



(10) **DE 10 2017 125 731 A1** 2019.05.09

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2017 125 731.4**  
(22) Anmeldetag: **03.11.2017**  
(43) Offenlegungstag: **09.05.2019**

(51) Int Cl.: **G02B 27/01 (2006.01)**  
**G02B 27/02 (2006.01)**  
**G02B 6/12 (2006.01)**

(71) Anmelder:  
**Carl Zeiss AG, 73447 Oberkochen, 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; Hillenbrand,  
Matthias, Dr., 07745 Jena, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2014 207 500	B3
DE	10 2015 122 131	B3
DE	10 2014 207 492	A1
US	2012 / 0 057 253	A1
US	2014 / 0 226 215	A1

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

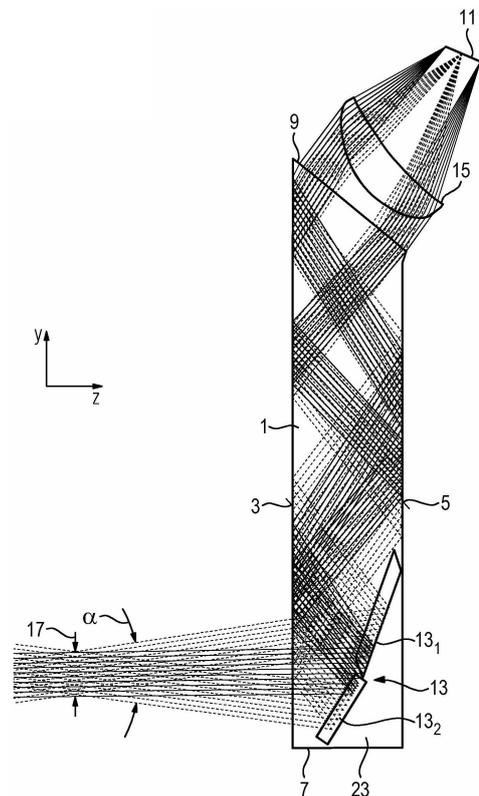
(54) Bezeichnung: **Lichtleiter, Abbildungsvorrichtung und HMD mit separaten Abbildungskanälen**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Lichtleiter (1) für eine Abbildungsvorrichtung zum Erzeugen eines virtuellen Bildes von einem Ausgangsbild mit wenigstens zwei unterschiedlichen Ausgangsbildfeldbereichen (12<sub>1</sub>, 12<sub>2</sub>) zur Verfügung gestellt. Der Lichtleiter (1) umfasst:

- eine Einkoppelstruktur (9, 25) zum Einkoppeln von dem Ausgangsbild ausgehender Strahlenbündel in den Lichtleiter (1) und

- eine flächige Auskoppelstruktur (13) zum Auskoppeln der in den Lichtleiter (1) eingekoppelten Strahlenbündel aus dem Lichtleiter (1), wobei die flächige Auskoppelstruktur (13) wenigstens zwei Teilflächen (13<sub>1</sub>, 13<sub>2</sub>) umfasst und wobei jede Teilfläche (13<sub>1</sub>, 13<sub>2</sub>) einem anderen der Ausgangsbildfeldbereiche (12<sub>1</sub>, 12<sub>2</sub>) zugeordnet ist und die von dem entsprechenden Ausgangsbildfeldbereich (12<sub>1</sub>, 12<sub>2</sub>) ausgehenden Strahlenbündel auskoppelt.

Die Teilflächen (13<sub>1</sub>, 13<sub>2</sub>) der Auskoppelstruktur (13) sind gegeneinander verkippt. Der Lichtleiter (1) kann Teil einer Abbildungsvorrichtung sein, die insbesondere in einem Head-Mounted Display zum Einsatz kommen kann.



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft einen Lichtleiter für eine Abbildungsvorrichtung zum Erzeugen eines virtuellen Bildes von einem auf einem Bildgeber dargestellten Ausgangsbild. Daneben betrifft die Erfindung ein Head-Mounted Display, also eine am Kopf befestigte Anzeige, kurz HMD.

**[0002]** Eine gängige Form von Head-Mounted Displays verwendet Bildschirme, die vor den Augen getragen werden und dem Benutzer elektronische Bilder wie etwa computergenerierte Bilder oder von Kameras aufgenommene Bilder, präsentieren. Derartige Head-Mounted Displays sind häufig voluminös und erlauben keine unmittelbare Wahrnehmung der Umgebung.

**[0003]** In jüngerer Zeit sind Head-Mounted Displays entwickelt worden, die in der Lage sind, elektronische Bilder mit dem unmittelbar wahrgenommenen Bild der Umgebung zu kombinieren und so dem Benutzer ein elektronisches Bild darzubieten, ohne die unmittelbare Wahrnehmung der Umgebung zu verhindern. Derartige Head-Mounted Displays, die, wenn sie in Brillenform ausgebildet sind, auch Datenbrillen genannt werden, ermöglichen die Nutzung dieser Technologie im alltäglichen Leben.

**[0004]** Beim Kombinieren der elektronischen Bilder mit dem unmittelbar wahrgenommenen Bild der Umgebung unterscheidet man bei Datenbrillen im Wesentlichen die folgenden Prinzipien, auf denen das Kombinieren beruhen kann:

1. Verwendung einer normalen Brille mit vorgesetztem Strahlkombinierer (z.B. Strahlteilerwürfel).
2. Einkopplung des Lichtes zwischen Kopf und Brillenglas von der Seite aus und Reflexion des Lichtes an der Innenseite des Brillenglases in Richtung auf das Auge, wobei unterstützend Beugungsgitter, Fresnelemente o.ä. eingesetzt werden können.
3. Führung des Lichtes des elektronischen Bildes mittels Totalreflektion im Brillenglas und Zusammenführen des Strahlengangs des elektronischen Bildes mit dem unmittelbaren Bild der Umgebung mit Hilfe einer im Brillenglas angeordneten Auskopplungsstruktur zum Auskoppeln des Strahlengangs des elektronischen Bildes aus dem Brillenglas in Richtung auf das Auge. Das Brillenglas dient dabei als Lichtleiter für das eingekoppelte Licht.

**[0005]** Das erste Prinzip funktioniert zwar optisch gut, hat aber nur eine sehr geringe soziale Akzeptanz, da der vorgesezte Strahlkombinierer nach außen sehr auffällig und groß ist. Außerdem wird die Brille dadurch vorderlastig

**[0006]** Das zweite Prinzip lässt sich anatomisch nur bei stark vergrößertem Abstand zwischen Brille und Kopf realisieren, was ebenfalls nicht akzeptabel ist.

**[0007]** Die erfolgversprechenderen Ansätze gehen daher vom dritten Prinzip aus, also von der Lichtführung im Brillenglas als Lichtleiter. Die Auskopplungsstruktur kann dabei als Beugungsgitter, als teiltransparenter, schräg gestellter Spiegel oder in Form von teiltransparenten Fresnelementen ausgebildet sein. Im Falle eines Beugungsgitters wird der Strahlengang des elektronischen Bildes bspw. über das Beugungsmaximum der 1. Ordnung aus dem Brillenglas ausgekoppelt, während über das Beugungsmaximum der 0. Ordnung das Beobachtungslicht die Auskopplungsstruktur möglichst unbeeinträchtigt passieren kann.

**[0008]** In einem HMD, welches nach dem oben beschriebenen dritten Prinzip arbeitet, werden von einem Feldpunkt des vom einem Ausgangsbild dargestellten Feldes (im Folgenden Ausgangsbildfeld genannt) ausgehende divergente Strahlenbündel typischerweise kollimiert oder weitgehend kollimiert und im Lichtleiter typischerweise als kollimierte Strahlenbündel geleitet. Der Durchmesser der Strahlenbündel wird dabei durch die Eintrittspupille der Abbildungsvorrichtung, von denen der Lichtleiter Teil ist, festgelegt. Die zentralen Strahlen der Strahlenbündel werden im Folgenden als Hauptstrahlen bezeichnet. Der Winkel zwischen den den linken und den rechten Rand des Ausgangsbildfeldes präsentierenden Strahlenbündeln bzw. zwischen deren Hauptstrahlen wie er im Bereich der Austrittspupille gemessen wird, wird horizontaler Feldwinkel genannt. Als vertikaler Feldwinkel wird der im Bereich der Austrittspupille gemessene Winkel zwischen den die vertikalen Ränder des Ausgangsbildfeldes repräsentierenden Strahlenbündeln bzw. deren Hauptstrahlen bezeichnet. Im Falle eines großen Ausgangsbildfeldes treten große Feldwinkel - insbesondere große horizontale Feldwinkel - auf, was insbesondere dann der Fall ist, wenn beispielsweise ein Bild in 16:9 Format dargestellt werden soll. Der Feldwinkel führt dabei dazu, dass die Querschnittsfläche der Gesamtheit der übertragenen Strahlenbündel mit zunehmenden Abstand vom Auge immer größer wird. Hieraus folgt, dass der Abstand zwischen den äußeren Hauptstrahlen bei großen Feldwinkeln so groß wird, dass in der Regel nicht mehr über eine Seitenfläche des Brillenglases, sondern nur über die Brillenglasrück- oder Vorderfläche eingekoppelt werden kann, was zu großen Einkopplungsstrukturen führt. Ein Lichtleiter, bei dem die Einkopplung der Strahlenbündel über die Rückfläche, also der dem Auge zuwendenden Fläche, erfolgt, ist bspw. in US 2011/0062998 A1 beschrieben.

**[0009]** Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Lichtleiter, eine Abbildungsvorrichtung und ein

HMD zur Verfügung zu stellen, bei denen die Einkoppelstrukturen klein gehalten werden können.

**[0010]** Diese Aufgabe wird durch einen Lichtleiter nach Anspruch 1, eine Abbildungsvorrichtung nach Anspruch 11 und ein HMD nach Anspruch 14 gelöst. Die abhängigen Ansprüche enthalten vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung.

