dem Stand der Technik unverändert zu lassen und dafür den Sichtfeldwinkel auf wenigstens $12,5^\circ$, insbesondere auf wenigstens 15° , weiter insbesondere auf wenigstens 20° zu erhöhen. Im Unterschied dazu beträgt der Sichtfeldwinkel von Abbildungsoptiken für Datenbrillen nach Stand der Technik gegenwärtig ca. 10° . Zudem besteht auch die Möglichkeit, im Vergleich zum Stand der Technik sowohl die Dicke des Brillenglases zu verringern als auch den Sichtfeldwinkel zu vergrößern. So ermöglicht es die Erfindung bspw. bei einer im Vergleich zum Stand der Technik reduzierten Glasdicke von 2,5 mm einen im Vergleich zum Stand der Technik vergrößerten Sichtfeldwinkel von $12,5^\circ$ bei einem Austrittspupillendurchmesser von 6 mm zu realisieren.

[0022] Eine erfindungsgemäße Datenbrille weist eine erfindungsgemäße Abbildungsoptik zum Erzeugen eines virtuellen Bildes auf. Die mit der erfindungsgemäße Datenbrille zu erzielenden Vorteile ergeben sich unmittelbar aus den mit Bezug auf die erfindungsgemäße Abbildungsoptik beschriebenen Vorteilen.

[0023] Weitere Merkmale, Eigenschaften und Vorteile der vorliegenden Erfindung, ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beiliegenden Figuren.

[0024] Fig. 1 zeigt einen Ausschnitt aus dem Abbildungsstrahlengang in einer Datenbrille nach Stand der Technik mit einem kleinen Sichtfeldwinkel.

[0025] Fig. 2 zeigt einen Ausschnitt aus dem Abbildungsstrahlengang in einer Datenbrille nach Stand der Technik mit einem großen Sichtfeldwinkel.

[0026] Fig. 3 zeigt den grundsätzlichen Aufbau einer Datenbrille mit einer erfindungsgemäßen Abbildungsoptik in einer schematischen Ansicht.

[0027] Fig. 4 zeigt den Verlauf von Abbildungsteilstrahlengängen in der Abbildungsoptik aus Fig. 3 in einer perspektivischen Darstellung.

[0028] Fig. 5 zeigt eine reflektive Auskopplungsstruktur, wie sie in der Abbildungsoptik aus Fig. 3 Verwendung finden kann, in einer Schnittansicht.

[0029] Fig. 6 zeigt die Auskopplungsstruktur der Abbildungsoptik aus Fig. 3 in einer Draufsicht.

[0030] Fig. 7 zeigt eine Auskopplungsstruktur nach Stand der Technik in einer Draufsicht.

[0031] Fig. 8 zeigt eine alternative reflektive Auskopplungsstruktur, wie sie in der Abbildungsoptik aus Fig. 3 Verwendung finden kann, in einer Schnittansicht.

[0032] Fig. 9 zeigt eine refraktive Auskopplungsstruktur, wie sie in der Abbildungsoptik aus Fig. 3 Verwendung finden kann, in einer Schnittansicht.

[0033] Ein Ausführungsbeispiel für eine Datenbrille mit einer erfindungsgemäßen Abbildungsoptik wird nachfolgend mit Bezug auf die beiliegenden Figuren näher beschrieben. Dabei zeigt Fig. 1 eine schematische Darstellung der Datenbrille und Fig. 3 den Verlauf von Teilabbildungsstrahlengängen im Brillenglas der Abbildungsoptik.

[0034] Die Datenbrille des in Fig. 3 gezeigten Ausführungsbeispiels umfasst eine erfindungsgemäße Abbildungsoptik mit wenigstens einem Brillenglas **1**, das eine bei aufgesetzter Datenbrille zum Auge des Benutzers hin weisende Innenfläche **3** und eine bei aufgesetzter Datenbrille vom Auge des Benutzers weg weisende Außenfläche **5** besitzt. Weiterhin umfasst die Datenbrille einen Brillenbügel **11**, in den im vorliegenden Ausführungsbeispiel eine Anzeigevorrichtung **13** mit einem Bildgeber **15** integriert ist. Die Anzeigevorrichtung **13**, die Teil der Abbildungsoptik ist, kann in Abweichung vom gezeigten Ausführungsbeispiel aber auch in ein zwischen dem Bügel **11** und dem Brillenglas **1** angeordnetes Bauelement integriert sein.

[0035] Die Abbildungsoptik erzeugt ein virtuelles Bild von einem vom Bildgeber **15** generierten Ausgangsbild. Der entsprechende Abbildungsstrahlengang führt vom Bildgeber **15** in eine Austrittspupille **9** der Abbildungsoptik, die sich bei aufgesetzter Datenbrille am Ort der Pupille des Nutzerauges, von dem in Fig. 3 lediglich der Augendrehpunkt **17** dargestellt ist, befindet. Der Abbildungsstrahlengang wird mittels einer Strahlaufteilerstruktur **19** der Abbildungsoptik, die im vorliegenden Ausführungsbeispiel durch einen ersten Spiegel **21** und einen zweiten Spiegel **23** dargestellt ist, in zwei Abbildungsteilstrahlengänge **25**, **27** aufgeteilt. Während der erste Spiegel **21** den ersten Abbildungsteilstrahlengang **25** erzeugt und ihn am oberen Ende einer Einkoppelfläche **29** in einen Einkoppelabschnitt **31** des Brillenglases **1** Einkoppelt, erzeugt der zweite Spiegel **23** den zweiten Abbildungsteilstrahlengang **27** und koppelt diesen am unteren Ende der Einkoppelfläche **29** in den Einkoppelabschnitt **31** des Brillenglases **1** ein. Von einer an der Außenfläche **5** des Brillenglases **1** im Einkoppelabschnitt **31** gebildeten Reflexionsfläche **33** werden die eingekoppelten Abbildungsteilstrahlengänge **25**, **27** derart zwischen die Außenfläche **5** und die Innen-

fläche **3** des Brillenglases **1** reflektiert, dass sie beim Auftreffen auf die Innenfläche **3** eine Totalreflexion erfahren, durch die sie in einem Winkel auf die Außenfläche **5** auftreffen, der zu einer weiteren Totalreflexion führt. Durch eine Reihe von Totalreflexionen an der Innen- und Außenfläche des Brillenglases **1** werden die Abbildungsteilstrahlengänge **25**, **27** zu einer Auskopplungsstruktur **7** der Abbildungsoptik geführt, von wo aus sie in Richtung der Austrittspupille **9** der Abbildungsoptik aus dem Brillenglas **1** ausgekoppelt werden.

