



(11) **EP 2 789 901 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**15.10.2014 Patentblatt 2014/42**

(51) Int Cl.:  
**F21S 8/10<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **14160768.9**

(22) Anmeldetag: **19.03.2014**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME**

(71) Anmelder: **Automotive Lighting Reutlingen GmbH**  
**72762 Reutlingen (DE)**

(72) Erfinder: **Brendle, Matthias**  
**72074 Tübingen (DE)**

(30) Priorität: **11.04.2013 DE 102013206489**

(74) Vertreter: **DREISS Patentanwälte PartG mbB**  
**Patentanwälte**  
**Gerokstrasse 1**  
**70188 Stuttgart (DE)**

(54) **Lichtmodul einer Kraftfahrzeugbeleuchtungseinrichtung**

(57) Die Erfindung betrifft ein Lichtmodul (1) einer Kraftfahrzeugbeleuchtungseinrichtung. Das Lichtmodul (1) umfasst mindestens zwei Lichtquellen (2, 3, 4) zum Aussenden von Licht und mindestens zwei den Lichtquellen (2, 3, 4) zugeordnete Primäroptiken (8; 15, 16; 17, 18) zum Bündeln des ausgesandten Lichts. Ferner umfasst das Lichtmodul (1) eine gemeinsame Sekundäroptik (7) zum Abbilden der Lichtbündel auf einer Fahrbahn vor dem Kraftfahrzeug und zur Erzeugung einer resultierenden Gesamtlichtverteilung des Lichtmoduls (1). Um die Flexibilität und die Effizienz des Lichtmoduls

(1) zu verbessern, wird vorgeschlagen, dass mindestens eine der Lichtquellen (2) zur Realisierung einer Hauptlichtverteilung und mindestens eine andere der Lichtquellen (3; 4) zur Realisierung einer Nebenlichtverteilung ausgestaltet ist und dass die der Lichtquelle (3; 4) zur Realisierung der Nebenlichtverteilung zugeordnete Primäroptik (15, 16; 17, 18) mehrteilig ausgebildet ist, wobei eine erste Teil-Primäroptik (15; 17) neben der der Lichtquelle (2) zur Realisierung der Hauptlichtverteilung zugeordneten Primäroptik (8) angeordnet ist.

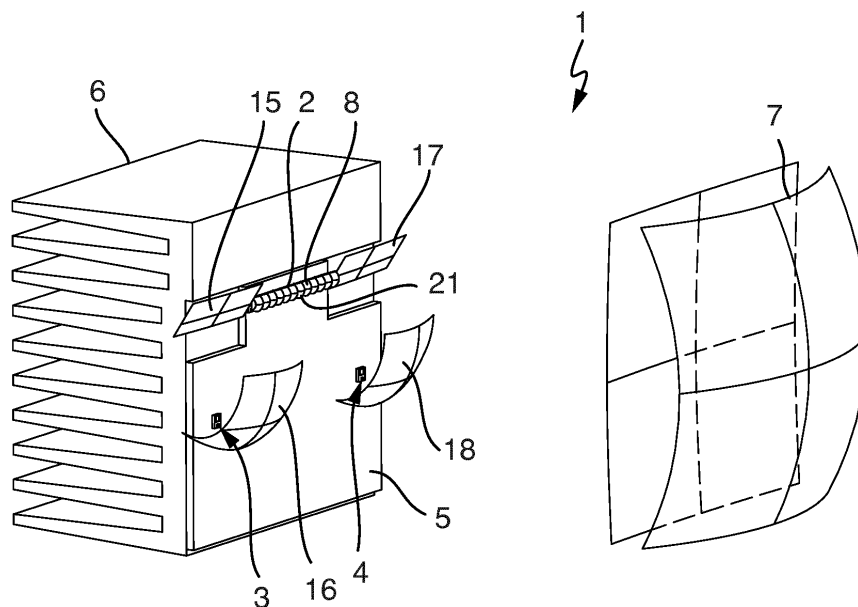


Fig. 1

EP 2 789 901 A2

**Beschreibung**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Lichtmodul einer Kraftfahrzeugbeleuchtungseinrichtung. Das Lichtmodul umfasst mindestens zwei Lichtquellen zum Aussenden von Licht und mindestens zwei Primäroptiken zum Bündeln zumindest eines Teils des ausgesandten Lichts. Jeweils mindestens eine Lichtquelle ist einer der Primäroptiken zugeordnet. Ferner umfasst das Lichtmodul eine gemeinsame Sekundäroptik zur Formung von mehreren aneinander anschließenden oder leicht überlappenden Lichtverteilungen aus den von zumindest einigen der Primäroptiken erzeugten Lichtbündeln. Ferner betrifft die Erfindung auch eine Kraftfahrzeugbeleuchtungseinrichtung mit einem solchen Lichtmodul.

**[0002]** Aus dem Stand der Technik sind verschiedene Ansätze bekannt, um sogenannte Matrix-Fernlichtmodule zu realisieren. Ein Matrix-Fernlichtmodul umfasst eine Lichtquelle mit mehreren in Reihen und/oder Spalten angeordneten Halbleiterlichtquellen (LEDs), wobei mehrere LEDs aktiviert sind, um die gewünschte Fernlichtverteilung zu erzeugen. Die einzelnen LEDs sind einzeln ansteuerbar, so dass einzelne LEDs gezielt deaktiviert werden können, um bestimmte Bereiche der resultierenden Fernlichtverteilung gezielt ausblenden zu können. Dadurch können beispielsweise gezielt Bereiche der Fernlichtverteilung ausgespart werden, in denen sich andere Verkehrsteilnehmer befinden. Dies ermöglicht einerseits eine besonders gute Ausleuchtung des Fahrbahnbereichs vor dem Kraftfahrzeug mittels der Fernlichtverteilung, und andererseits verhindert es eine Blendung der vorausfahrenden und/oder entgegenkommenden Verkehrsteilnehmer. Zur Realisierung von Matrix-Fernlichtmodulen werden in der Regel Systeme mit einem reellen Zwischenbild verwendet, in denen mittels Primäroptiken mehrere unmittelbar aneinander grenzende Abbilder der LEDs erzeugt werden, die dann zur Bildung der resultierenden Fernlichtverteilung über eine im Strahlengang nachfolgende Sekundäroptik auf der Fahrbahn vor dem Kraftfahrzeug abgebildet werden. Diese Systeme werden aufgrund der projizierenden Eigenschaften der Sekundäroptik auch als Projektionssysteme bezeichnet.

**[0003]** Als Sekundäroptik eignen sich sowohl Reflektoren als auch Linsen bzw. Linsensysteme. Eine Sekundäroptik ist dadurch gekennzeichnet, dass sie eine oder mehrere Lichtquellenabbilder aus einer reellen Zwischenbild-Ebene zur Erzeugung der gewünschten Lichtverteilung des Lichtmoduls auf die Fahrbahn vor das Kraftfahrzeug projiziert. Als Primäroptik eignen sich bspw. Sammellinsen, konische Lichtleiter, scheibenförmige Lichtleiter oder Reflektoren, die einzeln oder in mehreren Reihen und/oder Spalten array- oder matrixartig neben- und/oder übereinander angeordnet sein können. Bei der Verwendung von Matrix-Halbleiterlichtquellen umfasst die Primäroptik in der Regel zu Arrays zusammengefasste Linsen, Lichtleiter oder Reflektoren. Die Lichtaustrittsfläche der Primäroptik bzw. die Lichtaustrittsflächen der einzelnen Primäroptik-Elemente eines Optikarrays liegt bzw. liegen näherungsweise in der sogenannten Petzvalfläche der Sekundäroptik, so dass die durch die Primäroptik-Elemente erzeugten einzelnen Lichtquellen-Abbilder mit Hilfe von Brechung und/oder Reflexion scharf gegeneinander abgegrenzt werden können. Als Petzvalfläche wird eine Fläche bezeichnet, deren Punkte von der Sekundäroptik möglichst gleich und in gewünschter Weise auf einer in Fahrtrichtung bzw. Abstrahlrichtung weit entfernte Bildfläche abgebildet werden. Dabei können diese Objektpunkte statt als Punkte ebenso auch als Linien oder Rechtecke oder ähnliches abgebildet werden.