**[0011]** Ein erfindungsgemäßer Lichtleiter für eine Abbildungsvorrichtung zum Erzeugen eines virtuellen Bildes von einem Ausgangsbild mit wenigstens zwei unterschiedlichen Ausgangsbildfeldbereichen umfasst

- eine Einkoppelstruktur zum Einkoppeln von dem Ausgangsbild ausgehender Strahlenbündel in den Lichtleiter und
- eine flächige Auskoppelstruktur zum Auskoppeln der in den Lichtleiter eingekoppelten Strahlenbündel aus dem Lichtleiter, wobei die flächige Auskoppelstruktur wenigstens zwei Teilflächen umfasst und wobei jede Teilfläche einem anderen der Ausgangsbildfeldbereiche zugeordnet ist und die von dem entsprechenden Ausgangsbildfeldbereich ausgehenden Strahlenbündel auskoppelt.

**[0012]** Erfindungsgemäß sind die Teilflächen der Auskoppelstruktur gegeneinander verkippt. Insbesondere können die beiden Teilflächen der Auskoppelstruktur um zwei zueinander nicht parallele Achsen verkippt sein, vorzugsweise um zwei zueinander senkrechte Achsen.

**[0013]** Die Verkipfung der Teilflächen der Auskoppelstruktur gegeneinander ermöglicht es, die von den durch den Lichtleiter übertragenen Strahlenbündeln im Bereich der Einkoppelstruktur eingenommene Querschnittsfläche derart zu manipulieren, dass sie ein Anpassen der Querschnittsfläche an die gewünschten Abmessungen ermöglicht. Insbesondere kann die Querschnittsfläche in Richtung der Dicke des Lichtleiters verringert werden, Dies ermöglicht es, den Lichtleiter derart auszugestalten, dass er eine dem Auge eines Nutzers zuzuwendende Rückfläche, eine vom Auge des Nutzers abzuwendende Vorderfläche und eine die Rückfläche mit der Vorderfläche verbindende Umfangsfläche aufweist, wobei die Einkoppelstruktur derart im Lichtleiter angeordnet ist, dass ein Einkoppeln der Strahlenbündel über die Umfangsfläche erfolgen kann.

**[0014]** Wenn in einem Koordinatensystem, in dem die z-Achse senkrecht auf der die Austrittspupille repräsentierenden Fläche steht und zum Lichtleiter hin weist, die beiden Teilflächen um die y-Achse gegeneinander verkippt sind, können die zu der Austrittspupille gelangenden Strahlenbündel durch Bereiche des Lichtleiters geleitet werden, die in x-Rich-

tung gegeneinander versetzt sind. Dies ermöglicht es beispielsweise, zum Erzeugen des Ausgangsbildes in x-Richtung gegeneinander versetzte Bildgeber zum Darstellen von unterschiedlichen lateralen Ausgangsbildfeldbereichen zu verwenden.

**[0015]** Eine Verkipfung der Teilflächen zueinander um die x-Achse ermöglicht es dagegen, die zu der Austrittspupille gelangenden Strahlenbündel im Bereich der Einkoppelstruktur näher aneinander zu führen, wodurch die Ausdehnung der Strahlenbündelverteilung in z-Richtung (Richtung der Dickenausdehnung des Lichtleiters) verringert wird. Genauer gesagt wird, wenn die Strahlenbündel im Bereich der Einkoppelstruktur auf die x-z-Ebene projiziert werden, die Ausdehnung dieser Projektion in z-Richtung verringert. Dies begünstigt die Verwendung von Einkoppelstrukturen mit einer geringeren Ausdehnung in z-Richtung und kann dadurch insbesondere auch bei einem großen horizontalen Ausgangsbildfeld ein Einkoppeln über eine Seitenfläche des Lichtleiters, also über einen seitlich am Lichtleiter angeordneten Abschnitt der Umfangsfläche, ermöglichen. Die Seitenfläche kann dabei auch gleichzeitig die Einkoppelstruktur bilden.

**[0016]** Allgemein lässt sich sagen, dass sich durch ein Verkippen der Teilflächen um zwei zueinander nicht parallele Achsen die Strahlenbündelverteilung im Bereich der Einkoppelstruktur manipulieren lässt, so dass die Strahlenbündelverteilung im Bereich der Einkoppelstruktur eine gewünschte Form aufweist. Insbesondere lässt sich das Seitenverhältnis der Querschnittsfläche der Strahlenbündelverteilung verändern. Dies ermöglicht es beispielsweise Strahlenbündel derart zu versetzen, dass horizontal nebeneinander gelegene Ausgangsbildfeldbereiche durch im Bereich der Einkoppelstruktur durch vertikal versetzte Strahlenbündel repräsentiert werden. Zudem besteht die Möglichkeit, diese Strahlenbündel auch noch horizontal gegeneinander zu verschieben. Das Ausgangsbild kann dann zwar nur noch über einen vergrößerten Bildgeber oder einen Bildgeber mit für die Ausgangsbildfeldbereiche getrennten Displays dargestellt werden, jedoch lässt sich die Fläche, auf der das Ausgangsbild dargestellt wird, oder die Position der getrennten Displays optimal an die gewünschte Einkoppelstruktur anpassen.

**[0017]** Als Teilflächen der Auskoppelstruktur können beispielsweise glatte reflektive Flächen zur Anwendung kommen, die gegenüber der Innen- und Vorderfläche derart geneigt sind, dass die durch den Lichtleiter geleiteten Strahlenbündel durch die Rückfläche ausgekoppelt werden. Als glatte Fläche soll dabei eine stetig differenzierbare Fläche angesehen werden.

**[0018]** Alternativ kann jede Teilfläche der Auskoppelstruktur eine facettierte reflektive Fläche sein, wobei die facettierte reflektive Fläche eine glatte Grund-

fläche und gegenüber der glatten Grundfläche geneigte Facetten umfasst.

**[0019]** Die glatte Fläche oder die glatte Grundfläche kann als ebene Fläche ausgebildet sein. Sie kann aber auch eine abbildende Funktion, beispielsweise eine Licht sammelnde Funktion besitzen. In diesem Fall weist die glatte Fläche bzw. die glatte Grundfläche eine Krümmung auf. Im Falle einer facettierten reflektiven Fläche kann die Krümmung statt in der glatten Grundfläche auch in den Facetten realisiert sein. Die abbildende Funktion der Auskoppelstruktur ermöglicht es, im Bereich der Auskoppelstruktur den Raumbedarf der Strahlenbündel in Richtung der Dicke des Lichtleiters weiter zu verringern. Die glatte Fläche oder glatte Grundfläche kann dabei auch eine Freiformfläche sein. Unter einer Freiformfläche soll hierbei eine komplexe Fläche zu verstehen sein, die sich insbesondere mittels gebietsweise definierter Funktionen, insbesondere zweimal stetig differenzierbarer gebietsweise definierter Funktionen darstellen lässt. Hiervon zu unterscheiden sind einfache Flächen, wie z.B. sphärische Flächen, asphärische Flächen, zylindrische Flächen, torische Flächen, etc.

**[0020]** In einer vorteilhaften weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Lichtleiters umfasst dieser neben der Auskopplungsstruktur ein weiteres reflektives Element, welches insbesondere als glatte reflektive Fläche oder facettierte reflektive Fläche ausgebildet sein kann. Dieses weitere reflektive Element weist eine abbildende Funktion auf. Es kann insbesondere durch eine Freiformfläche realisiert sein. Insbesondere, wenn auch die Auskoppelstruktur eine abbildende Funktion aufweist, sind neben der Auskoppelstruktur und dem weiteren reflektiven Element mit der abbildenden Funktion keine weiteren abbildenden optischen Elemente zwingend notwendig.

**[0021]** Wenn die Auskoppelstruktur eine abbildende Struktur aufweist und/oder ein weiteres reflektives optisches Element mit Abbildungsfunktion vorhanden ist, kann zwischen der Auskoppelstruktur und der Einkoppelstruktur ein Zwischenbild im Lichtleiter generiert werden, welches im Bereich der Einkoppelstruktur eine weitere Reduktion des Platzbedarfs der vom Lichtleiter übertragenen Strahlenbündel in z-Richtung ermöglicht.

**[0022]** Eine erfindungsgemäße Abbildungsvorrichtung zum Generieren eines virtuellen Bildes umfasst einen Bildgeber mit wenigstens zwei Bildgeberabschnitten zum Darstellen wenigstens zweier Ausgangsbildfeldbereiche eines Ausgangsbildes und einen erfindungsgemäßen Lichtleiter. Die mit der erfindungsgemäßen Abbildungsvorrichtung zu erzielenden Wirkungen ergeben sich unmittelbar aus der Verwendung des erfindungsgemäßen Lichtleiters und den damit verbundenen, zuvor beschriebenen Wirkungen.

**[0023]** In der erfindungsgemäßen Abbildungsvorrichtung können die Bildgeberabschnitte gegeneinander versetzt sein. Der Versatz der Bildgeberabschnitte kann dabei entlang der x-Achse und/oder entlang der y-Achse erfolgen. Dadurch erhält man eine große Freiheit in der Anordnung der Bildgeberabschnitte, so dass die Anordnung der Bildgeberabschnitte an die Form der gewünschten Einkoppelstruktur und damit an den Lichtleiter angepasst werden kann.

**[0024]** Der Versatz der Bildgeberabschnitte kann dadurch realisiert werden, dass ein Display Verwendung findet, welches groß genug ist, dass unterschiedliche Ausgangsbildfeldbereiche auf dem Display gegeneinander versetzte dargestellt werden können. Die Bildgeberabschnitte sind dann durch die Abschnitte des Displays, auf denen die jeweiligen Ausgangsbildfeldbereiche dargestellt werden, gegeben. Alternativ besteht die Möglichkeit, für jeden Ausgangsbildfeldbereich ein eigenes Display vorzusehen. In diesem Fall brauchen die Displays nicht größer als die darzustellenden Ausgangsbildfeldbereiche zu sein, so dass die kombinierte Displayfläche nicht größer zu sein braucht als die dazustellende Fläche des Ausgangsbildes. Letzteres ermöglicht zudem, nicht nur die Position der Bildgeberabschnitte zu optimieren, sondern auch, die relative Neigung zwischen den Bildgeberabschnitten zu optimieren, was zu Verbesserung der Korrektur der Abbildung beitragen kann.