[0036] Die Auskopplungsstruktur **7** ist in den **Fig. 5** und **Fig. 6** im Detail dargestellt. Zum Auskoppeln der Abbildungsteilstrahlengänge **25**, **27** aus dem Brillenglas **1** weist dieses sich entlang einer linearen Ausdehnungsrichtung erstreckende Facetten **35** auf, die in der Außenfläche **5** des Brillenglases **1** angeordnet sind. Die Fassetten **35** bilden zur Innenseite des Brillenglases **1** hin gewandte voll- oder teilverspiegelte Flächen, die von der Innenfläche **3** des Brillenglases **1** kommende, total reflektierte Strahlenbündel derart ablenken, dass sie aus dem Brillenglas **1** austreten. Die Facetten **35** sind dabei einem derartigen Winkel relativ zur Außenfläche **5** des Brillenglases **1** angeordnet, dass die ausgekoppelten Strahlenbündel durch eine Austrittspupille **9** der Abbildungsoptik verlaufen, die sich bei aufgesetzter Datenbrille am Ort der Pupille des Nutzerauges befindet. Zwischen den einzelnen Facetten **35** befinden sich Zwischenabschnitte **37**, deren Flächen der ursprünglichen Außenfläche **5** des Brillenglases **1** entsprechen. Durch die Zwischenabschnitte **37** gelangen Strahlenbündel, die der Umgebung entspringen, durch das Brillenglas **1** in die Austrittspupille **9** der Abbildungsoptik. Auf diese Weise liegt in der Austrittspupille **9** der Abbildungsoptik eine geometrische Überlagerung von Strahlenbündeln aus der Umgebung und von dem Bildgeber **15** ausgehenden Strahlenbündeln vor. Das von der Abbildungsoptik erzeugte virtuelle Bild erscheint daher dem Nutzer so, als würde es in der Umgebung schweben.

[0037] **Fig. 6** zeigt die Auskopplungsstruktur **7** in einer Draufsicht aus Richtung der Austrittspupille **9** der Abbildungsoptik. In **Fig. 6** ist insbesondere zu erkennen, dass die Auskopplungsstruktur **7** eine Streifenstruktur aufweist, wobei die Streifenstruktur entlang einer Trennlinie **39**, die im vorliegenden Ausführungsbeispiel parallel zur Breitenausdehnungsrichtung der Auskopplungsstruktur verläuft, in zwei Teilstrukturen **41**, **43** unterteilt ist. Die Teilstrukturen **41**, **43** verlaufen unter einem Winkel β zueinander, wobei β den Winkel zwischen zwei senkrecht zur Ausdehnungsrichtung der Facetten **35** verlaufenden Geraden repräsentiert von denen jede einen Winkel $\beta/2$ (mit unterschiedlichen Vorzeichen) mit der Trennlinie **39** einschließt. Die Geraden entsprechen im Wesentlichen auch einer Projektion von Strahlen der Abbildungsteilstrahlengänge **25**, **27** auf die Teilstrukturen **41**, **43**

der Auskopplungsstruktur **7**. Die Abbildungsteilstrahlengänge sind in **Fig. 6** durch zwei unter dem Winkel β zueinander verlaufenden Strahlen repräsentiert. Außerdem sind Punkte, bei denen eine Totalreflexion der Strahlen an der Innenfläche **3** des Brillenglases **1** stattfindet, durch Kreuze markiert und Punkte, an denen eine Totalreflexion der Strahlen an der Außenfläche **5** des Brillenglases **1** (in der auch die Auskopplungsstruktur **7** ausgebildet ist) stattfindet, durch Kreise. An den in **Fig. 6** eingezeichneten Auskopplungspunkten **45**, **47** werden die in der Figur dargestellten Strahlen **25**, **27** in Richtung auf die Austrittspupille **9** der Abbildungsoptik aus dem Brillenglas **1** ausgekoppelt.

[0038] Wie in **Fig. 6** zu erkennen ist, erfolgt an der Außenfläche **5** des Brillenglases **1** oberhalb und unterhalb der Auskopplungsstruktur **7** eine Totalreflexion der Strahlen **25**, **27** in Richtung auf die Innenfläche **3** des Brillenglases **1**, von wo aus die Strahlen **25**, **27** wiederum mittels einer Totalreflexion zu ihren Auskoppelpunkten **45**, **47** reflektiert werden. Diese Auskoppelpunkte **45**, **47** liegen am äußersten linken Rand der Auskopplungsstruktur **7**. Bei Auskopplungspunkten, die weiter vom linken Rand der Auskopplungsstruktur **7** entfernt sind, d.h. näher am rechten Rand der Auskopplungsstruktur **7** liegen als die in der **Fig. 6** dargestellten Auskopplungspunkte **45**, **47**, entfernen sich die durch die Kreise markierten Stellen einer Totalreflexion an der Außenfläche **5** des Brillenglases **1** weiter von der Auskopplungsstruktur **7**. Gleiches gilt, wenn die in **Fig. 6** in großer Nähe zur Trennlinie **39** befindlichen Auskopplungspunkte **45**, **47** weiter von der Trennlinie **39** entfernt sind. Auf diese Weise ist es möglich, dass die gesamte Fläche der Auskopplungsstruktur **7** von Strahlen erreicht wird, deren letzte Totalreflexion an der Außenfläche **5** des Brillenglases **1** außerhalb der Auskopplungsstruktur **7** liegt. Zum Vergleich ist in **Fig. 7** die Situation bei einer Auskopplungsstruktur nach Stand der Technik gezeigt, d.h. bei einer Auskopplungsstruktur, die nicht aus zwei unter einem Winkel zueinander angeordneten Teilstrukturen aufgebaut ist. Wie aus **Fig. 7** ohne weiteres zu erkennen ist, würde bei einer Auskopplungsstruktur nach Stand der Technik der letzte Punkt, an der eine Totalreflexion an der Außenfläche **5** des Brillenglases **1** stattfinden würde, innerhalb der Auskopplungsstruktur liegen, so dass eine brauchbare Totalreflexion nicht mehr stattfindet. Damit ist eine Situation gegeben, wie sie mit Bezug auf **Fig. 2** beschrieben worden ist. Durch das Aufteilen der Auskopplungsstruktur in zwei Teilstrukturen und die Anordnung der Teilstrukturen unter einem Winkel β zueinander kann also erreicht werden, dass der letzte Reflexionspunkt für eine Totalreflexion an der Außenfläche **5** des Brillenglases **1** in einen Bereich der Außenfläche **5** verlagert wird, in dem sich die Auskopplungsstruktur **7** nicht befindet. Dadurch kann im Vergleich zum Stand der Technik die nutzbare Fläche der Auskopplungsstruktur vergrößert werden.