**[0004]** Je nach Art der verwendeten Primäroptik lassen sich beim Stand der Technik die Lichtverteilungen im Zwischenbild bezüglich ihrer Form und Lichtstärkeverteilung nur wenig beeinflussen. Insbesondere Sammellinsenarrays, deren Lichtaustrittsflächen direkt in der Petzvalfläche der Sekundäroptik angeordnet sind, erzeugen Lichtverteilungen mit weitgehend gleichmäßiger Leuchtdichte. In diesem Fall muss die weitere Lichtformung, beispielsweise die vertikale Formung der Lichtverteilungen, durch eine Sekundäroptik erfolgen, die einen ausgeprägten Astigmatismus aufweist. Dabei werden alle Lichtverteilungen im Zwischenbild durch die nachfolgende Sekundäroptik auf gleiche Weise verzerrt.

**[0005]** Die meisten Matrix-Lichtverteilungen weisen mehrere gleich breite streifenförmige Lichtverteilungen im Zentrum auf. Daneben ist es jedoch sinnvoll, diese zentralen Lichtverteilungen zumindest zu den Seiten hin durch eine oder mehrere breite, weich zum Fahrbahnrand hin auslaufende Lichtverteilungen zu ergänzen.

**[0006]** Wenn als Primäroptik die besonders einfachen und vorteilhaften Linsenarrays oder Reflektorarrays verwendet werden, ist es nicht ohne weiteres möglich, neben den weitgehend gleichmäßig ausgeleuchteten Lichtverteilungen im Zentrum unmittelbar daran seitlich anschließend eine oder mehrere breite, zum Rand hin weich auslaufende Lichtverteilungen im Zwischenbild zu erzeugen, mit denen die beschriebene Seitenausleuchtung realisiert werden kann. In diesem Fall müsste die Primäroptik-Linse, die das Zwischenbild der Seitenausleuchtung erzeugt, mitsamt der ihr zugeordneten Lichtquelle weit hinter die übrigen Lichtquellen und Linsen, die eine Zwischenlichtverteilung im Zentrum der Matrix-Lichtverteilung bilden, entgegen der Lichtabstrahlrichtung zurückversetzt werden. Damit wäre es allerdings nicht mehr möglich, die Lichtquellen für die beiden Lichtverteilungen (einerseits im Zentrum und andererseits am Seitenrand) in einer Ebene, vorzugsweise auf einer gemeinsamen Leiterplatte, anzuordnen, was den konstruktiven Aufwand und die Kosten zur Fertigung des Lichtmoduls deutlich erhöht. Außerdem wirkt sich das Zurücksetzen der Lichtquelle(n) für die Seitenausleuchtung ungünstig auf die Baulänge des Lichtmoduls aus.

**[0007]** Aus der US 2006/0120094 A1 ist ein Projektionssystem für eine Kraftfahrzeugbeleuchtungseinrichtung bekannt, bei dem eine Abblendlichtverteilung mit im Wesentlichen horizontaler Helldunkelgrenze durch eine Teil-Fernlichtverteilung, die einen Bereich oberhalb der Helldunkelgrenze ausleuchtet, ergänzt wird. Die resultierende Fernlichtverteilung

des Gesamtsystems wird durch eine Überlagerung der Abblendlichtverteilung und der Teil-Fernlichtverteilung erzeugt. Die Teil-Fernlichtverteilung wird mit Hilfe einer Lichtquelle und eines Hohlspiegels in einer Zwischenbildebene des Projektionssystems erzeugt. Mit einem Umlenkspiegel wird der Fernlichtstrahlengang dann durch die als Projektionslinse ausgebildete Sekundäroptik gelenkt und durch diese auf die Fahrbahn vor das Kraftfahrzeug projiziert.

**[0008]** Ausgehend von dem beschriebenen Stand der Technik liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Lichtmodul der eingangs genannten Art dahingehend auszugestalten und weiterzubilden, dass von einer oder mehreren Primäroptiken in der Zwischenbildebene eine zusätzliche Nebenlichtverteilung mit großer seitlicher Ausdehnung und dynamischem Leuchtdichteverlauf, insbesondere einem Leuchtdichteabfall zum äußeren Rand der resultierenden Gesamtlichtverteilung hin, und ferner eine, insbesondere im Bereich der Übergänge zwischen den Einzellichtverteilungen, möglichst homogen ausgeleuchtete resultierende Gesamtlichtverteilung des Lichtmoduls realisiert werden kann.

**[0009]** Zur Lösung dieser Aufgabe wird, ausgehend von dem Lichtmodul der eingangs genannten Art vorgeschlagen, dass mindestens eine der Lichtquellen zur Erzeugung von Licht zur Realisierung einer Hauptlichtverteilung und mindestens eine andere der Lichtquellen zur Erzeugung von Licht zur Realisierung einer Nebenlichtverteilung ausgestaltet ist und dass die mindestens eine der Lichtquelle zur Erzeugung des Lichts für die Nebenlichtverteilung zugeordnete Primäroptik mehrteilig ausgebildet ist, wobei mindestens eine erste der Teil-Primäroptiken neben der mindestens einen der Lichtquelle zur Erzeugung des Lichts für die Hauptlichtverteilung zugeordneten Primäroptik angeordnet ist.

**[0010]** Die resultierende Gesamtlichtverteilung des Lichtmoduls wird durch eine Überlagerung oder Ergänzung der Hauptlichtverteilung und der Nebenlichtverteilung erzeugt. Dabei projiziert die Sekundäroptik vorzugsweise Abbilder der mindestens einen Lichtquelle zur Erzeugung von Licht für die Nebenlichtverteilung auf die Fahrbahn vor das Fahrzeug, das mit dem Lichtmodul ausgestattet ist. Außerdem bildet die Sekundäroptik vorzugsweise Zwischenlichtverteilungen, die auf Lichtaustrittsflächen der Primäroptikenelemente erzeugt werden und keine Abbilder der Lichtquellen zur Erzeugung von Licht für die Hauptlichtverteilung sind, auf der Fahrbahn von dem Fahrzeug ab. Die Sekundäroptik bildet also die ausgeleuchtete Lichtaustrittsfläche auf der Fahrbahn ab. Das Licht für die Hauptlichtverteilung dient bspw. zur Ausleuchtung eines Zentrums der resultierenden Gesamtlichtverteilung. Am Beispiel einer Fernlichtverteilung könnte dieses Licht bspw. zur Erzeugung eines Fernlichtspots genutzt werden. Das Licht für die Nebenlichtverteilung dient bspw. für die Ausleuchtung mindestens eines seitlichen Bereichs der Gesamtlichtverteilung. Am Beispiel des Fernlichts könnte das Licht bspw. zur Ausleuchtung seitlicher Bereiche einer relativ breit streuenden Grundlichtverteilung genutzt werden. Beide Lichtverteilungen zusammen ergeben eine optimierte Gesamtlichtverteilung, bspw. in Form eines Fernlichts.

**[0011]** Bei dem Lichtmodul ist die der Lichtquelle zur Erzeugung des Lichts für die Nebenlichtverteilung zugeordnete Primäroptik derart ausgestaltet, dass sie in der Zwischenbildebene des Lichtmoduls ein Abbild der Lichtquelle erzeugt. Die der Lichtquelle zur Erzeugung des Lichts für die Hauptlichtverteilung zugeordnete Primäroptik ist derart ausgestaltet, dass sie in der Zwischenbildebene des Lichtmoduls kein Abbild der Lichtquelle, sondern lediglich eine ausgeleuchtete Lichtaustrittsfläche der Primäroptik erzeugt. Die Sekundäroptik projiziert die Abbilder der Lichtquelle für die Nebenlichtverteilung auf die Fahrbahn vor das Fahrzeug und bildet die ausgeleuchteten Lichtaustrittsflächen für die Hauptlichtverteilung auf der Fahrbahn vor dem Fahrzeug ab.

**[0012]** Auf diese Weise kann unabhängig von der Ausgestaltung der den Lichtquellen zur Erzeugung des Lichts für die Hauptlichtverteilung zugeordneten Primäroptiken eine zusätzliche Nebenlichtverteilung mit großer Ausdehnung und dynamischem Leuchtdichteverlauf, insbesondere einem Leuchtdichteabfall zum Rand der resultierenden Gesamtlichtverteilung hin, realisiert werden. Dabei schließt das Zwischenbild der Nebenlichtverteilung möglichst lückenlos an die durch die andere Primäroptik erzeugte Zwischenlichtverteilung der Hauptlichtverteilung an. Ferner ist die Primäroptik zur Realisierung der Nebenlichtverteilung so aufgebaut, dass die Lichtquelle für die Hauptlichtverteilung sowie die Lichtquelle für die Nebenlichtverteilung in einer Ebene, insbesondere auf einer gemeinsamen Leiterplatte, angeordnet werden können. Obwohl hier von einer Lichtquelle gesprochen wird, kann sowohl die Lichtquelle zur Erzeugung der Hauptlichtverteilung als auch die Lichtquelle zur Erzeugung der Nebenlichtverteilung mehrere Lichtemitter, bspw. mehrere Halbleiterlichtquellen, insbesondere LEDs aufweisen. Die Lichtemitter einer Lichtquelle können in mehreren Spalten und/oder Reihen matrixartig angeordnet sein und bilden gemeinsam ein Lichtquellenarray.