**[0025]** Ein erfindungsgemäßes HMD ist mit einer erfindungsgemäßen Abbildungsvorrichtung ausgestattet. Insbesondere kann das erfindungsgemäße HMD als Brille ausgebildet sein, so dass es eine Datenbrille darstellt. Die Verwendung einer erfindungsgemäßen Abbildungsvorrichtung ermöglicht es, HMDs - und insbesondere Datenbrillen - herzustellen, die im Bereich der Einkoppelstruktur des Lichtleiters kompakt ausgestaltet sein können.

**[0026]** Weitere Merkmale, Eigenschaften und Vorteile der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beiliegenden Figuren.

**Fig. 1** zeigt in einer schematischen Darstellung eine Abbildungsvorrichtung mit einem Lichtleiter nach Stand der Technik.

**Fig. 2** zeigt in einer schematischen Darstellung ein erstes Ausführungsbeispiel für eine Abbildungsvorrichtung mit einem Lichtleiter, in dem Teilflächen der Auskoppelstruktur des Lichtleiters gegeneinander verkippt sind.

**Fig. 3** zeigt in einer schematischen Darstellung ein zweites Ausführungsbeispiel für eine Abbildungsvorrichtung mit einem Lichtleiter, in dem

Teilflächen der Auskoppelstruktur des Lichtleiters gegeneinander verkippt sind.

**Fig. 4** zeigt eine mögliche Anordnung von Ausgangsbildfeldbereichen eines Ausgangsbildes auf einem Display.

**Fig. 5** zeigt das von der Abbildungsvorrichtung auf der Basis der Ausgangsbildfeldbereiche des Ausgangsbildes aus **Fig. 4** generierte virtuelle Bild.

**Fig. 6** zeigt in einer schematischen Darstellung ein drittes Ausführungsbeispiel für eine Abbildungsvorrichtung mit einem Lichtleiter, in dem Teilflächen der Auskoppelstruktur des Lichtleiters gegeneinander verkippt sind.

**Fig. 7** zeigt in einer schematischen Darstellung ein viertes Ausführungsbeispiel für eine Abbildungsvorrichtung mit einem Lichtleiter, in dem Teilflächen der Auskoppelstruktur des Lichtleiters gegeneinander verkippt sind.

**Fig. 8** zeigt ein Beispiel für eine Datenbrille.

**[0027]** Bevor mit der Erläuterung von Ausführungsbeispielen der Erfindung begonnen wird, wird mit Bezug auf **Fig. 1** eine Abbildungsvorrichtung mit Lichtleiter nach Stand der Technik erläutert. Die Figur zeigt eine Abbildungsvorrichtung, wie sie in einem HMD, bspw. in einer Datenbrille, Verwendung finden kann, in einer schematischen Darstellung. Die dargestellte Abbildungsvorrichtung umfasst einen Lichtleiter **1** mit einer Rückfläche **3** und einer Vorderfläche **5**. Wenn die Abbildungsvorrichtung in einem HMD zum Einsatz kommt, ist die Rückfläche beim Gebrauch des HMD dem Auge des Nutzers zugewandt und Vorderfläche **5** dem Auge abgewandt. Der Lichtleiter **1** weist außerdem eine Umfangsfläche **7** auf, von der ein geneigter Abschnitt **9** als Einkoppelfläche **9** (mit oder ohne Abbildungsfunktion) für von einem Bildgeber **11** ausgehende Strahlenbündel dient. Die Einkoppelfläche **9** bildet in dieser Abbildungsvorrichtung die Einkoppelstruktur. Die in den Lichtleiter **1** eingekoppelten Strahlenbündel werden im Lichtleiter **1** mittels Totalreflexionen an der Rückfläche **3** und der Vorderfläche **5** zu einer Auskoppelstruktur in Form eines schräg gestellten Teilerspiegels **13** geleitet, von der sie durch die Rückfläche **3** aus dem Lichtleiter **1** ausgekoppelt und den Teilerspiegel **13** passierendem Umgebungslicht überlagert werden, so dass ein Nutzer des mit der Abbildungsvorrichtung ausgestatteten HMD ein in der Umgebung schwebendes virtuelles Bild des Ausgangsbildes wahrnimmt. Diejenige Stelle hinter der Rückfläche **3**, an der alle Strahlenbündel einen gemeinsamen Querschnitt aufweisen, ist die Austrittspupille **17**. Von Bedeutung ist bei HMDs in der Regel die Eye-Box. Als Eye-Box bezeichnet man denjenigen dreidimensionalen Bereich der Strahlenbündel, in dem sich die Augenpupille (nicht dargestellt) bewegen kann, ohne dass eine Vignettierung des Bildes erfolgt. Da bei einer Daten-

brille 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. Es wird daher im Rahmen der vorliegenden Beschreibung lediglich die Austrittspupille **17** betrachtet.

**[0028]** Wie aus **Fig. 1** ersichtlich ist, erreichen von unterschiedlichen Ausgangsbildfeldpunkten **2a**, **2b**, **2c** des Ausgangsbildes ausgehenden Strahlenbündel **4a**, **4b**, **4c** die Austrittspupille **17** unter unterschiedlichen Winkeln, wobei die von den äußersten Feldpunkten **2a**, **2c** ausgehenden Strahlenbündel **4a**, **4c** im Bereich der Austrittspupille **17** den Rand der Gesamtheit der Strahlenbündel bilden. Der Winkel  $\alpha$  zwischen den von den äußersten Feldpunkten **2a**, **2c** ausgehenden Strahlenbündel **4a**, **4c** repräsentiert den Feldwinkel des Ausgangsbildes, der der Darstellung aus **Fig. 1** ein horizontaler Feldwinkel ist.

**[0029]** Für die nachfolgenden Betrachtungen ist es zweckmäßig, den Strahlengang rückwärts zu betrachten, also ausgehend von der Austrittspupille **17** durch den Lichtleiter **1** zum Bildgeber **11**. Die Gesamtheit der von der Austrittspupille **17** ausgehenden Strahlenbündel weist einen Feldwinkelbereich auf, in dem sich alle Strahlenbündel befinden. Die jeweiligen Winkel der einzelnen Strahlenbündel gegen die optische Achse sind dabei kennzeichnend für den Feldpunkt, auf dem sie in dem auf dem Bildgeber **11** dargestellten Ausgangsbild schließlich auftreffen. Wie aus **Fig. 1** ersichtlich ist, besteht für das in **Fig. 1** von der Austrittspupille **17** nach rechts unten ausgehende Strahlenbündel **4c** die Problematik, dass es nach der mehrfachen Reflektion im Lichtleiter **1** nicht durch die Seitenfläche **9** des Lichtleiters **1** austritt, sondern durch seine Vorderfläche **5**. Die Ursache hierfür ist, dass der Feldwinkel  $\alpha$  zu einer großen Aufweitung der Gesamtheit der Strahlenbündel führt, je weiter sich die Strahlenbündel von der Austrittspupille **17** entfernen. Dies hat zur Folge, dass bei der in **Fig. 1** dargestellten Einkoppelfläche **9** lediglich nicht alle Strahlenbündel durch diese Einkoppelfläche **9** und die Abbildungsoptik **15** verlaufen. Die durch die Vorderfläche **5** austretenden Strahlenbündel können daher nicht zur Abbildung beitragen. Dieser nicht zur Abbildung beitragende, also geblockte Bereich ist in **Fig. 1** durch einen Doppelpfeil **19** markiert. Das Blockieren hat zur Folge, dass lediglich der Ausgangsbildfeldbereich **21** in dem auf dem Bildgeber **11** dargestellten Ausgangsbild zum Erzeugen eines virtuellen Bildes beitragen kann. Die abzubildenden Ausgangsbildfelder sind daher in der in **Fig. 1** dargestellten Konfiguration starken Einschränkungen unterworfen. Will man diese Einschränkungen dadurch umgehen, dass die Einkopplung statt

über eine Seitenfläche über die Rückfläche **3** oder die Vorderfläche **5** erfolgt, so hat dies wegen der großen Aufweitung der Gesamtheit der Strahlenbündel große Einkoppelstrukturen und große Abbildungsoptiken zur Folge. Außerdem werden die Einkoppelstruktur und die Auskoppelstruktur in diesem Fall Beugungsgitter oder Fresnelstrukturen sein, die eine stark ablenkende Wirkung zur notwendigen Erzeugung der internen Totalreflexion besitzt. Bei großen Feldwinkeln und/oder einer großen Eyebox würden Teile der vom Lichtleiter **1** übertragenen Strahlenbündel derart von der die Auskoppelstruktur bildenden Beugungsgitter bzw. der die Auskoppelstruktur bildenden Fresnelstruktur abgelenkt, dass sie statt ausgekoppelt zu werden von einer an Luft angrenzenden Grenzfläche des Lichtleiters **1** auf die Auskoppelstruktur zurückreflektiert wird und diese ein zweites mal trifft. Derartige Teile der Strahlenbündel sind jedoch für die Abbildung unbrauchbar und führen zu einer Reduzierung der Bildfeld- bzw. Pupillengrößen. Diesen Effekt bezeichnet man auch als „Footprint-Overlap“.

**[0030]** Ein erstes Ausführungsbeispiel für eine Abbildungsvorrichtung, in der die mit Bezug auf **Fig. 1** beschriebene Problematik vermindert ist, wird nachfolgend mit Bezug auf **Fig. 2** beschrieben.