Während im Stand der Technik nur die Fläche zwischen A und D für eine sinnvolle Auskopplung nutzbar ist, kann bei der erfindungsgemäßen Auskopplungsstruktur die gesamte Fläche für eine sinnvolle Auskopplung genutzt werden.

[0039] Die Auskopplungsstruktur **7** liegt relativ nahe an der Austrittspupille **9** der Abbildungsoptik. Da die Austrittspupille **9** in ihrem gesamten Durchmesser von allen abbildenden Strahlenbündeln des Abbildungsstrahlenganges durchlaufen wird, kann durch die pupillennahe Anordnung der Auskopplungsstruktur **7** davon ausgegangen werden, dass die Auskopplungsstruktur **7** die abbildenden Strahlenbündel mit einem Großteil ihrer Fläche in die Austrittspupille **9** reflektiert. Die Strahlaufteilerstruktur **19** ist deshalb so ausgebildet, dass sie von den Urbildpunkten auf den Bildgeber **15** ausgehende Strahlenbündel so aufteilt, dass ein von einem Urbild ausgehendes Strahlenbündel über beide Abbildungsteilstrahlenbündel **25**, **27** zur Auskopplungsstruktur **7** geleitet wird. Die hierzu notwendige genaue Anordnung und Ausrichtung der reflektierenden und/oder der brechenden Elemente in der Strahlaufteilerstruktur **19** hängt von den Eigenschaften des Brillenglases **1** und dem Winkel β zwischen den Teilstrukturen **41**, **43** der Auskopplungsstruktur **7** ab. Parameter des Brillenglases **1**, die in die Anordnung und Ausrichtung der reflektierenden und/oder der brechenden Elemente in der Strahlaufteilerstruktur **19** eingehen, sind insbesondere die Dicke des Brillenglases **1**, der Brechungsindex des Materials, aus dem das Brillenglas **1** besteht, die Krümmung der Innenfläche **3** des Brillenglases **1** und die Krümmung der Außenfläche **5** des Brillenglases **1**. Darüber hinaus muss sichergestellt sein, dass beide Abbildungsteilstrahlengänge dieselbe Brennweite aufweisen. Dies kann durch eine geeignete Ausgestaltung der an der Bildformung beteiligten Flächen der Abbildungsoptik realisiert werden. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel sind die an der Bildformung beteiligten Flächen auf die Auskopplungsstruktur **7** und die Strahlaufteilerstruktur **19** aufgeteilt. Die notwendigen fokussierenden und/oder defokussierenden Eigenschaften der Auskopplungsstruktur **7** und der Strahlaufteilerstruktur **19** werden dadurch erreicht, dass die reflektierenden Flächen der Facetten **35** und die reflektierenden Flächen und/oder die brechenden Flächen der Strahlaufteilerstruktur **19** jeweils Freiformen aufweisen, die zum Herbeiführen der jeweiligen Fokussierung bzw. Defokussierung geeignet ist. Geeignete Flächenformen kann ein Fachmann auf der Basis der Eigenschaften des Brillenglases **1** und der gewünschten Abbildungseigenschaften mit Hilfe einer Optikdesignsoftware ermitteln.

[0040] Durch die getrennte Lichtführung der Abbildungsteilstrahlengänge **25**, **27** zu den Teilstrukturen **41**, **43** der Auskopplungsstruktur **7** kann die Konstante e , die als das Verhältnis des Produktes von

Austrittspupillendurchmesser E und Sichtfeldwinkel α zur Glasdicke d gegeben ist, gegenüber dem Stand der Technik mindestens verdoppelt werden. Die Konstante e ist dabei ein Maß für den möglichen Lichtdurchsatz vom Bildgeber in die Austrittspupille der Abbildungsoptik. Der Sichtfeldwinkel α ist dabei der Sichtfeldwinkel in Richtung der Trennlinie **39**, die in einer erfindungsgemäßen Abbildungsoptik in der Regel so verläuft, dass sich die Trennlinie **39** bei aufgesetzter Datenbrille im Wesentlichen horizontal erstreckt. Durch das Vergrößern der Konstanten e wird es möglich, beispielsweise den Sichtfeldwinkel von 10° , wie es gegenwärtig im Stand der Technik üblich ist, auf 20° bei einem Durchmesser der Austrittspupille von 6 mm und einer Glasdicke von 4 mm zu vergrößern. Andererseits besteht aber auch die Möglichkeit, den Sichtfeldwinkel α nur auf $12,5^\circ$ zu vergrößern und die Glasdicke bei einem Austrittspupillendurchmesser von 6 mm auf 2,5 mm zu reduzieren. In beiden Fällen beträgt die Konstante e ca. 0,52, wohingegen sie im Stand der Technik, in dem der Sichtfeldwinkel typischerweise 10° beträgt, der Austrittspupillendurchmesser typischerweise 6 mm beträgt und die Glasdicke typischerweise 4 mm beträgt, einen Wert von 0,26 aufweist.