**[0013]** Besonders bevorzugt umfasst die Hauptlichtverteilung mehrere streifenförmige Teil-Lichtverteilungen mit im Wesentlichen vertikaler Längserstreckung. Besonders bevorzugt ist, wenn die streifenförmigen Teil-Lichtverteilungen der Hauptlichtverteilung gleichartig bzgl. Ausdehnung und Leuchtdichteverteilung ausgestaltet sind. Die Nebenlichtverteilung dient beispielsweise zur Ausleuchtung eines äußeren Randbereichs der Gesamtlichtverteilung des Lichtmoduls zur Verbesserung der Seitenausleuchtung. Insbesondere umfasst die Nebenlichtverteilung mindestens eine sich an eine zentrale Hauptlichtverteilung seitlich anschließende Seitenausleuchtung. Es ist denkbar eine oder mehrere Seitenausleuchtungsbereiche auf einer oder beiden Seiten der Hauptlichtverteilung vorzusehen. Die Seitenausleuchtung weist vorzugsweise keine streifenförmige Unterteilung auf und ist vorzugsweise breiter als ein einzelner Streifen der streifenförmigen Teil-Lichtverteilung. Ferner weist die Seitenausleuchtung vorzugsweise einen Leuchtdichteabfall zum äußeren Rand der Gesamtlichtverteilung hin auf.

**[0014]** Die Primäroptik für die Nebenlichtverteilung ist mehrteilig ausgebildet, wobei die Teil-Primäroptiken der Primäroptik beliebig ausgebildet sein können. Die Primäroptik umfasst beispielsweise einen Umlenkspiegel als erste Teil-

Primäroptik und einen Hohlspiegel als zweite Teil-Primäroptik. Das von der Lichtquelle für die Nebenlichtverteilung ausgesandte Licht trifft auf den Hohlspiegel, wird von diesem gebündelt und in Richtung auf den Umlenkspiegel gelenkt, wo ein Abbild der Lichtquelle generiert wird. Der Umlenkspiegel lenkt das Abbild auf die Sekundäroptik, die es auf die Fahrbahn vor das Kraftfahrzeug projiziert. Durch die mehrteilige Ausgestaltung der Primäroptik für die Nebenlichtverteilung ergeben sich vorteilhafterweise zusätzliche Freiheitsgrade bezüglich der Anordnung und Ausrichtung der Lichtquelle für die Nebenlichtverteilung sowie bezüglich der Anordnung und Ausgestaltung des durch die Primäroptik für die Nebenlichtverteilung in der Zwischenbildebene des Lichtmoduls erzeugten Lichtquellenabbilds. Dies wiederum erlaubt die Anordnung der Lichtquelle für die Nebenlichtverteilung in einer gemeinsamen Ebene, vorzugsweise auf einer gemeinsamen Leiterplatte, mit der mindestens einen Lichtquelle für die Hauptlichtverteilung. Außerdem kann mit einem relativ geringen Aufwand durch einfache Variation der optischen Eigenschaften der Teil-Primäroptiken eine gewünschte resultierende Gesamtlichtverteilung des Lichtmoduls, insbesondere eine gewünschte Nebenlichtverteilung mit großer horizontaler und/oder vertikaler Ausdehnung und dynamischem Leuchtdichteverlauf, besonderes bevorzugt mit einem Leuchtdichteabfall zum äußeren Rand hin, realisiert werden.

**[0015]** Durch die Anordnung eines ersten Teils der Primäroptik der Nebenlichtverteilung, beispielsweise des Umlenkspiegels, in unmittelbarer Nähe zu der Primäroptik für die Hauptlichtverteilung bzw. zu dem oder den durch diese erzeugten Zwischenlichtverteilungen, ist es möglich, dass das Zwischenbild der Nebenlichtverteilung möglichst lückenlos an die Zwischenlichtverteilungen auf den Lichtaustrittsflächen der Primäroptiken für die Hauptlichtverteilung anschließt und so insbesondere im Bereich der Übergänge zwischen den einzelnen Teil-Lichtverteilungen sowie zwischen den Haupt- und Nebenlichtverteilungen eine besonders homogen ausgeleuchtete resultierende Gesamtlichtverteilung des Lichtmoduls erzeugt werden kann. So sind in den Übergängen zwischen den Lichtverteilungen insbesondere keine dunklen Bereich, Schatten, Linien oder ähnliches angeordnet. Der erste Teil der Primäroptik, beispielsweise der Umlenkspiegel, ist vorzugsweise in der Petzvalfläche der Sekundäroptik angeordnet und schließt unmittelbar an Primäroptik für die Hauptlichtverteilung bzw. an deren Lichtaustrittsflächen an.

**[0016]** Der andere Teil der Primäroptik der Nebenlichtverteilung, beispielsweise der Hohlspiegel, ist zwischen der Sekundäroptik des Lichtmoduls und deren Petzvalfläche angeordnet. Der Hohlspiegel kann zumindest teilweise ein elliptisches Profil aufweisen.

**[0017]** Die Sekundäroptik ist vorzugsweise auf die Lichtaustrittsflächen der Primäroptiken bzw. auf einen Flächenschwerpunkt der Flächen fokussiert. Besonders bevorzugt ist die Sekundäroptik auf die Lichtaustrittsflächen der Primäroptiken, die der Lichtquelle für die Hauptlichtverteilung zugeordnet sind, bzw. auf deren Flächenschwerpunkt fokussiert. Die Primäroptik für die Hauptlichtverteilung ist vorzugsweise als ein Sammellinsenarray ausgebildet. Die Lichtaustrittsflächen der einzelnen Sammellinsen werden während des Betriebs des Lichtmoduls ausgeleuchtet, wobei auf den Austrittsflächen keine Lichtquellenabbilder generiert werden. Die ausgeleuchteten Flächen werden durch die Sekundäroptik auf der Fahrbahn abgebildet. Die von dem erfindungsgemäßen Lichtmodul erzeugte Gesamtlichtverteilung wird also zum einen durch Projektion von Lichtquellenabbildern (der Lichtquellen für die Nebenlichtverteilung) und zum anderen durch Abbilden von beleuchteten Lichtaustrittsflächen (der den Lichtquellen für die Hauptlichtverteilung zugeordneten Primäroptiken) erzeugt. Die Kombination dieser beiden Abbildungsarten bei der resultierenden Gesamtlichtverteilung ermöglicht eine insbesondere im Zentrum besonders homogen ausgeleuchtete Gesamtlichtverteilung, deren Seitenbereiche eine gewünschte breite Abmessung und einen gewünschten dynamischen Lichtstärkeverlauf aufweisen.

**[0018]** Das erfindungsgemäße Lichtmodul hat unter anderem die nachfolgenden Vorteile:

Der Hohlspiegel bietet umfangreiche Möglichkeiten der Strahlformung, bspw. durch die Form und Ausrichtung des Hohlspiegels, so dass der Leuchtdichteverlauf des Zwischenbildes (auf dem Umlenkspiegel) sehr weitgehend geformt werden kann, wodurch sich eine hohe Flexibilität bei der Ausgestaltung der Nebenlichtverteilung ergibt.

**[0019]** Außerdem bietet der Hohlspiegel große Freiheiten in Bezug auf die relative Position der Lichtquelle für die Nebenlichtverteilung und der daraus erzeugten Lichtverteilung (dem Zwischenbild). Dadurch ist es möglich, alle Lichtquellen des Lichtmoduls kostengünstig in einer gemeinsamen Ebene, insbesondere auf einer gemeinsamen Leiterplatte, anzuordnen und zu kontaktieren.

**[0020]** Der Umlenkspiegel begrenzt automatisch die Abmessungen der Nebenlichtverteilung. Wenn der Umlenkspiegel körperlich unmittelbar und lückenlos an die Primäroptik für die Hauptlichtverteilung bzw. an die Lichtaustrittsfläche dieser Primäroptik anschließt und wenn die gesamte Spiegelfläche des Umlenkspiegels ausgeleuchtet wird (und das gesamte reflektierte Licht anschließend auch durch die Sekundäroptik fällt), so schließen automatisch auch die von der Sekundäroptik entworfenen Lichtverteilungen für die Nebenlichtverteilung und die Hauptlichtverteilung unmittelbar und lückenlos aneinander an. Die Form, insbesondere die Abmessungen und der Verlauf des äußeren Umfangs der Umlenkfläche, definiert somit die Abmessungen und Form des abzubildenden Zwischenbildes und damit die Ausgestaltung der Nebenlichtverteilung bzw. eines Teils davon.