**[0031]** Die Figur zeigt einen Lichtleiter **1** mit einer Rückfläche **3** und einer Vorderfläche **5** sowie mit einer Umfangsfläche **7**. Eine Seitenfläche der Umfangsfläche **7** dient im vorliegenden Ausführungsbeispiel als Einkoppelfläche **9** und damit als Einkoppelstruktur des Lichtleiters **1**. Weiterhin umfasst der Lichtleiter **1** eine Auskoppelstruktur **13** die im vorliegenden Ausführungsbeispiel durch zwei gegeneinander verkippete und als Teilerspiegel ausgestaltete ebene Auskoppelspiegel **13<sub>1</sub>** und **13<sub>2</sub>** gebildet ist. Die Auskoppelspiegel **13<sub>1</sub>**, **13<sub>2</sub>** sind im vorliegenden Ausführungsbeispiel in den Lichtleiter **1** eingebettete Strukturen. Diese können beispielsweise hergestellt werden, indem der Lichtleiter **1** im Bereich der der Einkoppelfläche **9** gegenüber liegenden Seitenfläche so geschliffen wird, dass die Spiegelflächen **13<sub>1</sub>**, **13<sub>2</sub>** gebildet werden. Diese werden dann teilverspiegelt, und schließlich wird ein keilförmiges Ansatzstück auf die teilverspiegelten Flächen aufgebracht, um die ursprüngliche Form des Lichtleiters **1** wieder herzustellen. Wie im Lichtleiter aus **Fig. 1** erfolgt ein Leiten der Strahlenbündel von der Einkoppelfläche **9** zu der Auskoppelstruktur durch Totalreflexion an der Rückfläche **3** und der Vorderfläche **5**.

**[0032]** Neben dem Lichtleiter **1** zeigt **Fig. 2** auch einen Bildgeber **11**, eine Abbildungsoptik **15** sowie die Austrittspupille **17** der Abbildungsvorrichtung.

**[0033]** Die **Fig. 2** zeigt außerdem ein Koordinatensystem, dessen x-Achse in die Blattebene hinein verläuft. Die y-Achse zeigt in der Blattebene nach oben und die z-Achse in der Blattebene nach rechts. Wie

in **Fig. 2** zu erkennen ist, ist der Teilerspiegel **13<sub>2</sub>** gegenüber dem Teilerspiegel **13<sub>1</sub>** um die x-Achse und um die y-Achse verkippete. Die beiden Teilerspiegel **13<sub>1</sub>**, **13<sub>2</sub>** bilden somit gegeneinander verkippete Teilflächen der Auskoppelstruktur **13**.

**[0034]** Zur Erläuterung der Ausgangswirkungen der Verkippung des Teilerspiegels **13<sub>2</sub>** gegenüber dem Teilerspiegel **13<sub>1</sub>** um die x-Achse und der damit verbundenen Ausführung der Auskoppelstruktur **13** mit zwei gegeneinander verkippeten Teilflächen wird wie mit Bezug auf **Fig. 1** wieder eine Betrachtung der von der Austrittspupille **17** in Richtung auf den Bildgeber **11** ausgehenden Strahlenbündel vorgenommen. Durch die Verkippung des zweiten Teilerspiegels **13<sub>2</sub>** gegenüber des ersten Spiegels **13<sub>1</sub>** um die x-Achse werden die von ihm reflektierten Strahlenbündel des Lichtleiters **1** im Vergleich zu den vom Teilerspiegel **13<sub>1</sub>** reflektierten Strahlenbündeln parallel zur y-z-Ebene verlagert. Dies führt dazu, dass, wenn man die von der Austrittspupille **17** unter dem Feldwinkel  $\alpha$  ausgehenden Strahlenbündel im Bereich der Einkoppelfläche **9** betrachtet, die von den Strahlenbündeln dort eingenommene Querschnittsfläche in z-Richtung verringert wird oder, genauer gesagt, dass die Projektion der von den Strahlenbündeln im Bereich der Einkoppelstruktur **9** eingenommenen Querschnittsfläche auf die x-z-Ebene eine geringere Ausdehnung in z-Richtung besitzt, als dies beim Lichtleiter aus **Fig. 1** (der keine gegeneinander verkippeten Teilbereiche der Auskoppelstruktur **13** aufweist) der Fall ist. Mit anderen Worten, die Strahlenbündel rücken im Bereich der Einkoppelfläche **9** näher zusammen. Dadurch kann im Vergleich zur Abbildungsvorrichtung aus **Fig. 1** bei einer Einkopplung der Strahlenbündel durch die in der Umfangsfläche **7** angeordnete Einkoppelfläche **9** entweder von dem Lichtleiter **1** ein größerer Feldwinkel  $\alpha$  übertragen werden oder bei gleichem übertragenem Feldwinkel die Dicke des Lichtleiters **1** verringert werden.

**[0035]** Durch die Verdrehung um die y-Achse werden von der Austrittspupille **17** ausgehende Strahlenbündel je nach dem, von welchem Spiegel **13<sub>1</sub>**, **13<sub>2</sub>** sie reflektiert werden, durch unterschiedliche, in x-Richtung übereinander liegende Bereiche des Lichtleiters **1** geleitet. Dies führt dazu, dass die von den beiden Spiegeln **13<sub>1</sub>**, **13<sub>2</sub>** reflektierten Strahlenbündel im Lichtleiter in der Projektion auf die x-y-Ebene in x-Richtung auseinander laufen und von in x-Richtung übereinander liegenden Bereichen des Einkoppelspiegels **25** durch die Rückfläche **3** hindurch in Richtung auf in x-Richtung übereinander liegende Abbildungsoptiken **25<sub>1</sub>**, **25<sub>2</sub>** abgelenkt werden. Durch Abbildungsoptiken **25<sub>1</sub>**, **25<sub>2</sub>** hindurch gelangen sie schließlich auf in x-Richtung übereinander liegende Bildgeber **11<sub>1</sub>**, **11<sub>2</sub>**. Dadurch wird es möglich, das Ausgangsbild auf zwei in x-Richtung übereinander liegende Bildgeber **11<sub>1</sub>** zu verteilen, wodurch im virtuellen Bild horizontal nebeneinander gelegene Felbe-

reiche im Ausgangsbild vertikal übereinander angeordnete Ausgangsbildfeldbereiche sein können.

**[0036]** Aufgrund der Verdrehung der beiden Spiegelflächen relativ zueinander sowohl um die x-Achse als auch um die y-Achse kann in der Projektion der im Bereich der Einkoppelstruktur **25** befindlichen Strahlenbündel auf die x-z-Ebene der Platzbedarf der von den Strahlenbündeln eingenommenen Querschnittsfläche entlang der z-Richtung verringert als auch gleichzeitig in x-Richtung vergrößert werden, wobei auch eine Verlagerung von Strahlenbündeln aus der z-Richtung in die x-Richtung erfolgen kann. Die damit verbundene Freiheit in der Verteilung von Bildgeberabschnitten des Bildgebers **11** ermöglicht es, besonders große horizontale Feldwinkel  $\alpha$  zu übertragen, was insbesondere auch die Übertragung vom 16:9 Format ermöglicht. Dabei können die Bildgeberabschnitten des Bildgebers **11** in ihrem Abstand und ihrem jeweiligen Abstrahlwinkel an den Verlauf der Strahlenbündel im Lichtleiter optimal angepasst werden.

**[0037]** Ein zweites Ausführungsbeispiel für einen erfindungsgemäßen Lichtleiter wird nachfolgend mit Bezug auf **Fig. 3** beschrieben. Auch diese Figur zeigt einen Lichtleiter **1** mit einer Innenfläche **3**, einer Vorderfläche **5** und einer Umfangsfläche **7**, wobei die Einkopplung der Strahlenbündel in den Lichtleiter **1** jedoch durch die Rückfläche **3** erfolgt. In der Umfangsfläche **7** ist dabei eine reflektierende Einkopplungsfläche **25** gebildet, über welche die durch die Rückfläche **3** in den Lichtleiter **25** eintretenden Strahlenbündel derart abgelenkt werden, dass sie mittels innerer Totalreflexion zwischen der Rückfläche **3** und der Vorderfläche **5** zu einer Auskoppelstruktur **13** geleitet werden. Von dieser Auskoppelstruktur **13** werden die Strahlenbündel schließlich durch die Rückfläche **3** hindurch in Richtung auf die Austrittspupille **17** aus dem Lichtleiter **1** auskoppelt.

**[0038]** Wie im ersten Ausführungsbeispiel umfasst die Auskoppelstruktur **13** zwei Spiegelabschnitte **13<sub>1</sub>** und **13<sub>2</sub>**, deren reflektive Flächen um die in die Blattebene hinein laufende x-Achse sowie um die in **Fig. 3** in der Blattebene nach oben laufende y-Achse gegeneinander verdreht sind. Wie in **Fig. 3** zu erkennen ist, sind die Bildgeberabschnitte im vorliegenden Ausführungsbeispiel durch getrennte Bildgeber **11<sub>1</sub>**, **11<sub>2</sub>** realisiert und unterschiedlich gegenüber der x-y-Ebene geneigt. Die Anpassung der Neigung gegenüber der x-y-Ebene sowie Wahl des Abstandes zwischen den beiden Bildgebern **11<sub>1</sub>**, **11<sub>2</sub>** in x-Richtung dient im Vorliegenden Ausführungsbeispiel dazu, die Korrektur der Abbildung zu optimieren.

**[0039]** Obwohl in **Fig. 3** zwei getrennte Bildgeber **11<sub>1</sub>**, **11<sub>2</sub>** Verwendung finden, besteht auch die Möglichkeit, die Ausgangsbildfeldbereiche auf Bildgeberabschnitten **11<sub>1</sub>**, **11<sub>2</sub>** eines einzigen Bildgebers **11**

darzustellen, der eine entsprechend große Ausdehnung insbesondere in x-Richtung besitzt. Ein solcher Bildgeber **11** ist in **Fig. 4** dargestellt. Die die Ausgangsbildfeldbereiche **12<sub>1</sub>**, **12<sub>2</sub>** darstellenden Bildgeberabschnitte **11<sub>1</sub>**, **11<sub>2</sub>** sind entlang x-Richtung versetzt angeordnet. Die Anordnung der Ausgangsbildfeldbereiche **12<sub>1</sub>**, **12<sub>2</sub>** in dem von der Abbildungsvorrichtung generierten virtuellen Bild ist in **Fig. 5** gezeigt. Bei Verwendung eines einzigen großen Bildgebers **11** sind jedoch die Freiheitsgrade zum Optimieren der Korrektur der Abbildung verringert. Es besteht lediglich noch die Möglichkeit den Abstand der Bildgeberabschnitte **11<sub>1</sub>**, **11<sub>2</sub>**, welchen die Ausgangsbildfeldbereiche **12<sub>1</sub>**, **12<sub>2</sub>** darstellen, in x-Richtung zu optimieren, sofern der Bildgeber **11** die entsprechende Ausdehnung in x-Richtung aufweist. Ein unterschiedliches Kippen der Bildgeberabschnitte **11<sub>1</sub>**, **11<sub>2</sub>** gegenüber der x-z-Ebene ist hingegen bei einem einzigen großen Bildgeber **11** nicht möglich. Es sei darauf hingewiesen, dass die Bildgeberabschnitten **11<sub>1</sub>**, **11<sub>2</sub>** auch einander überlappende Ausgangsbildfeldbereiche **12<sub>1</sub>**, **12<sub>2</sub>** darstellen können.