[0041] In dem in Bezug auf die **Fig. 3** bis **Fig. 7** beschriebenen Ausführungsbeispiel können die Facetten **35** der Auskopplungsstruktur **7** voll verspiegelt sein, und zwischen den Facetten **35** sind facettenfreie Bereiche **37** vorhanden. Eine alternative Ausgestaltung der Auskopplungsstruktur ist in **Fig. 8** dargestellt. In dieser Ausgestaltung weist die Auskopplungsstruktur **107** teilverspiegelte Facetten **135** auf. Von der Innenseite **3** des Brillenglases **1** in Richtung auf die Facetten **135** totalreflektierte Strahlenbündel werden von den Facetten **135** in die Austrittspupille **9** reflektiert. Aus der Umgebung stammende Strahlenbündel können die teilverspiegelten Facetten in Richtung auf die Austrittspupille passieren, so dass im Bereich der Austrittspupille **9** eine physikalische Überlagerung der Strahlenbündel des Abbildungsstrahlenganges mit Strahlenbündeln aus der Umgebung stattfindet, so dass bei einem Nutzer einer mit der Abbildungsoptik versehenen Datenbrille der Eindruck entsteht, das virtuelle Bild schwebt in der Umgebung. Die im Ausführungsbeispiel mit Bezug auf die **Fig. 3** bis **Fig. 7** beschriebene Auskopplungsstruktur **7** kann ohne weiteres durch die mit Bezug auf **Fig. 8** beschriebene Auskopplungsstruktur **107** ersetzt werden.

[0042] Eine weitere alternative Ausgestaltung der Auskopplungsstruktur ist in **Fig. 9** dargestellt. Die in **Fig. 9** gezeigte Auskopplungsstruktur **207** basiert nicht auf einer Reflexion der auszukoppelnden Strahlenbündel in Richtung auf die Austrittspupille **9**, sondern auf einer Brechung der auszukoppelnden Strahlenbündel in Richtung auf die Austrittspupille **9**. Hierzu sind in der in **Fig. 9** dargestellten Auskopplungs-

struktur **7** Facetten an der Innenfläche **3** des Brillenglases **1** angeordnet, auf die von der Außenfläche **5** des Brillenglases **1** letztmalig total reflektierte Strahlenbündel der Abbildungsteilstrahlengänge auf treffen. Beim Übertritt in das optisch dünnere Medium Luft (oder ein anderes optisch dünneres Medium) werden sie dann von der Flächennormalen der Facetten **235** weg in Richtung auf die Austrittspupille **9** gebrochen. Wenn in dem mit Bezug auf die **Fig. 3** bis **Fig. 7** beschriebenen Ausführungsbeispiel eine Auskopplungsstruktur **207**, wie sie in **Fig. 9** gezeigt ist, Verwendung finden soll, muss die Auskopplungsstruktur von der Außenfläche **5** des Brillenglases **1** an die Innenfläche **3** des Brillenglases verlagert werden. Außerdem muss der Abbildungsstrahlengang so modifiziert werden, dass die letztmalige Totalreflexion vor der Auskopplung der Abbildungsteilstrahlengänge nicht an der Innenfläche **3** des Brillenglases **1**, sondern an seiner Außenfläche **5** erfolgt.

[0043] Wie bei der in **Fig. 5** dargestellten Auskopplungsstruktur **7** können auch bei den in den **Fig. 8** und **Fig. 9** dargestellten Auskopplungsstrukturen **107**, **207** den reflektierenden bzw. brechenden Flächen der Facetten Freiformflächen überlagert sein, so dass sie als Teil der Abbildungsoptik dienen können.

[0044] Die vorliegende Erfindung eignet sich insbesondere für virtuelle Bilder im Querformat und erfordert umso kleinere Winkel zwischen den Teilstrukturen der Auskopplungsstruktur, je größer das Verhältnis von Breite zu Höhe im Bildformat ist. Die Erfindung eignet sich daher besonders für Bilder im Querformat, insbesondere für Bilder im Querformat mit einem Seitenverhältnis von 16:9. Im Falle eines Hochformats können die Abbildungsteilstrahlengänge bspw. an der Oberseite oder der Unterseite des Brillenglases zwischen die Innenfläche und die Außenfläche eingekoppelt werden, wobei die Trennlinie zwischen den Teilstrukturen der Auskopplungsstruktur dann parallel zur Höhenausdehnungsrichtung verläuft. Die Einkopplung der Abbildungsteilstrahlengänge zwischen die Innenfläche und die Außenfläche des Brillenglases von der Seite und der Verlauf der Trennlinie parallel zur Breitenausdehnung der Auskopplungsstruktur können jedoch auch bei einem Hochformat bestehen bleiben, wenn der benötigte Winkel β zwischen den Teilstrukturen der Auskopplungsstruktur nicht so groß wird, dass einer der Abbildungsteilstrahlengänge die Oberseite oder die Unterseite des Brillenglases passiert.

[0045] Im vorliegenden Ausführungsbeispiel sind die Reflexionen zwischen der Innenfläche und der Außenfläche des Brillenglases, mit denen der Abbildungsstrahlengang zur Auskopplungsstruktur geleitet wird, durch Totalreflexionen an den Grenzflächen zwischen dem Medium des Brillenglases und der umgebenden Luft realisiert. Alternativ können alle oder einige der Reflexionen aber auch mit Hilfe von auf das

Brillenglas aufgebracht oder in das Brillenglas eingebrachten reflektiven oder teilreflektiven Beschichtungen realisiert sein.

[0046] Die vorliegende Erfindung wurde zu Erläuterungszwecken anhand eines Ausführungsbeispiels und seinen Abwandlungen ausführlich beschrieben. Ein Fachmann versteht jedoch, dass weitere Abwandlungen, die in den Ausführungsbeispielen nicht explizit beschrieben sind, erfolgen können. Beispielsweise kann die Reflexionsfläche **33** statt in einem Teil des Brillenglases in einem separaten Prisma angeordnet sein, welches zwischen dem Brillenglas und dem Bildgeber angeordnet ist. Die Strahlaufteilerstruktur kann dann entweder zwischen dem Bildgeber und dem Prisma oder zwischen dem Prisma und dem Brillenglas angeordnet sein. Außerdem braucht die Auskopplungsstruktur nicht notwendigerweise in zwei gleich große Teilstrukturen aufgeteilt zu werden, und die Abbildungsteilstrahlengänge brauchen nicht im gleichen Winkel (mit unterschiedlichen Vorzeichen) zur Trennlinie zu verlaufen. Insbesondere kann es die Anordnung der Auskopplungsstruktur im Brillenglas notwendig machen, dass die Abbildungsteilstrahlengänge unterschiedliche Winkel zur Trennlinie aufweisen, damit sie nicht den oberen oder unteren Rand des Brillenglases passieren, was wiederum zu der Notwendigkeit führen kann, dass die Teilstrukturen der Auskopplungsstruktur in einer Richtung senkrecht zur Trennlinie unterschiedliche Abmessungen aufweisen. Die vorliegende Erfindung soll daher nicht durch Merkmalskombinationen des beschriebenen Ausführungsbeispiels und seiner Variationen beschränkt sein, sondern lediglich durch die beigefügten Ansprüche.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- US 2006/0126181 A1 [0003]
- US 2010/0220295 A1 [0003]
- US 2012/0002294 A1 [0003]