**[0021]** Das optische System zur Erzeugung des Zwischenbilds (Lichtquellenabbilds) für die Nebenlichtverteilung vergrößert die Baulänge des erfindungsgemäßen Lichtmoduls nicht.

**[0022]** Weitere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figuren näher erläutert. Dabei können die in den Figuren gezeigten und nachfolgend näher erläuterten Merkmale und Vorteile auch beliebig miteinander kombiniert werden, ohne dass dies ausdrücklich in den Figuren gezeigt oder in der nachfolgenden Beschreibung erläutert ist. Es zeigen:

- 5
- Figur 1 ein erfindungsgemäßes Lichtmodul gemäß einer ersten bevorzugten Ausführungsform;
- Figur 2 ein erfindungsgemäßes Lichtmodul gemäß einer zweiten bevorzugten Ausführungsform;
- 10 Figur 3 einen schematischen Strahlengang in dem Lichtmodul gemäß Figur 2 in einer Seitenansicht und in einer Draufsicht;
- Figur 4 ein Lichtquellenarray in Kombination mit einem Primäroptikarray zur Erzeugung einer Hauptlichtverteilung des erfindungsgemäßen Lichtmoduls gemäß einer ersten bevorzugten Ausführungsform;
- 15 Figur 5 ein Lichtquellenarray in Kombination mit einem Primäroptikarray zur Erzeugung einer Hauptlichtverteilung des erfindungsgemäßen Lichtmoduls gemäß einer zweiten bevorzugten Ausführungsform;
- Figur 6 ein Lichtquellenarray in Kombination mit einem Primäroptikarray zur Erzeugung einer Hauptlichtverteilung des erfindungsgemäßen Lichtmoduls gemäß einer dritten bevorzugten Ausführungsform;
- 20 Figur 7 ein Lichtquellenarray in Kombination mit einem Primäroptikarray zur Erzeugung einer Hauptlichtverteilung des erfindungsgemäßen Lichtmoduls gemäß einer vierten bevorzugten Ausführungsform;
- Figur 8 einen Strahlengang in einem erfindungsgemäßen Lichtmodul bei der Erzeugung einer Hauptlichtverteilung;
- Figur 9 eine durch das Lichtmodul aus Figur 8 erzeugte Hauptlichtverteilung auf einem in einem Abstand zu dem Lichtmodul angeordneten Messschirm;
- 25 Figur 10 einen Strahlengang in einem erfindungsgemäßen Lichtmodul bei der Erzeugung einer Nebenlichtverteilung;
- Figur 11 eine durch das Lichtmodul aus Figur 10 erzeugte Nebenlichtverteilung auf einem in einem Abstand zu dem Lichtmodul angeordneten Messschirm;
- 30 Figur 12 einen Strahlengang in einem erfindungsgemäßen Lichtmodul bei der Erzeugung einer resultierenden Gesamtlichtverteilung;
- Figur 13 die durch das Lichtmodul aus Figur 12 erzeugte resultierende Gesamtlichtverteilung auf einem in einem Abstand zu dem Lichtmodul angeordneten Messschirm;
- 40 Figur 14 einen Teil eines erfindungsgemäßen Lichtmoduls gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform einschließlich des Strahlengangs zur Erzeugung der Hauptlichtverteilung sowie der Nebenlichtverteilung;
- Figur 15 einen Teil eines erfindungsgemäßen Lichtmoduls gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform einschließlich des Strahlengangs zur Erzeugung der Hauptlichtverteilung sowie der Nebenlichtverteilung; und
- 45 Figur 16 einen Teil des erfindungsgemäßen Lichtmoduls aus Figur 1 einschließlich des Strahlengangs zur Erzeugung der Hauptlichtverteilung sowie der Nebenlichtverteilung.

50 **[0023]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Lichtmodul zum Einsatz in einer Kraftfahrzeugbeleuchtungseinrichtung, insbesondere in einem Kraftfahrzeugscheinwerfer. Das Lichtmodul kann aber auch in einer Kraftfahrzeugleuchte eingesetzt werden, bspw. einer Tagfahrleuchte, einer Nebelleuchte o.ä. Die Beleuchtungseinrichtung umfasst ein Gehäuse, das vorzugsweise aus Kunststoff gefertigt ist und in dem das Lichtmodul angeordnet ist. Das Lichtmodul kann fest oder beweglich, insbesondere um eine vertikale und/oder horizontale Schwenkachse verschwenkbar, in dem Gehäuse der Beleuchtungseinrichtung angeordnet sein. Das Gehäuse weist eine Lichtaustrittsöffnung auf, die durch eine transparente Abdeckscheibe verschlossen ist und durch die das von dem Lichtmodul erzeugte Licht austreten und auf die Fahrbahn vor das Kraftfahrzeug gelangen kann. Die Abdeckscheibe besteht vorzugsweise aus Kunststoff. Sie kann zumindest

55 bereichsweise mit optisch wirksamen Streuelementen versehen sein (sogenannte Streuscheibe) oder aber ohne solche

Streuelemente ausgebildet sein (sogenannte klare Scheibe). Die Ausgestaltung solcher Kraftfahrzeugbeleuchtungseinrichtungen ist aus dem Stand der Technik hinlänglich bekannt und wird deshalb in den Figuren nicht näher dargestellt und hier nicht näher erläutert.

**[0024]** In Figur 1 ist ein erfindungsgemäßes Lichtmodul gemäß einer bevorzugten Ausführungsform in seiner Gesamtheit mit dem Bezugszeichen 1 bezeichnet. Das Lichtmodul 1 umfasst mindestens zwei Lichtquellen zum Aussenden von Licht. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel umfasst das Lichtmodul 1 eine erste Lichtquelle 2, die Licht zur Realisierung einer Hauptlichtverteilung aussendet. Die Lichtquelle 2 umfasst in dem dargestellten Ausführungsbeispiel mehrere, nebeneinander angeordnete Halbleiterlichtquellen, insbesondere LEDs. Die nebeneinander angeordneten LEDs der Lichtquelle 2 werden auch als ein LED-Array bezeichnet. Es ist denkbar, dass die Lichtquelle 2 nicht nur eine Reihe von LEDs aufweist, sondern dass die LEDs der Lichtquelle 2 in mehreren Reihen und Spalten matrixartig angeordnet sind.

**[0025]** Ferner umfasst das Lichtmodul 1 in dem dargestellten Ausführungsbeispiel zwei Lichtquellen 3, 4, die Licht zur Realisierung einer Nebenlichtverteilung aussenden. Die Lichtquellen 3, 4 können eine oder mehrere Halbleiterlichtquellen, insbesondere LEDs aufweisen. Mehrere LEDs können in einer Reihe nebeneinander oder matrixartig nebeneinander und übereinander angeordnet sein. Selbstverständlich könnte das erfindungsgemäße Lichtmodul 1 auch nur eine der Lichtquellen 3, 4 oder mehr als die beiden dargestellten Lichtquellen 3, 4 aufweisen. Die Lichtquellen 2, 3, 4 des Lichtmoduls 1 sind auf einer Leiterplatte 5 angeordnet. Die Lichtquellen 2, 3, 4 sind zumindest mittelbar über die Leiterplatte 5 auf einem Kühlkörper 6 befestigt, der die während des Betriebs der Lichtquellen 2, 3, 4 entstehende Wärme abführt und an die Umgebung abgibt. Dadurch wird eine Überhitzung der LEDs der Lichtquellen 2, 3, 4 und ein ordnungsgemäßer Betrieb in einem vorgesehenen Temperaturfenster sichergestellt.

**[0026]** Den Lichtquellen 2, 3, 4 sind Primäroptiken 8; 15, 16; 17, 18 zugeordnet, die das von den Lichtquellen 2, 3, 4 ausgesandte Licht bündeln und auf eine Sekundäroptik 7 lenken, welche die Lichtbündel zur Realisierung der resultierenden Gesamtlichtverteilung des Lichtmoduls 1 auf die Fahrbahn vor das Kraftfahrzeug projiziert. Die Primäroptik 8 umfasst in diesem Ausführungsbeispiel ein Sammellinsenarray mit mehreren in einer Reihe nebeneinander angeordneten Sammellinsen. Selbstverständlich kann die Primäroptik 8 auch mehrere in mehreren Reihen und Spalten matrixartig angeordnete Primäroptikelemente, bspw. in Form von Sammellinsen, umfassen. Jeder der Sammellinsen ist mindestens eines der LEDs der Lichtquelle 2 zugeordnet. Die Sammellinsen bündeln das von den LEDs der Lichtquelle 2 ausgesandte Licht so dass eine Lichtaustrittsfläche 21 der Sammellinsen möglichst gleichmäßig und homogen ausgeleuchtet wird. Diese ausgeleuchteten Flächen (sog. Zwischenlichtverteilungen) werden von der Sekundäroptik 7 zur Erzeugung der Hauptlichtverteilung auf der Fahrbahn vor dem Fahrzeug abgebildet. Die Primäroptiken 15, 16 und 17, 18 erzeugen jeweils ein Abbild der Lichtquellen 3, 4, das von der nachgeschalteten Sekundäroptik 7 zur Erzeugung der Nebenlichtverteilung auf die Fahrbahn vor das Kraftfahrzeug projiziert wird.