**[0040]** In den ersten beiden Ausführungsbeispielen hatte die Auskoppelstruktur keinerlei abbildende Funktion. Wenn die Auskoppelstruktur mit einer abbildenden Funktion versehen wird, besteht die Möglichkeit, den Platzbedarf der Strahlenbündel in z-Richtung weiter zu verringern. Ein Ausführungsbeispiel, in der die Auskoppelstruktur **13** eine abbildende Funktion besitzt, ist in **Fig. 6** dargestellt. Im diesem Ausführungsbeispiel sind die Teilerspiegel **13<sub>1</sub>**, **13<sub>2</sub>**, welche die Teilflächen der Auskoppelstruktur **13** bilden, sowohl um die x-Achse als auch um die y-Achse gekippt, und die Bildgeber **11<sub>1</sub>**, **11<sub>2</sub>** sind entlang der x-Richtung zueinander versetzt angeordnet. Im Vergleich zu den vorausgegangenen Ausführungsbeispielen weist die Abbildungsvorrichtung aus **Fig. 6** jedoch keine Abbildungsoptik **15** bzw. **15<sub>1</sub>**, **15<sub>2</sub>** außerhalb des Lichtleiters **1** auf. Stattdessen weisen der teildurchlässige Einkoppelspiegel **25** des Lichtleiters, die Teilerspiegel **13<sub>1</sub>**, **13<sub>2</sub>** sowie ein weiteres reflektives Element in Form eines Teilerspiegels **27** jeweils eine abbildende Funktion auf. Der zusätzliche Teilerspiegel **27** ist dabei an der Vorderfläche **5** des Lichtleiters **1** angeordnet. Im Zusammenspiel miteinander ersetzen die abbildenden Funktionen dieser Elemente die Abbildungsoptik der vorausgegangenen Ausführungsbeispiele.

**[0041]** Die zum Auskoppeln verwendeten Teilerspiegel **13<sub>1</sub>**, **13<sub>2</sub>**, der teildurchlässige Einkoppelspiegel **25** und der weitere Teilerspiegel **27** weisen im vorliegenden Ausführungsbeispiel jeweils eine sammelnde Funktion auf, so dass die von den Bildgebern **11<sub>1</sub>**, **11<sub>2</sub>** ausgehenden Strahlenbündel insgesamt kollimiert werden und als kollimierte Strahlenbündel in der Austrittspupille **17** vorliegen. Es besteht aber auch die Möglichkeit, die einzelnen Spiegel so auszugestalten, dass ihre sammelnde Wirkung nicht ausreicht,

um parallele Strahlenbündel zu generieren, so dass im Bereich der Austrittspupille **17** leicht divergente Strahlenbündel vorliegen. Dies führt dazu, dass das virtuelle Bild nicht im Unendlichen wahrgenommen wird, sondern in einem endlichen Abstand. Wenn die Krümmungen der Spiegel eine Grundkrümmung und eine überlagerte Freiform umfassen, besteht zudem die Möglichkeit, die Korrektur von Bildfehlern zu optimieren.

**[0042]** Ein weiteres Ausführungsbeispiel für die Abbildungsvorrichtung ist in **Fig. 7** dargestellt. Der Lichtleiter **1** dieser Abbildungsvorrichtung unterscheidet sich von dem Lichtleiter der in **Fig. 6** dargestellten Abbildungsvorrichtung hauptsächlich dadurch, dass die Krümmung der die Auskoppelstruktur **13** bildenden Teilerspiegel **13<sub>1</sub>**, **13<sub>2</sub>** und des zusätzlichen Teilerspiegels **27** im Wesentlichen so ausgestaltet ist, dass im Lichtleiter **1** in einer zur y-z-Ebene senkrecht stehenden und zur x-y-Ebene nicht parallelen Ebene ein Zwischenbild **29** generiert wird. Durch diese Maßnahme kann im Bereich des teildurchlässigen Einkoppelspiegels **25** eine weitere Reduktion des Platzbedarfs der Strahlenbündel in z-Richtung erreicht werden, was den übertragbaren Feldwinkel  $\alpha$  und damit die darzustellenden Sichtfelder weiter vergrößert und die Führung der Strahlenbündel durch die Lichtleiter **1** vereinfacht. Dabei reicht es für die Reduktion des Platzbedarfs der Strahlenbündel in z-Richtung aus, wenn in der zur y-z-Ebene senkrechten Ebene ein Zwischenbild entlang einer zur x-Richtung senkrechten Richtung vorliegt, nicht aber entlang einer zur x-Richtung parallelen Richtung.

**[0043]** In allen Ausführungsbeispielen bildet der Lichtleiter zusammen mit dem oder den Bildgebern und ggf. einer zwischen dem oder den Bildgebern und dem Lichtleiter angeordneten Abbildungsoptik eine Abbildungsvorrichtung zum Generieren eines virtuellen Bildes auf der Basis eines auf dem Bildgeber oder den Bildgebern dargestellten Ausgangsbildes. Im Falle mehrerer Bildgeber stellen dabei die auf den jeweiligen Bildgebern dargestellten Ausgangsbildabschnitte unterschiedliche Ausgangsbildfeldbereiche des Ausgangsbildes dar. Eine derartige Abbildungsvorrichtung kann insbesondere in einem HMD zur Anwendung kommen. Als ein Beispiel für ein HMD ist in **Fig. 8** eine Datenbrille **201** gezeigt, also ein HMD, welches in Form einer die gleichzeitige Betrachtung eines virtuellen Bildes sowie der Umgebung ermöglichenden Brille ausgebildet ist.

**[0044]** Die in **Fig. 8** dargestellte Datenbrille **201** umfasst ein Brillengestell **207** mit Brillenbügeln **211** und im Brillengestell **207** eingefassten Brillengläsern **203**. Die Brillengläser **203** sind dabei als erfindungsgemäße Lichtleiter ausgebildet, die jeweils zusammen mit einem in dem entsprechenden Brillenbügel **211** angeordneten Bildgeber (in **Fig. 8** nicht dargestellt) eine Abbildungsvorrichtung bilden, die gemäß einem

der vorangegangenen Ausführungsbeispiele ausgebildet ist. Dabei können die Brillengläser **203** Ein- und Auskoppelstrukturen sowie ggf. eine weitere Struktur mit abbildenden Eigenschaften umfassen, wie dies mit Bezug auf die **Fig. 6** und **Fig. 7** beschrieben worden ist, oder zwischen den Brillengläsern **203** und den in den Brillenbügeln **211** angeordneten Bildgebern sind Abbildungsoptiken vorhanden, wie dies in den mit Bezug auf die **Fig. 2** und **Fig. 3** beschriebenen Ausführungsbeispielen der Fall ist. Die Einkopplung der Strahlenbündel in die Brillengläser **203** erfolgt im vorliegenden Ausführungsbeispiel über diejenigen Seitenflächen der Brillengläser **203**, die an den jeweiligen Brillenbügel **211** angrenzen. Es besteht aber auch die Möglichkeit, bei der dargestellten Datenbrille **201** die Strahlenbündel für die Abbildung über die Brillenglasrückfläche in die Brillengläser **203** einzukoppeln.

**[0045]** Obwohl in **Fig. 8** eine Datenbrille als Beispiel für ein HMD dargestellt ist, versteht es sich, dass auch andere Ausführungsvarianten eines HMD mit einem erfindungsgemäßen Lichtleiter ausgestattet werden können. Wenn das HMD zur Darstellung von dreidimensionalen Bildern geeignet sein soll, sind für jedes Auge ein erfindungsgemäßer Lichtleiter und ein dem Lichtleiter zugeordnetes Display vorhanden. Falls eine dreidimensionale Darstellung nicht erfolgen soll, reicht es, eines der beiden Brillengläser **203** als erfindungsgemäßen Lichtleiter auszubilden und diesem ein Display und ggf. eine zwischen dem Display und dem Brillenglas angeordnete Abbildungsoptik zuzuordnen.

**[0046]** Die anhand von Ausführungsbeispielen vorgestellte Erfindung ermöglicht es, die Ausdehnung der Gesamtheit der im Bereich der Einkoppelstruktur befindlichen Strahlenbündel in der Projektion auf die x-z-Ebene zu verringern. Da beispielsweise bei einer Datenbrille die Dickenausdehnung des Brillenglases im Wesentlichen entlang der z-Richtung verläuft, stellt diese Richtung eine für die Ausdehnung der Gesamtheit der Strahlenbündel kritische Ebene dar. Die vorgestellte Erfindung ermöglicht es zudem, das darzustellende Ausgangsbildfeld im Lichtleiter auf zwei oder mehr Abschnitte entlang der x-Richtung zu verteilen und durch diese unterschiedlichen Abschnitte von den jeweiligen Bildgebern zu der Auskoppelstruktur zu transportieren. Als Freiheitsgrad für die Korrektur der Abbildung erweist es sich zusätzlich noch als vorteilhaft, wenn die Bildgeber jeweils im Abstand und Winkel an den jeweiligen von ihnen repräsentierten Ausgangsbildfeldbereich angefasst sind.