Patentansprüche

1. Abbildungsoptik zum Erzeugen eines virtuellen Bildes, umfassend:

- wenigstens ein vor dem Auge zu tragendes Brillenglas (1), welches eine dem Auge zuzuwendende Innenfläche (3) und eine vom Auge abzuwendende Außenfläche (5) aufweist,
- eine Anzeigevorrichtung (13), welche einen Bildgeber (15) zum Anzeigen eines Ausgangsbildes umfasst, wobei der Bildgeber (15) Ausgangspunkt eines das virtuelle Bild aus dem Ausgangsbild erzeugenden Abbildungsstrahlengangs ist,
- eine Einkopplungseinrichtung (29, 31, 33) zum Einkoppeln des Abbildungsstrahlengangs zwischen die Innenfläche (3) und die Außenfläche (5) des Brillenglases (1),
- eine in dem Brillenglas (1) vorhandene Auskopplungsstruktur (7, 107, 207) zum Auskoppeln des Abbildungsstrahlengangs aus dem Brillenglas (1) in Richtung auf das Auge,
- wobei die Einkopplungseinrichtung (29, 31, 33) den Abbildungsstrahlengang derart zwischen die Innenfläche (3) und die Außenfläche (5) des Brillenglases (1) einkoppelt, dass er durch Reflexionen zwischen der Innenfläche (3) und der Außenfläche (5) zur Auskopplungsstruktur (7, 107, 207) geleitet wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass
- die Auskopplungsstruktur (7, 107, 207) entlang einer Trennlinie (39) aus zwei in einem Winkel β zueinander verlaufenden Teilstrukturen (41, 43) zusammengesetzt ist, die aus unterschiedlichen Richtungen eintreffende Strahlengänge (25, 27) in Richtung auf das Auge auskoppeln, wobei die unterschiedlichen Richtungen der eintreffenden Strahlengänge (25, 27) durch den Winkel β zwischen den Teilstrukturen (41, 43) bestimmt sind, und
- zwischen der Anzeigevorrichtung (7, 107, 207) und demjenigen Bereich des Brillenglases (1), in dem die erste Reflexion stattfindet, eine Strahlaufteilerstruktur (21, 23) vorhanden ist, die den vom Bildgeber (15) ausgehenden Abbildungsstrahlengang in zwei Abbildungsteilstrahlengänge aufteilt, welche die aus unterschiedlichen Richtungen an den Teilstrukturen (41, 43) der Auskopplungsstruktur eintreffenden Strahlengänge (25, 27) bilden.

2. Abbildungsoptik nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der eine der aus unterschiedlichen Richtungen kommenden Strahlengänge (25) einen Winkel $\beta/2$ mit der Trennlinie (39) einschließt, wohingegen der andere der aus unterschiedlichen Richtungen kommenden Strahlengänge (27) einen Winkel $-\beta/2$ mit der Trennlinie (39) einschließt.

3. Abbildungsoptik nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einkopplungseinrichtung (29, 31, 33) an einer Seitenkante des Brillenglases (1) angeordnet ist, die Auskopplungsstruktur (7, 107, 207) eine sich entlang ei-

ner Breitenausdehnungsrichtung erstreckende Breite (b) und eine sich entlang einer zur Breitenausdehnungsrichtung senkrechten Höhenausdehnungsrichtung erstreckende Höhe (h) aufweist, wobei die Breitenausdehnungsrichtung im Wesentlichen in Querrichtung des Brillenglases (1) verläuft, und die Trennlinie (39) zwischen den Teilstrukturen parallel zur Breitenausdehnungsrichtung verläuft.

4. Abbildungsoptik nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Trennlinie (39) die Auskopplungsstruktur (7, 107, 207) in zwei gleich große Teilstrukturen (41, 43) aufteilt.

5. Abbildungsoptik nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Strahlaufteilerstruktur für jeden Abbildungsteilstrahlengang wenigstens ein Ablenkelement (21, 23) umfasst, das den jeweiligen Abbildungsteilstrahlengang in Richtung auf die entsprechende Teilstruktur (41, 43) der Auskopplungsstruktur (7, 107, 207) in das Brillenglas (1) ablenkt, die Ablenkelemente (21, 23) für die beiden Abbildungsteilstrahlengänge so ausgerichtet sind, dass von demselben Urbildpunkt des Bildgebers (15) ausgehende Strahlenbündel (25, 27) der Abbildungsteilstrahlengänge auf demselben Bildpunkt im virtuellen Bild wieder zusammengeführt werden, und die Abbildungsoptik für beide Abbildungsteilstrahlengänge dieselbe Brennweite aufweist.

6. Abbildungsoptik nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Strahlaufteilerstruktur (21, 23) wenigstens ein reflektives Ablenkelement und/oder wenigstens ein refraktives Ablenkelement umfasst.

7. Abbildungsoptik nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einkopplungseinrichtung (29, 31, 33) und/oder die Auskopplungsstruktur (7, 107, 207) und/oder die Strahlaufteilerstruktur (21, 23) so geformt sind, dass sie zusätzlich zu ihren primären Funktionen auch an der Bilderzeugung teilnehmen.

8. Abbildungsoptik nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Auskopplungsstruktur (7, 107) eine reflektive Streifenstruktur mit reflektiven Streifen ist.

9. Abbildungsoptik nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Auskopplungsstruktur (207) eine refraktive Streifenstruktur mit refraktiven Streifen ist.

10. Abbildungsoptik nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Auskopplungsstruktur eine diffraktive Streifenstruktur mit diffraktiven Streifen ist.