**[0027]** Die Sekundäroptik 7 formt somit aus diesen Zwischenlichtverteilungen und Abbildern der Lichtquellen 3, 4 mehrere vorzugsweise lückenlos aneinanderschließende oder sogar leicht überlappende Teil-Lichtverteilungen, welche die resultierende Gesamtlichtverteilung des Lichtmoduls 1 bilden. Die Sekundäroptik 7 kann eine Sammellinse und/oder einen Reflektor umfassen. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Sekundäroptik 7 als eine Sammellinse ausgebildet, die in Figur 1 lediglich schematisch dargestellt ist. Die Sekundäroptik 7 ist vorzugsweise auf die Lichtaustrittsflächen 21 der Primäroptikelemente der Primäroptik 8 fokussiert bzw. auf einen Flächenschwerpunkt dieser Lichtaustrittsflächen 21.

**[0028]** In den Figuren 4 bis 7 sind verschiedene Möglichkeiten zur Ausgestaltung der Primäroptik 8 für die Hauptlichtverteilung dargestellt, wobei jeweils a) eine Ansicht von vorne, b) eine Draufsicht, c) eine perspektivische Ansicht und d) eine Seitenansicht der Projektionsoptik 8 zeigt.

**[0029]** In dem Ausführungsbeispiel aus Figur 4 ist eine Primäroptik 8 gezeigt, die mehrere nebeneinander angeordnete plankonvexe Sammellinsen umfasst, wie sie bspw. in dem Lichtmodul 1 der Figur 1 eingesetzt wird. Die Sekundäroptik 7 (in Figur 4 nicht dargestellt) fokussiert auf den Flächenschwerpunkt der Lichtaustrittsfläche 21 des Sammellinsenarrays 8. Die entsprechende Fokusebene der Projektionsoptik 7 ist mit dem Bezugszeichen 9 bezeichnet. Ein Brennpunkt der Projektionsoptik 7 (im Schnittpunkt zwischen den Linien AA und BB) ist mit dem Bezugszeichen 10 bezeichnet. Der Abstand zwischen den Mittelpunkten zweier benachbarter LEDs der Lichtquelle 2 bzw. zwischen den optischen Achsen zweier benachbarter Sammellinsen der Primäroptik 8 sind als Teilung T bezeichnet. Durch die Sammellinsen der Primäroptik 8 wird das von den LEDs der Lichtquelle 2 in einem 180°-Halbraum ausgesandte Licht zu einem Lichtbündel 11 gebündelt. Die Hauptabstrahlrichtung der LEDs, die in dem dargestellten Ausführungsbeispiel mit der optischen Achse der Sammellinsen übereinstimmt, ist mit dem Bezugszeichen 12 bezeichnet. Das Licht wird durch die Sammellinsen so gebündelt, dass eine besonders homogene Ausleuchtung der Lichtaustrittsflächen 21 der Sammellinsen erreicht wird.

**[0030]** Figur 5 zeigt eine Primäroptik 8, die mehrere nebeneinander angeordnete Reflektoren aufweist. Die Reflektoren haben in dem dargestellten Ausführungsbeispiel quadratische Querschnitte (vergl. die Draufsicht in Figur 5b). Die Lichtaustrittsflächen 21 der einzelnen Reflektoren reihen sich vorzugsweise lückenlos aneinander und begrenzen die leuchtende Fläche mit scharfen, geraden Kanten. Jedem Reflektor der Primäroptik 8 ist mindestens eine LED der

Lichtquelle 2 zugeordnet. Es ist möglich, dass zwischen dem Reflektorarray und den LEDs ein (durchbrochenes) Wärmeschutzblech 13 angeordnet ist, das die Rückseite der Reflektoren vor Strahlung schützt. Auch bei diesem Ausführungsbeispiel stimmt vorzugsweise die Hauptabstrahlrichtung der LEDs überein mit der optischen Achse der Reflektoren der Primäroptik 8. Im Übrigen gelten auch für dieses Ausführungsbeispiel die bezüglich Figur 4 gemachten Ausführungen.

5 **[0031]** Bei dem Ausführungsbeispiel aus Figur 6 umfasst die Primäroptik 8 für die Hauptlichtverteilung mehrere nebeneinander angeordnete Lichtleiter. Diese haben in ihrem Längsschnitt (umfassend die Hauptabstrahlrichtung der LEDs; vgl. Figur 6a) eine konische Form mit von der Lichteintrittsseite (den LEDs zugewandt) zu der Lichtaustrittsseite (von den LEDs abgewandt) hin zunehmender Querschnittsfläche auf. Vorzugsweise haben die Lichtleiter einen quadratischen Querschnitt (quer zur Hauptabstrahlrichtung der LEDs; vgl. Figur 6b). Die Lichtaustrittsflächen 21 der einzelnen Lichtleiter reihen sich vorzugsweise lückenlos aneinander und begrenzen die leuchtende Fläche mit scharfen, geraden Kanten. Jedem Lichtleiter der Primäroptik 8 ist mindestens eine der LEDs der Lichtquelle 2 zugeordnet. Im Übrigen gelten auch für diese Ausführungsform die bereits bezüglich der Figur 4 gemachten Ausführungen.

10 **[0032]** Bei dem Ausführungsbeispiel aus Figur 7 umfasst die Primäroptik 8 mehrere nebeneinander angeordnete Lichtleiterscheiben. Die Lichtaustrittsflächen 21 der Lichtleiterscheiben folgen dem Verlauf einer Petzvalfläche 14 der Projektionsoptik 7. Mit der Teilung T ist in Figur 7a der Abstand der Längsachsen der Lichtaustrittsflächen 21 zweier benachbarter Lichtleiterscheiben der Primäroptik 8 bezeichnet. Bei dieser Ausführungsform wird das von den LEDs der Lichtquelle 2 ausgesandte Licht nicht nur gebündelt, sondern auch über eine in einem vertikalen Schnitt konvex gebogene Reflexionsfläche 21' umgelenkt (vergl. Figuren 7c und 7d).

15 **[0033]** Aus den Figuren 4 bis 7 und der dazugehörigen Beschreibung wird klar, dass immer die Lichtaustrittsflächen 21 der Einzelelemente des Primäroptikarrays 8 in der Fokusebene 9 bzw. auf der Petzvalfläche 14 der Projektionsoptik 7 angeordnet sein sollten. Das heißt, die Sekundäroptik 7 ist vorzugsweise auf die Lichtaustrittsflächen 21 der Primäroptik 8 bzw. deren Flächenschwerpunkt fokussiert.

20 **[0034]** Zurückkommend auf Figur 1 weist das dort gezeigte Lichtmodul 1 neben der Lichtquelle 2 und der dieser zugeordneten Primäroptik 8 zur Erzeugung der Hauptlichtverteilung auch weitere Primäroptiken auf, die den Lichtquellen 3, 4 zur Erzeugung der Nebenlichtverteilung zugeordnet sind. Dabei ist vorgesehen, dass die den Lichtquellen 3, 4 zugeordneten Primäroptiken mehrteilig, in dem dargestellten Ausführungsbeispiel jeweils zweiteilig, ausgebildet sind. So sind der Lichtquelle 3 für die Nebenlichtverteilung beispielsweise eine erste Teil-Primäroptik 15 sowie eine zweite Teil-Primäroptik 16 zugeordnet. Ebenso sind der anderen Lichtquelle 4 für die Nebenlichtverteilung eine erste Teil-Primäroptik 17 und eine zweite Teil-Primäroptik 18 zugeordnet. Die beiden Teil-Primäroptiken 15, 16 bzw. 17, 18 sind zwar beabstandet zueinander angeordnet, erfüllen aber gemeinsam die Funktion einer herkömmlichen Primäroptik eines als Projektionssystem ausgebildeten Lichtmoduls 1.