**[0047]** Um den größten Vorteil bzgl. des Transportierens großer Ausgangsbildfelder zu erzielen, ist eine Kombination der Ausgestaltung der Auskoppelstruktur mit zwei gegeneinander verkipperten Teilflächen mit den beschriebenen Aspekten der Zwischenbildgenerierung vorteilhaft. In diesem Fall sind diese

beiden Teilflächen abbildende Flächen, insbesondere Sammelflächen, und haben jeweils eine für den durch sie übertragenen Ausgangsbildfeldbereich optimierte Form. Die Brennweiten der beiden Teilflächen sind hierbei hinreichend kurz gewählt, so dass die Austrittspupille in die Nähe der Einkoppelstruktur abgebildet und vorzugsweise auch gleichzeitig ein Zwischenbild im Lichtleiter erzeugt wird. Aber auch für den Fall, dass die Teilflächen der Auskoppelstruktur nicht abbildend ausgestaltet sind, sondern lediglich aus zueinander verkippten Planflächen bestehen, wird im Bereich der Einkoppelstruktur bereits eine deutliche Reduzierung des Platzbedarfs der Strahlenbündel in z-Richtung erreicht.

**[0048]** Die vorliegende Erfindung ist anhand von Ausführungsbeispielen zu Erläuterungszwecken im Detail beschrieben worden. Ein Fachmann erkennt jedoch, dass Abweichungen von den Ausführungsbeispielen möglich sind, die den in den beigefügten Ansprüchen definierten Schutzbereich nicht verlassen. So besteht beispielsweise die Möglichkeit, dass die Auskoppelstruktur mehr als zwei gegeneinander verkippte Teilflächen aufweist. Ebenso können mehr als zwei Bildgeber vorhanden sein. Außerdem können die Bildgeber zusätzlich zum Versatz in x-Richtung auch noch einen Versatz in einer zur x-Richtung senkrechten Richtung aufweisen, wobei ein geeigneter Versatz in dieser Richtung jedoch durch die Dicke des Lichtleiters, also den Abstand zwischen seiner Rückfläche und seiner Vorderfläche, begrenzt ist. Schließlich besteht die Möglichkeit, statt der glatten, also stetig differenzierbaren, Spiegelflächen facettenartige Spiegelflächen vorzusehen. Diese Facetten weisen dann eine Neigung gegenüber einer typischerweise glatten Grundfläche auf. Durch diese Ausgestaltung wird es möglich, die Grundflächen parallel zur Vorderfläche oder Rückfläche des Lichtleiters anzuordnen. Die Facetten der einen Teilfläche sind dabei jedoch gegenüber den Facetten der anderen Teilfläche verkippt. Die abbildende Wirkung der Einkoppelstruktur kann zudem statt durch eine entsprechend gekrümmte reflektierende Fläche auch durch eine Krümmung einer als Einkoppelstruktur dienenden Seitenfläche, durch welche die Strahlenbündel beim Einkoppeln in den Lichtleiter hindurchtreten, realisiert sein, so dass die Seitenfläche ein refraktives abbildendes Element bildet.

**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 2011/0062998 A1 [0008]

### Patentansprüche

1. Lichtleiter (1) für eine Abbildungsvorrichtung zum Erzeugen eines virtuellen Bildes von einem Ausgangsbild mit wenigstens zwei unterschiedlichen Ausgangsbildfeldbereichen ( $12_1$ ,  $12_2$ ), wobei der Lichtleiter (1) umfasst:

- eine Einkoppelstruktur (9, 25) zum Einkoppeln von dem Ausgangsbild ausgehender Strahlenbündel in den Lichtleiter (1) und

- eine flächige Auskoppelstruktur (13) zum Auskoppeln der in den Lichtleiter (1) eingekoppelten Strahlenbündel aus dem Lichtleiter (1), wobei die flächige Auskoppelstruktur (13) wenigstens zwei Teilflächen ( $13_1$ ,  $13_2$ ) umfasst und wobei jede Teilfläche ( $13_1$ ,  $13_2$ ) einem anderen der Ausgangsbildfeldbereiche ( $12_1$ ,  $12_2$ ) zugeordnet ist und die von dem entsprechenden Ausgangsbildfeldbereich ( $12_1$ ,  $12_2$ ) ausgehenden Strahlenbündel auskoppelt, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Teilflächen ( $13_1$ ,  $13_2$ ) der Auskopplungsstruktur (13) gegeneinander verkippt sind.

2. Lichtleiter (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Teilflächen ( $13_1$ ,  $13_2$ ) der Auskoppelstruktur (13) um zwei zueinander nicht parallele Achsen (x, y) verkippt sind

3. Lichtleiter (1) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Achsen (x, y), um die die Auskoppelflächen ( $13_1$ ,  $13_2$ ) gegeneinander verkippt sind, senkrecht auf der Auskoppelrichtung (z) stehen.

4. Lichtleiter (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass jede Teilfläche ( $13_1$ ,  $13_2$ ) der Auskoppelstruktur (13) eine reflektive Fläche ist.

5. Lichtleiter (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass jede Teilfläche ( $13_1$ ,  $13_2$ ) der Auskoppelstruktur (13) eine facettierte reflektive Fläche ist, die eine glatte Grundfläche und gegenüber der Grundfläche geneigte Facetten aufweist, wobei die Facetten der beiden Teilflächen ( $13_1$ ,  $13_2$ ) gegeneinander verkippt sind.

6. Lichtleiter (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Auskopplungsstruktur (13) eine abbildende Funktion besitzt.

7. Lichtleiter (1) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Auskopplungsstruktur (13) einelichtsammelnde Funktion besitzt.

8. Lichtleiter (1) nach Anspruch 6 oder Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass er neben der Auskopplungsstruktur (13) ein weiteres reflektives Element (27) umfasst, wobei das weitere reflektive Element eine abbildenden Funktion aufweist.

9. Lichtleiter (1) nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Lichtleiter (1) zwischen der Einkoppelstruktur (9, 25) und der Auskoppelstruktur (13) ein Zwischenbild (29) generiert wird.

10. Lichtleiter (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass er eine dem Auge eines Nutzers zuzuwendende Rückfläche (3), eine vom Auge des Nutzers abzuwendende Vorderfläche (5) und eine die Rückfläche (3) mit der Vorderfläche (5) verbindende Umfangsfläche (7) aufweist, wobei die Einkoppelstruktur (9) derart im Lichtleiter angeordnet ist, dass ein Einkoppeln der Strahlenbündel über die Umfangsfläche (7) erfolgen kann.

11. Abbildungsvorrichtung zum Generieren eines virtuellen Bildes mit einem Bildgeber (11) mit wenigstens zwei Bildgeberabschnitten ( $11_1$ ,  $11_2$ ) zum Darstellen wenigstens zweier Ausgangsbildfeldbereiche ( $12_1$ ,  $12_2$ ) eines Ausgangsbildes und einem Lichtleiter (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche.

12. Abbildungsvorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bildgeberabschnitte ( $11_1$ ,  $11_2$ ) gegeneinander versetzt sind.

13. Abbildungsvorrichtung nach Anspruch 10 oder Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bildgeberabschnitte ( $11_1$ ,  $11_2$ ) durch voneinander getrennte Displays gebildet sind.

14. HMD mit einer Abbildungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 13.

15. HMD nach Anspruch 14, welches als Datenbrille (201) ausgebildet ist.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

**Fig. 1**

(Stand der Technik)