11. Abbildungsoptik nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Winkel β zwischen den beiden Teilstrukturen (41, 43) derart gewählt ist, dass der Parameter $e = (E \times \alpha)/d$ einen Wert von mindestens 0,4 annimmt, wobei E den Durchmesser der auf der Eintrittspupille (9) des Auges gelegenen Austrittspupille in mm, α den Sichtfeldwinkel in Radiant und d die Dicke des Brillenglasses (1) in mm angibt.

12. Abbildungsoptik nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Brillenglas (1) eine Dicke von d von nicht mehr als 3 mm aufweist.

13. Abbildungsoptik nach Anspruch 11 oder Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass der horizontale Sichtfeldwinkel α wenigstens 12,5 Grad beträgt.

14. Datenbrille mit einer Abbildungsoptik zum Erzeugen eines virtuellen Bildes nach einem der Ansprüche 1 bis 13.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

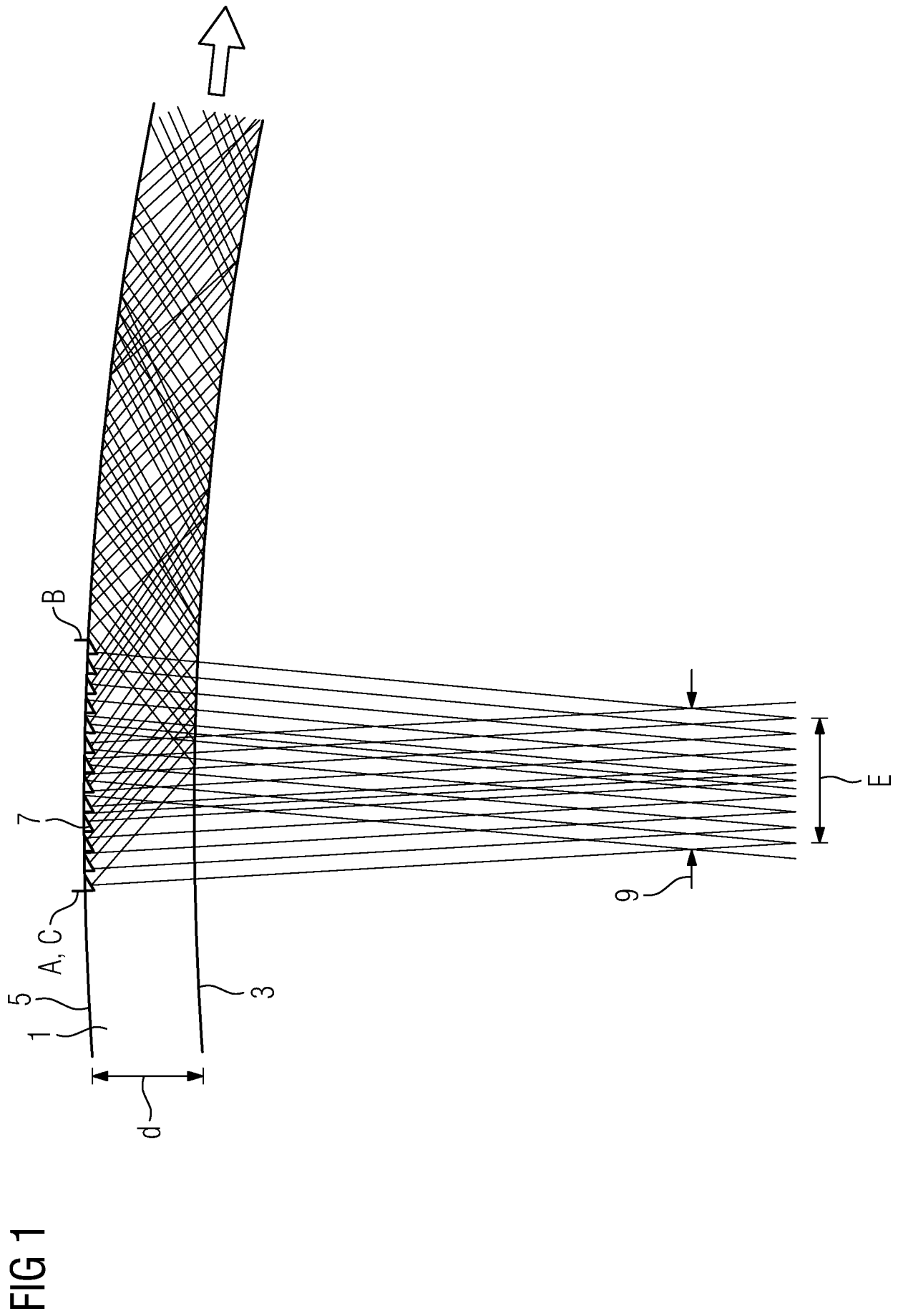


FIG 2

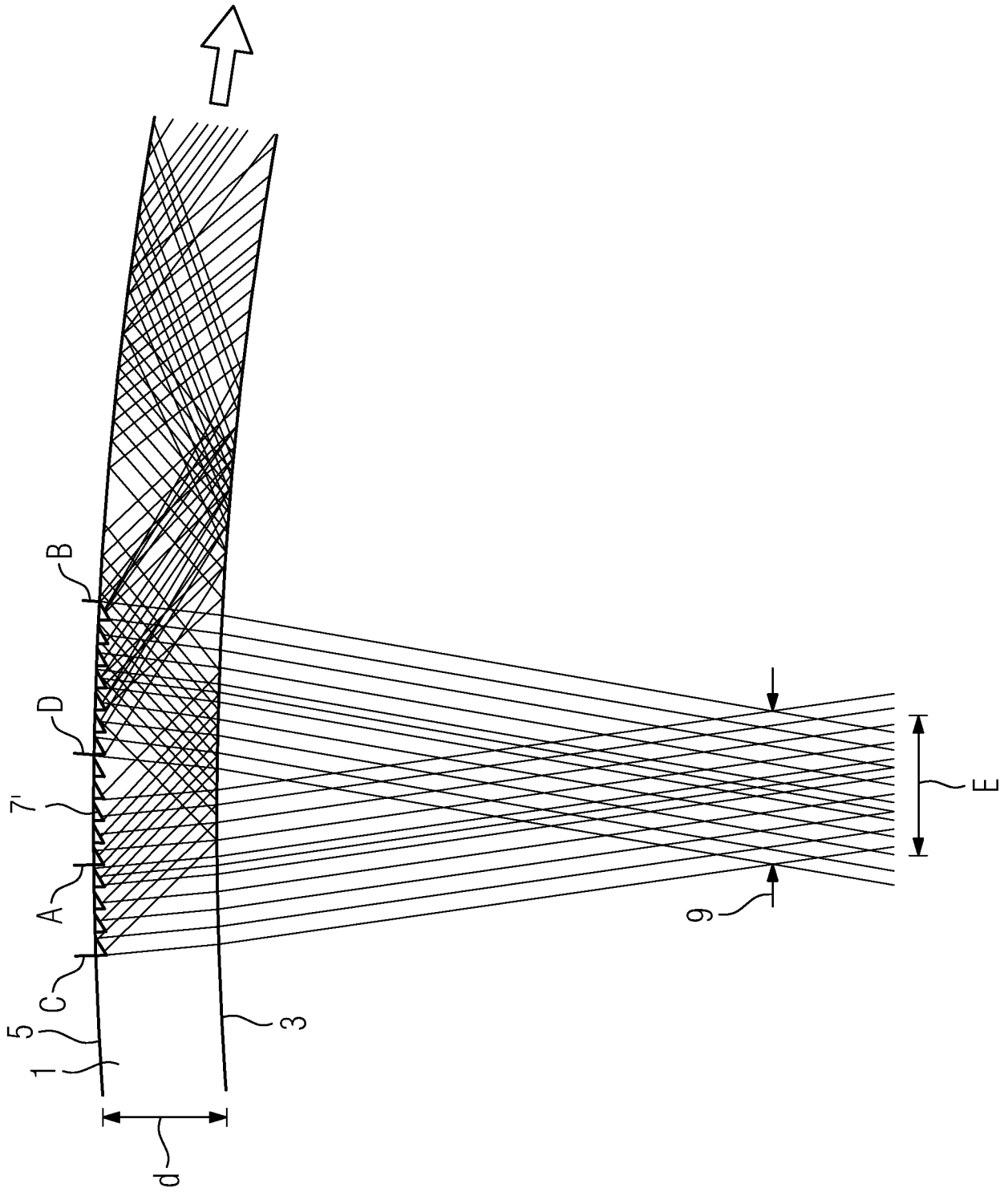


FIG 3

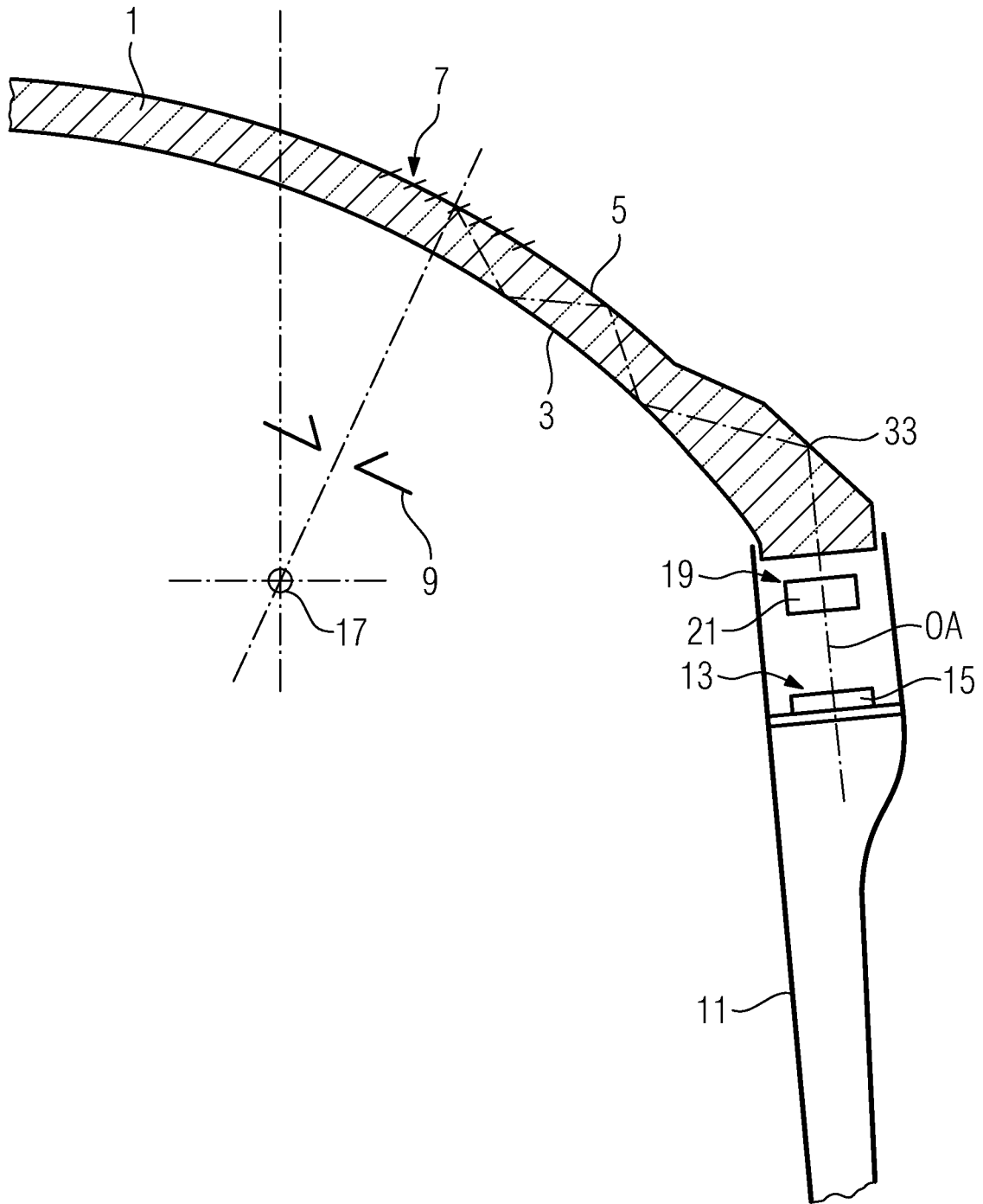


FIG 4

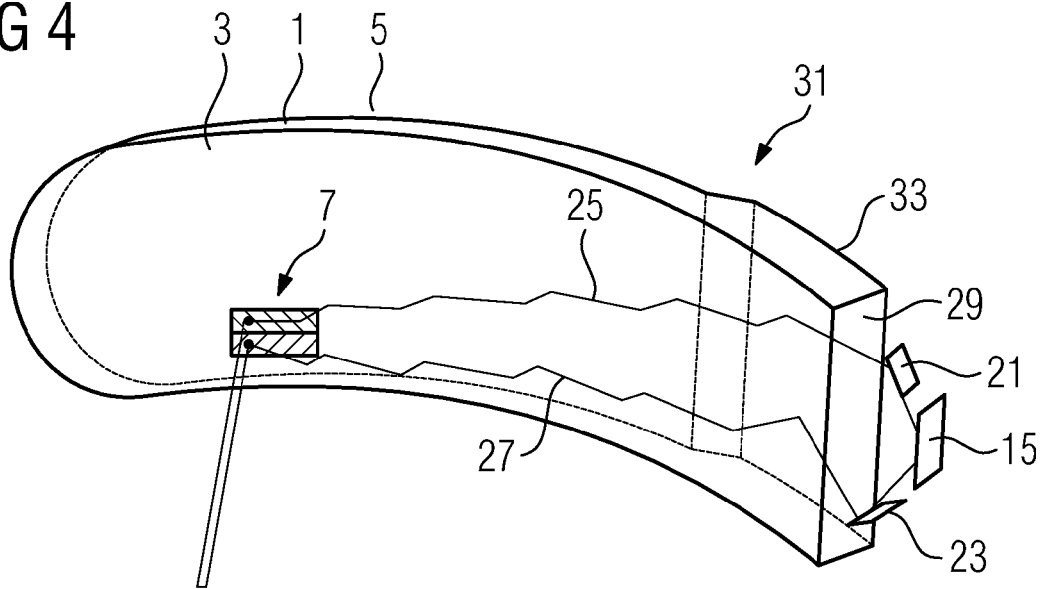


FIG 5

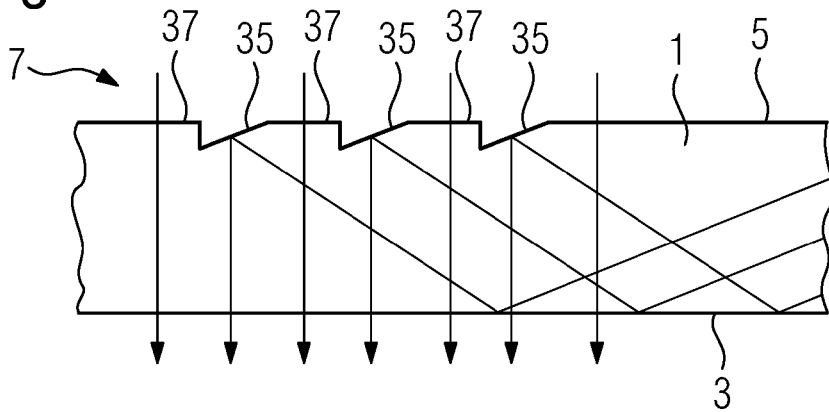


FIG 6

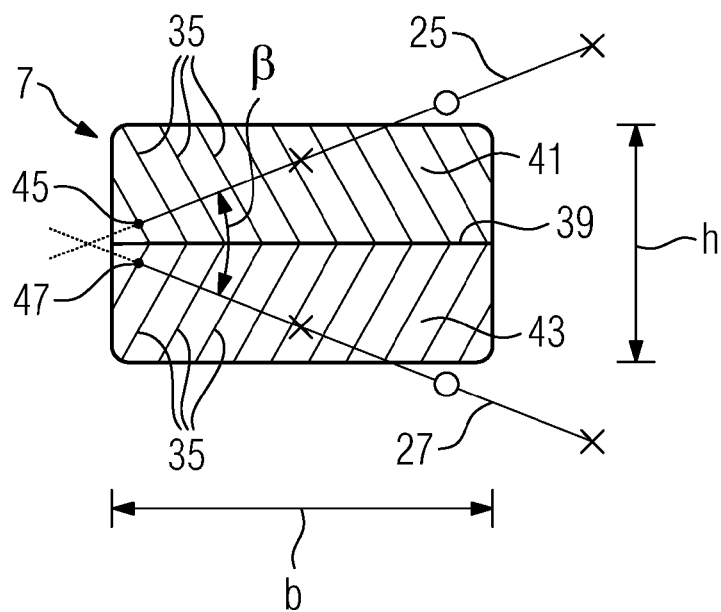


FIG 7

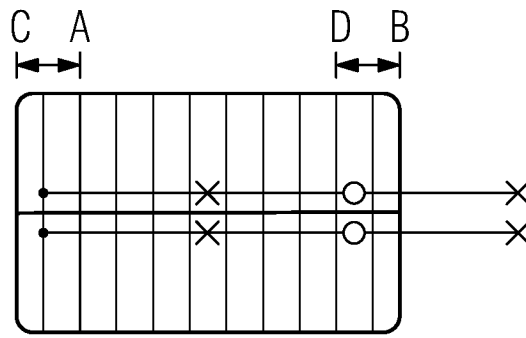


FIG 8

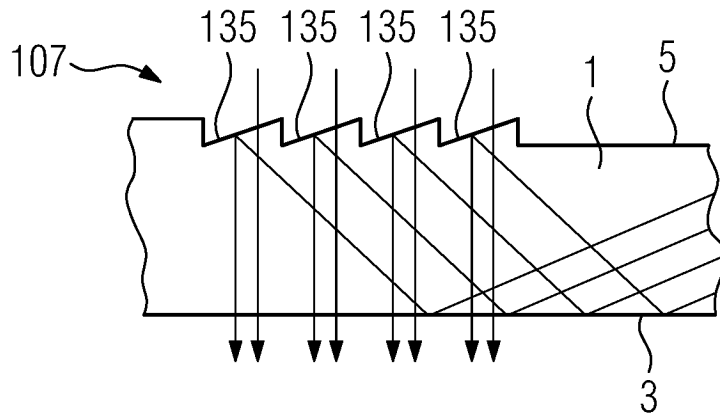


FIG 9