25 **[0035]** In dem in Figur 1 gezeigten Ausführungsbeispiel ist die der Lichtquelle 3 zugeordnete erste Teil-Primäroptik 15 als ein Umlenkspiegel ausgebildet und die zweite Teil-Primäroptik 16 als ein Hohlspiegel. Entsprechendes gilt auch für die der Lichtquelle 4 zugeordneten Teil-Primäroptiken 16, 18, wobei die erste Teil-Primäroptik 17 als ein Umlenkspiegel und die zweite Teil-Primäroptik 18 als ein Hohlspiegel ausgebildet ist. Die ersten Teil-Primäroptiken 15, 17 sind seitlich neben der Lichtquelle 2 zur Erzeugung der Hauptlichtverteilung bzw. neben der dieser zugeordneten Primäroptik 8 bzw. den Lichtaustrittsflächen 21 der Primäroptikenelemente angeordnet. Vorzugsweise grenzen die ersten Teil-Primäroptiken 15, 17 unmittelbar und lückenlos an die Primäroptik 8 bzw. an deren äußere Lichtaustrittsflächen 21 an. Dadurch ist es auf relativ einfache Weise möglich, eine besonders homogen ausgeleuchtete resultierende Gesamtlichtverteilung des Lichtmoduls 1 zu realisieren, da die Abbilder der Lichtquellen 3, 4 auf den Umlenkspiegeln 15, 17 sowie die ausgeleuchteten Lichtaustrittsflächen 21 der Einzelelemente der Primäroptik 8 dicht nebeneinander, vorzugsweise sogar lückenlos aneinander grenzend angeordnet sind, so dass die beleuchteten Lichtaustrittsflächen 21 des Primäroptikarrays 8 bzw. die Lichtquellenabbilder auf den Spiegelflächen der Umlenkspiegel 15, 17 durch die Sekundäroptik 7 zu der, insbesondere im Bereich der Übergänge zwischen den Teil-Lichtverteilungen, homogen ausgeleuchteten Gesamtlichtverteilung auf die Fahrbahn vor das Kraftfahrzeug projiziert werden.

30 **[0036]** Bei dem in Figur 1 gezeigten Ausführungsbeispiel sind alle Lichtquellen 2, 3, 4 in einer gemeinsamen Ebene, vorzugsweise sogar auf der gleichen Leiterplatte 5, angeordnet und kontaktiert. Dadurch ist eine besonders einfache und kostengünstige Montage und Kontaktierung der Lichtquellen 2, 3, 4 möglich. Ferner strahlen die Lichtquellen 2, 3, 4 alle Licht im Wesentlichen in die gleiche Richtung, das heißt in etwa in Richtung der Sekundäroptik 7, ab. Mit anderen Worten verlaufen die Hauptabstrahlrichtungen der einzelnen Lichtquellen 2, 3, 4 bzw. der einzelnen Lichtquellenelemente (LEDs) der Lichtquelle 2 im Wesentlichen parallel zueinander.

35 **[0037]** Mit der vorliegenden Erfindung ist es möglich, eine besonders homogen ausgeleuchtete resultierende Gesamtlichtverteilung des Lichtmoduls 1 zu erzeugen, da die das reelle Zwischenbild bildenden Flächen (die Spiegelflächen der Umlenkspiegel 15, 17) und die ausgeleuchteten Lichtaustrittsflächen 21 der Primäroptikenelemente der Primäroptik 8 dicht nebeneinander, vorzugsweise sogar unmittelbar aneinander grenzend angeordnet sind. Dadurch können sie von der Sekundäroptik 7 als einheitliche homogen ausgeleuchtete resultierende Gesamtlichtverteilung auf die Fahrbahn vor das Kraftfahrzeug projiziert werden. "Homogen ausgeleuchtet" bedeutet in diesem Zusammenhang insbesondere, dass die resultierende Gesamtlichtverteilung des Lichtmoduls 1, insbesondere im Bereich der Übergänge zwischen den durch

die Sekundäroptik 7 auf die Fahrbahn projizierten einzelnen Teil-Lichtverteilungen, keine unerwünschten dunklen Bereiche, Schatten oder dunkle Linien aufweist. Eine Variation der Beleuchtungsstärkeverteilung innerhalb der resultierenden Gesamtlichtverteilung ist jedoch möglich. Insbesondere ist es denkbar, dass die Lichtstärkeverteilung der Nebenlichtverteilung zum äußeren Rand der Gesamtlichtverteilung hin abnimmt. Wichtig ist jedoch, dass zwischen den

einzelnen, durch die Sekundäroptik 7 abgebildeten Teil-Lichtverteilungen, welche die resultierende Gesamtlichtverteilung bilden, keine unerwünschten dunklen Bereiche, Schatten oder dunkle Linien vorhanden sind.

**[0038]** Zudem bietet das erfindungsgemäße Lichtmodul 1 durch die mehrteilige Ausgestaltung der Primäroptiken 15, 16, bzw. 17, 18 eine besonders hohe Flexibilität und Variabilität bezüglich der möglichen Anordnung und Ausrichtung der Lichtquellen 3, 4 relativ zu der Lichtquelle 2 und bezüglich der Lichtstärkeverteilungen auf den Spiegelflächen der Umlenkspiegel 15, 17, das heißt auf den durch die Sekundäroptik 7 abgebildeten Flächen der Primäroptiken 15, 16 bzw. 17, 18 im Zwischenbild. Dadurch ist es möglich, sämtliche Lichtquellen 2, 3, 4 des Lichtmoduls 1 in einer Ebene, insbesondere auf einer gemeinsamen Leiterplatte 5, anzuordnen. Ferner erlaubt dies eine besonders flexible Ausgestaltung der Lichtstärkenverteilung der Nebenlichtverteilung und damit der resultierenden Gesamtlichtverteilung.

**[0039]** Die verschiedenen Strahlengänge des Lichtmoduls 1 aus Figur 1 sind in den Figuren 8, 10 und 12 dargestellt. Die entsprechenden Lichtverteilungen auf einem Messschirm sind in den Figuren 9, 11 und 13 dargestellt. Der Messschirm ist in einer definierten Entfernung von dem Lichtmodul 1 angeordnet. Die optische Achse des Lichtmoduls 1 verläuft vorzugsweise durch den Mittelpunkt des Messschirms durch den Punkt HV bei 0° horizontal und 0° vertikal.

**[0040]** Figur 8 zeigt den Strahlengang, wenn lediglich die LEDs der Lichtquelle 2 aktiviert sind, wobei in Figur 8 der Sonderfall gezeigt ist, bei dem zwei mittig angeordnete LEDs der Lichtquelle 2 deaktiviert sind. Die beiden deaktivierten LEDs sind in Figur 8 mit dem Bezugszeichen 19 bezeichnet. Der von den beiden deaktivierten LEDs 19 normalerweise, das heißt, im aktivierten Zustand, ausgeleuchtete Bereich der resultierenden Lichtverteilung ist in Figur 9 mit dem Bezugszeichen 20 bezeichnet. Die beiden deaktivierten LEDs 19 der Lichtquelle 2 führen zu einem nicht ausgeleuchteten Bereich 20 in der Mitte der Lichtverteilung bei etwa 0° horizontal mit einer Breite von etwa 2° horizontal. Der nicht ausgeleuchtete Bereich 20 im Zentrum der resultierenden Lichtverteilung erstreckt sich in horizontaler Richtung also in etwa von -1° bis +1°. Die Höhe des nicht ausgeleuchteten Bereichs 20 erstreckt sich über die gesamte Höhe der resultierenden Lichtverteilung. Dadurch können bspw. bei einem Matrix-Fernlichtmodul gezielt einzelne LEDs der Lichtquelle 2 deaktiviert werden, um einen Bereich vor dem Kraftfahrzeug, wo sich vorausfahrende und/oder entgegenkommende Verkehrsteilnehmer befinden, aus der resultierenden Lichtverteilung auszublenden. Den variierenden horizontalen Positionen der anderen Verkehrsteilnehmer (bspw. durch Vorbeifahren oder Passieren des Kraftfahrzeugs) und damit des von der resultierenden Lichtverteilung ausgesparten Bereichs 20 kann dadurch Rechnung getragen werden, dass gezielt diejenigen LEDs 19 deaktiviert werden, die für die Erzeugung des Lichts für den auszusparenden Bereich 20 an der entsprechenden Position verantwortlich sind. Alternativ wäre es auch denkbar, stets die gleichen LEDs 19 zu deaktivieren und das gesamte Lichtmodul 1 oder lediglich Teile davon in horizontaler Richtung relativ zu einem Gehäuse der Beleuchtungseinrichtung zu bewegen, bspw. um eine vertikale Achse zu verschwenken, um den nicht ausgeleuchteten Bereich 20 der resultierenden Lichtverteilung in Deckung mit den anderen Verkehrsteilnehmern zu bringen, die aus der resultierenden Gesamtlichtverteilung ausgeblendet werden sollen.