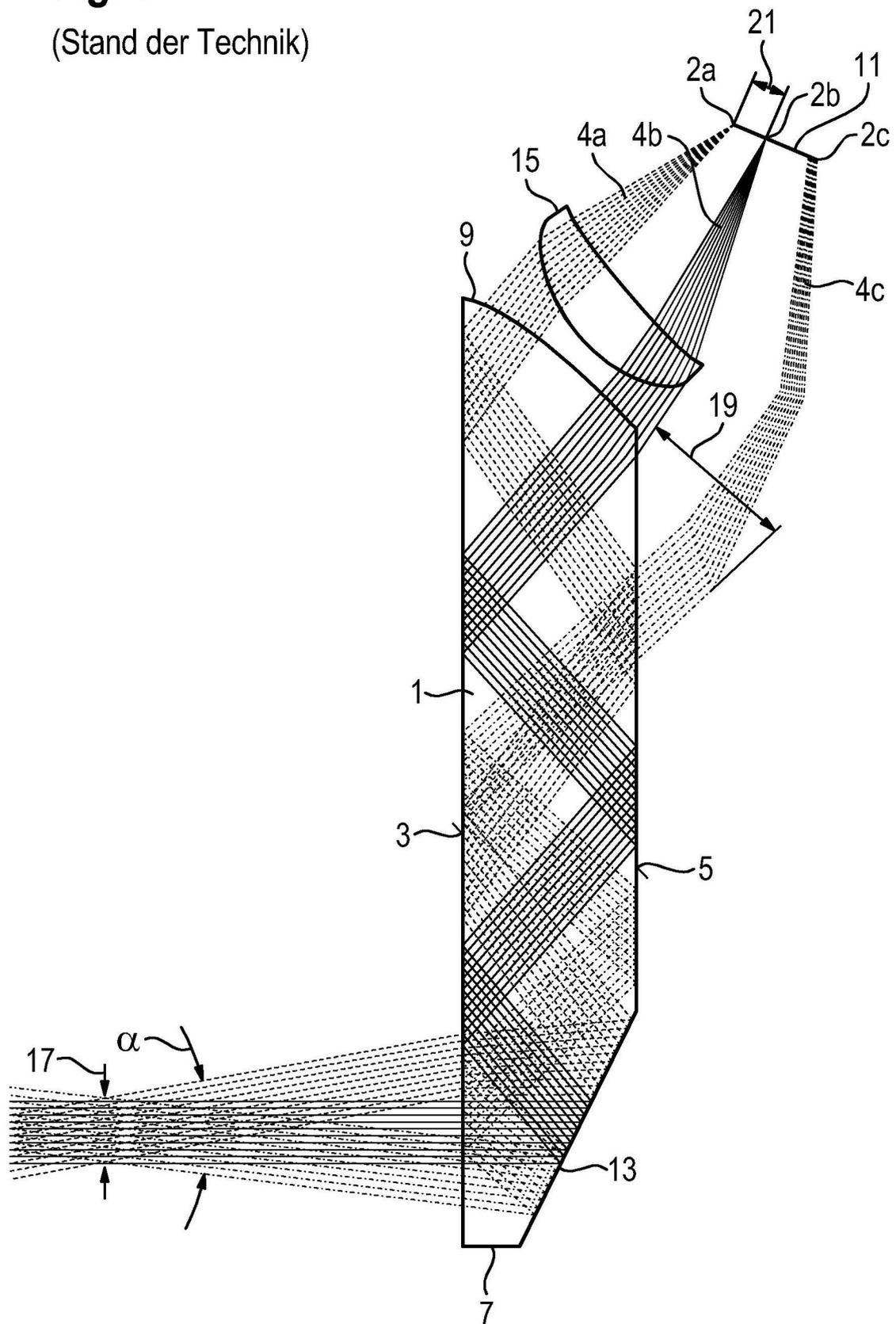


Fig. 2

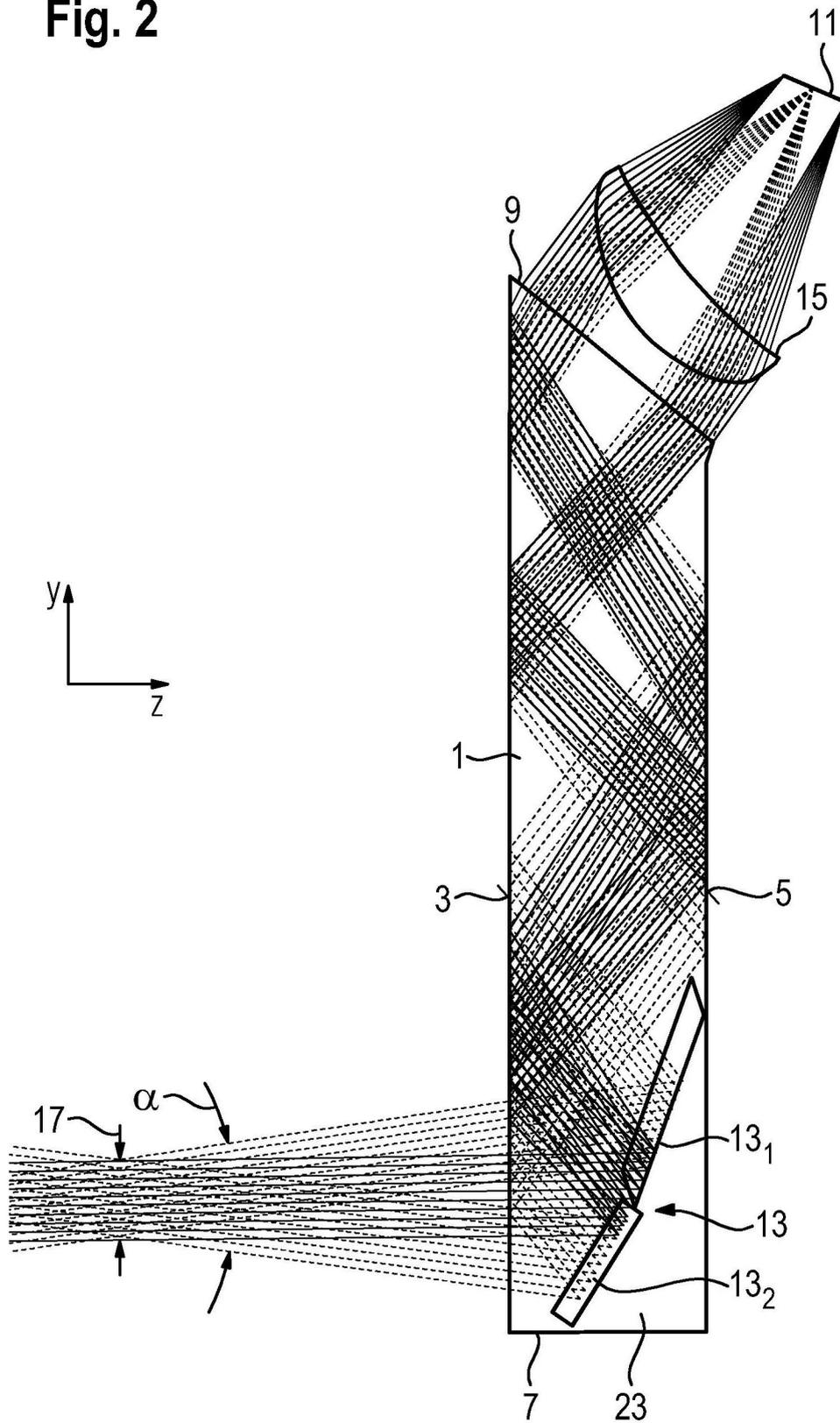


Fig. 3

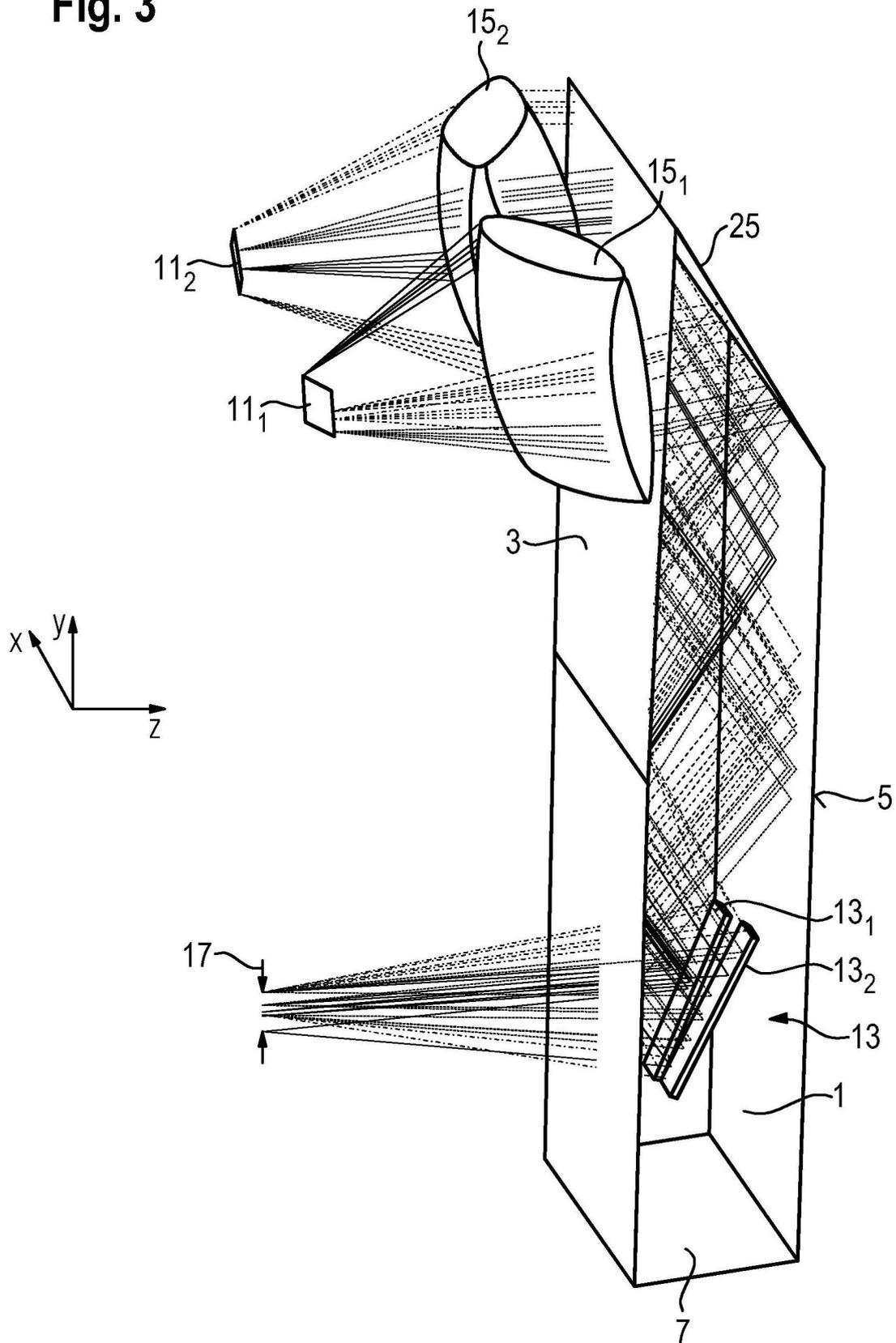


Fig. 4

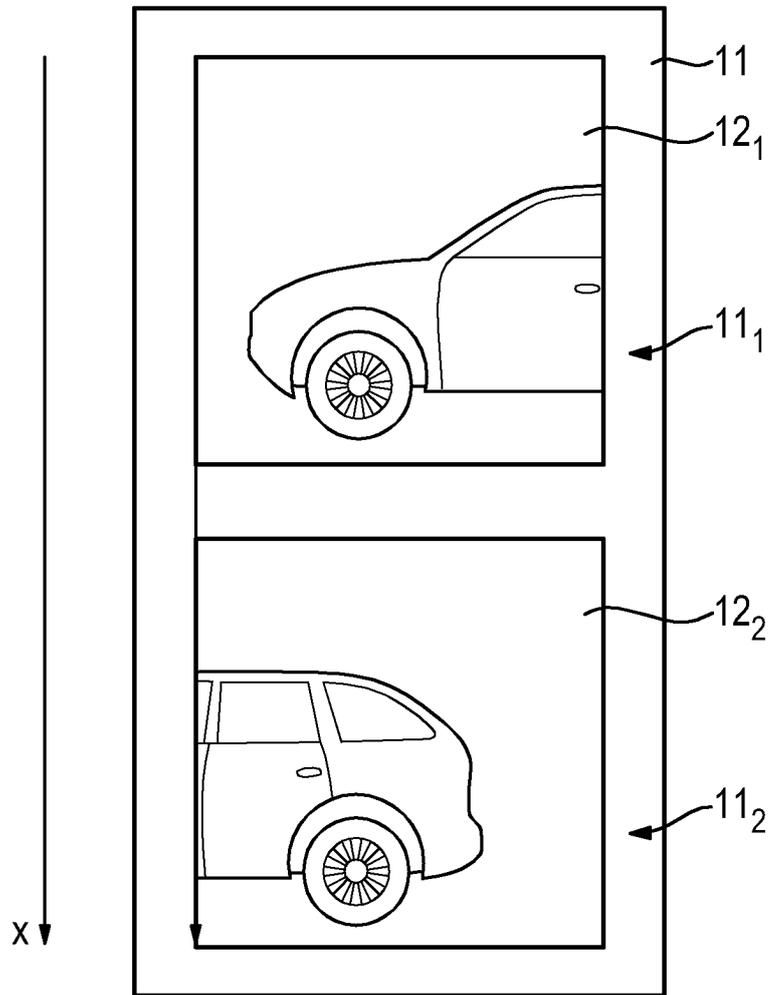


Fig. 5

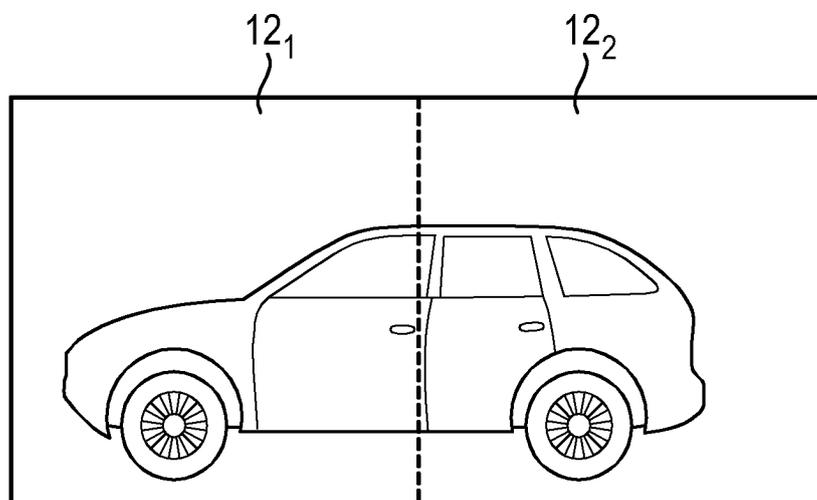


Fig. 6

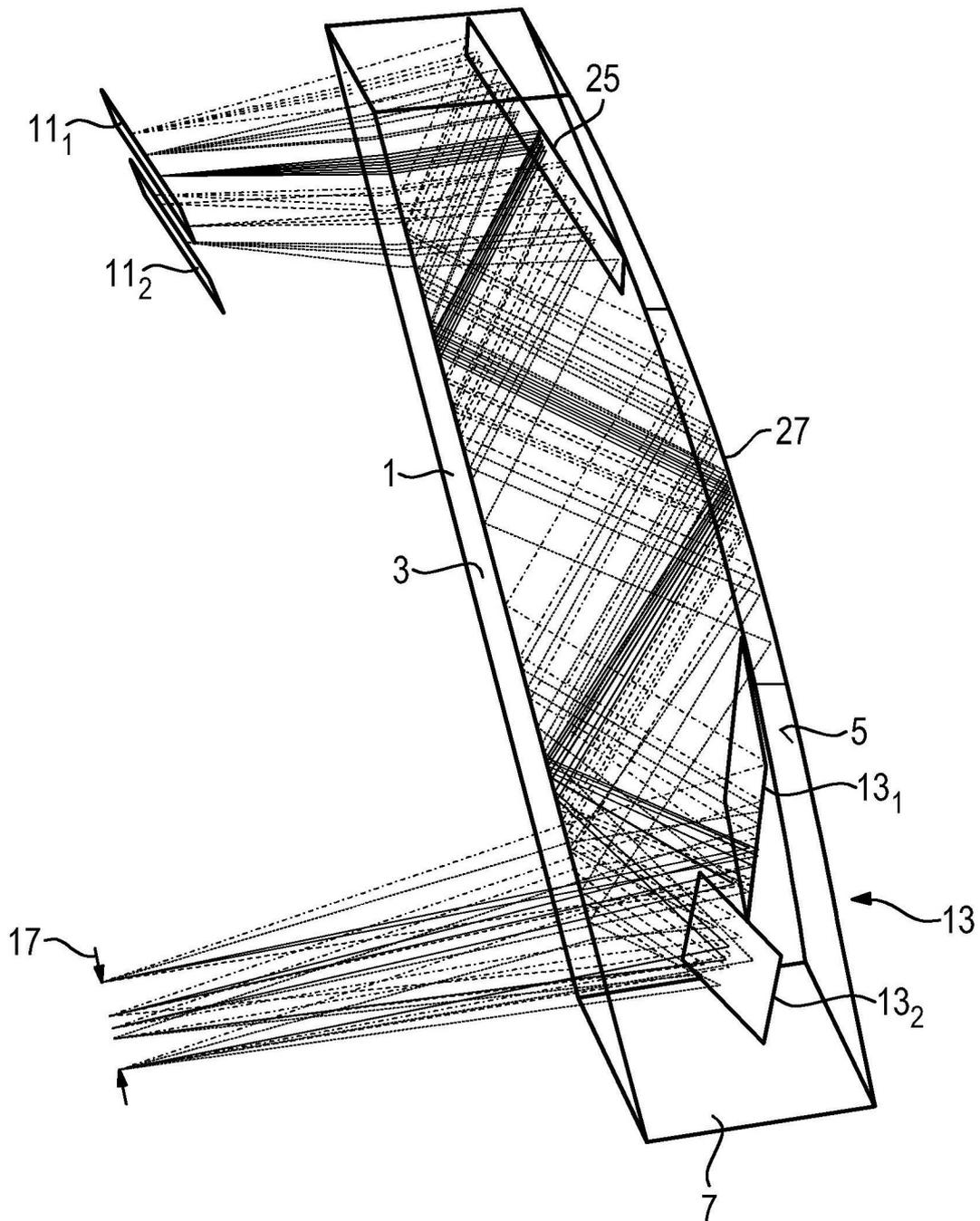
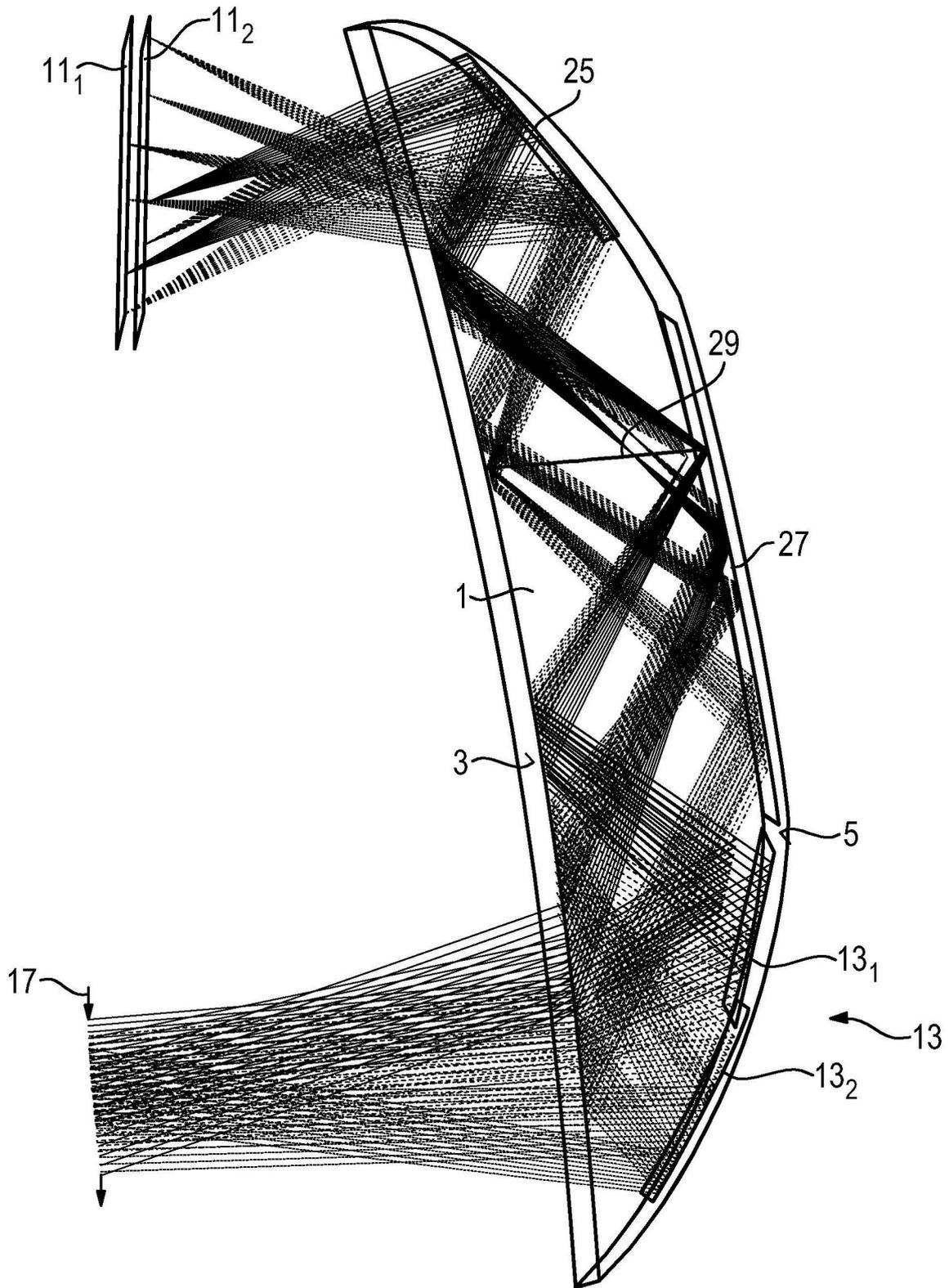


Fig. 7



**Fig. 8**