**[0041]** In Figur 10 ist der Strahlengang des Lichtmoduls 1 gezeigt, wobei lediglich die Lichtquelle 4 zur Erzeugung eines Teils der Nebenlichtverteilung aktiviert ist. Die Nebenlichtverteilung der Lichtquelle 4 ist eine Seitenausleuchtung rechts neben der Hauptlichtverteilung gemäß Figur 9. Die resultierende Lichtverteilung der Seitenausleuchtung rechts ist in Figur 11 gezeigt. In entsprechender Weise würde eine Aktivierung der anderen Lichtquelle 3 zur Erzeugung eines anderen Teils der Nebenlichtverteilung in Form einer Seitenausleuchtung links bewirken. Es ist denkbar, beide Lichtquellen 3, 4 gleichzeitig zu aktivieren.

**[0042]** Die Form und Ausgestaltung, insbesondere die Lichtstärkeverteilung, der resultierenden Seitenausleuchtung (vgl. Figur 11) kann auf einfache und effektive Weise dadurch geändert werden, dass die Form und/oder Ausrichtung des Hohlspiegels 18 und/oder des Umlenkspiegels 17 verändert wird. Es ist sogar denkbar, die Form und/oder Ausrichtung des Hohlspiegels 18 und/oder des Umlenkspiegels 17 während des Betriebs des Lichtmoduls 1 zu variieren, um so die Ausgestaltung und die Form der resultierenden Seitenausleuchtung während des Betriebs der Beleuchtungseinrichtung adaptiv verändern zu können. Dadurch wäre es beispielsweise möglich, auf aktuelle Verkehrs- oder Umgebungsbedingungen zu reagieren und die seitlichen Randbereiche der resultierenden Gesamtlichtverteilung situationsabhängig mehr oder weniger stark auszuleuchten.

**[0043]** In Figur 12 ist der Strahlengang des erfindungsgemäßen Lichtmoduls 1 aus Figur 1 gezeigt, wobei sämtliche Lichtquellen 2, 3, 4 aktiviert sind, also auch die beiden in Figur 8 und 9 noch deaktivierten LEDs 19 sowie die Lichtquelle 3. Dabei ergibt sich eine besonders homogen ausgeleuchtete resultierende Gesamtlichtverteilung des Lichtmoduls 1, die in Figur 13 dargestellt ist. Die dargestellte Gesamtlichtverteilung ist beispielsweise ein Fernlicht, (wenn die Lichtverteilung so weit abgesenkt würde, dass die obere Helldunkelgrenze unterhalb der Horizontalen bei etwa -1° vertikal verlaufen würde) ein Nebellicht oder (bei gegenüber einem Fernlicht verminderter Intensität) ein Tagfahrlicht.

**[0044]** In Figur 2 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Lichtmoduls 1 dargestellt. Im Unterschied zu dem Lichtmodul 1 aus Figur 1 ist dabei lediglich eine Lichtquelle 4 zur Erzeugung einer Nebenlichtverteilung

und dementsprechend auch nur eine der Lichtquelle 4 zugeordnete Primäroptik 17, 18 vorgesehen. Außerdem ist die Sekundäroptik 7 als ein facetiertes Paraboloid ausgebildet. Die einzelnen Facetten des derart ausgestalteten Reflektors 7 weisen vorzugsweise unterschiedliche Brennweiten und näherungsweise gleiche Schnittweiten zum Brennpunkt 10 (vgl. Figuren 4b, 5b, 6b) auf.

**[0045]** Figur 3 zeigt einen Strahlengang in dem Lichtmodul 1 aus Figur 2, wobei Figur 3a den vertikalen Strahlverlauf und Figur 3b den horizontalen Strahlverlauf zeigt. Es ist deutlich zu erkennen, dass der Hohlspiegel 18 beim vertikalen Strahlverlauf den LED-Chip der Lichtquelle 4 mit einer Kantenlänge  $t$  mindestens auf die Höhe  $H$  der Spiegelfläche des Umlenkspiegels 17 vergrößert. Der Abbildungsmaßstab  $M$  ergibt sich ungefähr aus dem Verhältnis der Strecken  $S2/S1$ . Der Hohlspiegel 18 konzentriert im horizontalen Strahlverlauf das Licht für die Nebenlichtverteilung auf den Umlenkspiegel 17 unmittelbar neben dem benachbarten Primäroptikarray 8 für die Hauptlichtverteilung. Auf der Spiegelfläche des Umlenkspiegels 17 ergibt sich ein Abbild der Lichtquelle 4. Der Umlenkspiegel 17 lenkt das einfallende Licht auf die Sekundäroptik 7, die das Lichtquellenabbild zur Erzeugung der Nebenlichtverteilung auf die Fahrbahn projiziert.

**[0046]** Figur 14 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Lichtmoduls 1, wobei auf die Darstellung der Sekundäroptik 7 verzichtet wurde. Die Primäroptik 8 für die Hauptlichtverteilung umfasst ein Array aus konischen Lichtleitern, deren Lichtaustrittsflächen 21 von den LEDs der Lichtquelle 2 für die Hauptlichtverteilung (vergl. Figur 9) gleichmäßig ausgeleuchtet werden. Die Zwischenlichtverteilungen auf den Lichtaustrittsflächen 21 des Lichtleiterarrays 8 und die Lichtquellenabbilder auf den Spiegelflächen der Umlenkspiegel 15, 17 liegen näherungsweise in der schalenförmig ausgebildeten Petzvalfläche 14, der sog. Petzvalschale, der Sekundäroptik 7.

**[0047]** Bei dem Ausführungsbeispiel aus Figur 15 umfasst die Primäroptik 8 für die Hauptlichtverteilung ein Array aus konischen Reflektoren, welche die Zwischenlichtverteilungen (ausgeleuchtete Lichtaustrittsflächen 21) für die Hauptlichtverteilung erzeugen. Die Lichtaustrittsflächen 21 des Reflektorarrays 8 (d.h. die in Lichtaustrittsrichtung befindlichen vorderen Öffnungen der Einzel-Reflektoren) und die Spiegelflächen der Umlenkspiegel 15, 17 liegen näherungsweise in der Petzvalschale 14 der Sekundäroptik 7.

**[0048]** Bei dem Ausführungsbeispiel aus Figur 16 umfasst die Primäroptik 8 für die Hauptlichtverteilung ein Array aus Sammellinsen, welche die Zwischenlichtverteilungen für die Hauptlichtverteilung erzeugen. Die Lichtaustrittsflächen 21 des Linsenarrays 8 und die Spiegelflächen der Umlenkspiegel 15, 17 liegen näherungsweise in einer schalenförmigen Petzvalfläche 14 der Sekundäroptik 7.

**[0049]** Als Petzvalfläche 14 wird eine Fläche bezeichnet, deren Punkte von der Sekundäroptik 7 möglichst gleich und in gewünschter Weise auf eine in Fahrtrichtung bzw. Abstrahlrichtung weit entfernte Bildfläche abgebildet werden. Dabei können diese Objektpunkte statt als Punkte in gleicher Weise auch als Linien oder Rechtecke oder ähnliches abgebildet werden. Insbesondere entwerfen infinitesimal kleine Zonen der Sekundäroptik 7 in einer weit vor dem Lichtmodul 1 bzw. dem Kraftfahrzeug gelegenen Bildfläche überwiegend gleich große und gleich orientierte Bilder der Zwischenlichtverteilungen, die sich in der objektseitigen Petzvalfläche 14 der Sekundäroptik 7 befinden. Die einzelnen Zwischenlichtverteilungen können im Winkelraum gegeneinander verschoben sein (zum Beispiel Verwischen der Lichtverteilung in vertikaler und/oder horizontaler Richtung), insbesondere in vertikaler Richtung. Damit können beispielsweise aus quadratischen Zwischenlichtverteilungen mit gleichmäßiger Leuchtdichte streifenförmige, sich vertikal erstreckende Teillichtverteilungen erzeugt werden, die weich nach oben und unten hin auslaufen. Dabei weisen die optischen Flächen der Sekundäroptik 7 (Sammellinse oder Paraboloid) vorzugsweise in ihren Vertikalschnitten andere Brechkräfte bzw. Krümmungen auf als in ihren Horizontalschnitten.

**[0050]** Lichtstrahlen, die aus dem Hohlspiegel 16; 18 kommend den Umlenkspiegel 15; 17 verfehlen, treten nicht durch die Sekundäroptik 7 und sind somit auch nicht Teil der resultierenden Gesamtlichtverteilung vor dem Kraftfahrzeug. Der Umlenkspiegel 15; 17 begrenzt also die Nebenlichtverteilung an den Rändern. Damit ist es möglich, mit dem Hohlspiegel 16; 18 zunächst eine größere Lichtverteilung als Zwischenbild zu erzeugen und diese dann durch die Ränder des Umlenkspiegels 15; 17 zu begrenzen. Auf diese Weise können Lagetoleranzen im optischen System kompensiert werden, so dass sichergestellt ist, dass die Nebenlichtverteilung immer lückenlos an die Hauptlichtverteilung anschließt.

**[0051]** Die Abmessungen des Umlenkspiegels 15; 17 sind vorzugsweise derart gewählt, dass die Lichtquelle 3; 4 für die Nebenlichtverteilung durch den Hohlspiegel 16; 18 und den Umlenkspiegel 15; 17 mindestens auf ein Lichtquellenabbild der Größe der Lichtaustrittsfläche 21 der benachbarten Primäroptik 8 vergrößert wird. Zum Ausgleich von Fertigungs- und Montagetoleranzen ist es empfehlenswert, den Abbildungsmaßstab sogar etwas größer zu wählen.

**[0052]** Wenn die Primäroptik 8 für die Hauptlichtverteilung eine Höhe  $H$  und ein quadratischer LED-Chip der Lichtquelle 3; 4 für die Nebenlichtverteilung eine Seitenlänge  $t$  aufweist, kann der Abbildungsmaßstab des Hohlspiegels 16; 18 beispielsweise zu  $M = H / t$  oder größer gewählt werden. Insbesondere gilt bezugnehmend auf Figur 3 und die dazu gehörige Beschreibung folgende Beziehung:

$$M = 1 \dots 1,5 \times H / t = 1 \dots 1,5 \times S2 / S1$$

**[0053]** Die Strecke S1 beginnt im Mittelpunkt der Lichtquelle 3; 4 für die Nebenlichtverteilung und propagiert in Richtung der Hauptabstrahlrichtung der Lichtquelle 3; 4, bei einer LED insbesondere lotrecht auf dem LED-Chip. Die Strecke S1 endet mit dem Auftreffen auf die Reflexionsfläche des Hohlspiegels 16; 18. An diesem Punkt beginnt die Strecke S2 und erstreckt sich in Richtung des Umlenkspiegels 15; 17, vorzugsweise auf den Mittelpunkt des Umlenkspiegels.

**[0054]** Es ist vorteilhaft, den Umlenkspiegel 15; 17 für die Nebenlichtverteilung bzw. dessen Spiegelfläche einerseits und das Primäroptikarray 8 für die Hauptlichtverteilung bzw. dessen Lichtaustrittsflächen 21 andererseits möglichst präzise und unmittelbar nebeneinander zu positionieren, damit auch die Zwischenlichtverteilungen bzw. die Lichtquellenabbilder von Haupt- und Nebenlichtverteilung nach der Projektion durch die Sekundäroptik 7 in der resultierenden Gesamtlichtverteilung möglichst lückenlos aneinander anschließen. Dies kann beispielsweise dadurch erreicht werden, dass beide Elemente (Umlenkspiegel 15; 17 und Primäroptik 8) einstückig ausgebildet sind.

## Patentansprüche

1. Lichtmodul (1) einer Kraftfahrzeugbeleuchtungseinrichtung, das Lichtmodul (1) umfassend mindestens zwei Lichtquellen (2, 3, 4) zum Aussenden von Licht und mindestens zwei den Lichtquellen zugeordnete Primäroptiken (8; 15, 16; 17, 18) zum Bündeln zumindest eines Teils des ausgesandten Lichts, wobei jeweils mindestens eine Lichtquelle (2, 3, 4) einer der Primäroptiken (8; 15, 16; 17, 18) zugeordnet ist, und ferner umfassend eine gemeinsame Sekundäroptik (7) zur Formung von mehreren aneinander anschließenden oder leicht überlappenden Lichtverteilungen aus den von zumindest einigen der Primäroptiken (8; 15, 16; 17, 18) erzeugten Lichtbündeln, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens eine der Lichtquellen (2) zur Erzeugung von Licht zur Realisierung einer Hauptlichtverteilung und mindestens eine andere der Lichtquellen (3; 4) zur Erzeugung von Licht zur Realisierung einer Nebenlichtverteilung ausgestaltet ist, wobei die Hauptlichtverteilung zur Ausleuchtung eines Zentrums einer resultierenden Gesamtlichtverteilung des Lichtmoduls (1) und die Nebenlichtverteilung zur Ausleuchtung mindestens eines seitlichen Bereichs neben der Gesamtlichtverteilung dient, und dass die mindestens eine der Lichtquelle (3; 4) zur Erzeugung des Lichts für die Nebenlichtverteilung zugeordnete Primäroptik (15, 16; 17, 18) mehrteilig ausgebildet ist, wobei mindestens eine erste der Teil-Primäroptiken (15; 17) neben der mindestens einen der Lichtquelle (2) zur Erzeugung des Lichts für die Hauptlichtverteilung zugeordneten Primäroptik (8) angeordnet ist.
2. Lichtmodul(1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Primäroptiken (8; 15, 16; 17, 18) derart ausgebildet und angeordnet sind, dass von den Primäroptiken (8; 15, 16; 17, 18) auf deren Lichtaustrittsflächen (21; 15, 17) erzeugte Zwischenlichtverteilungen, die von der Sekundäroptik (7) zur Erzeugung einer resultierenden Gesamtlichtverteilung des Lichtmoduls (1) vor das Kraftfahrzeug projiziert werden, nebeneinander liegen.
3. Lichtmodul (1) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zwischenlichtverteilungen lückenlos aneinander grenzen.
4. Lichtmodul (1) nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zwischenlichtverteilungen zumindest teilweise in einer Fokusebene (9) der Sekundäroptik (7) liegen.
5. Lichtmodul (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zwischenlichtverteilungen zumindest teilweise in einer Petzvalfläche (14) der Sekundäroptik (7) liegen.
6. Lichtmodul (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens eine andere der Teil-Primäroptiken (16; 18) in der Nähe der mindestens einen Lichtquelle (3; 4) zur Erzeugung der Nebenlichtverteilung angeordnet ist und derart ausgestaltet ist, dass sie das von dieser Lichtquelle (3; 4) ausgesandte Licht auf die mindestens eine erste der Teil-Primäroptiken (15; 17) umlenkt.
7. Lichtmodul(1) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens eine andere der Teil-Primäroptiken (16; 18) als ein Hohlspiegel ausgebildet ist.
8. Lichtmodul (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens eine erste der Teil-Primäroptiken (15; 17) als ein Umlenkspiegel ausgebildet und derart ausgestaltet ist, dass sie das von der mindestens einen anderen der Teil-Primäroptiken (16; 18) umgelenkte Licht in Richtung der Sekundäroptik (7) umlenkt.
9. Lichtmodul (1) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Form und/oder die Ausrichtung des Umlenkspiegels (15; 17) während des Betriebs des Lichtmoduls (1) variierbar ist.

## EP 2 789 901 A2

10. Lichtmodul (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Lichtquellen (2, 3, 4) alle in einer Ebene, insbesondere auf einer gemeinsamen Leiterplatte (5), angeordnet sind.

5 11. Lichtmodul (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens eine erste der Teil-Primäroptiken (15; 17) unmittelbar und lückenlos an die mindestens eine der Lichtquelle (2) zur Erzeugung des Lichts für die Hauptlichtverteilung zugeordnete Primäroptik (8) anschließt.

10 12. Lichtmodul (1) nach einem der Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens eine andere der Teil-Primäroptiken (16; 18) derart ausgestaltet und in dem Lichtmodul (1) angeordnet ist, dass das von der mindestens einen anderen der Teil-Primäroptiken (16; 18) auf den Umlenkspiegel (15; 17) umgelenkte Licht die gesamte reflektierende Fläche des Umlenkspiegels (15; 17) ausleuchtet.

15 13. Lichtmodul (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf zwei gegenüberliegenden Seiten neben der mindestens einen der Lichtquelle (2) zur Erzeugung des Lichts für die Hauptlichtverteilung zugeordneten Primäroptik (8) jeweils mindestens eine erste der Teil-Primäroptiken (15; 17) angeordnet ist.

14. Kraftfahrzeugbeleuchtungseinrichtung mit einem Lichtmodul (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche.

20

25

30

35

40

45

50

55

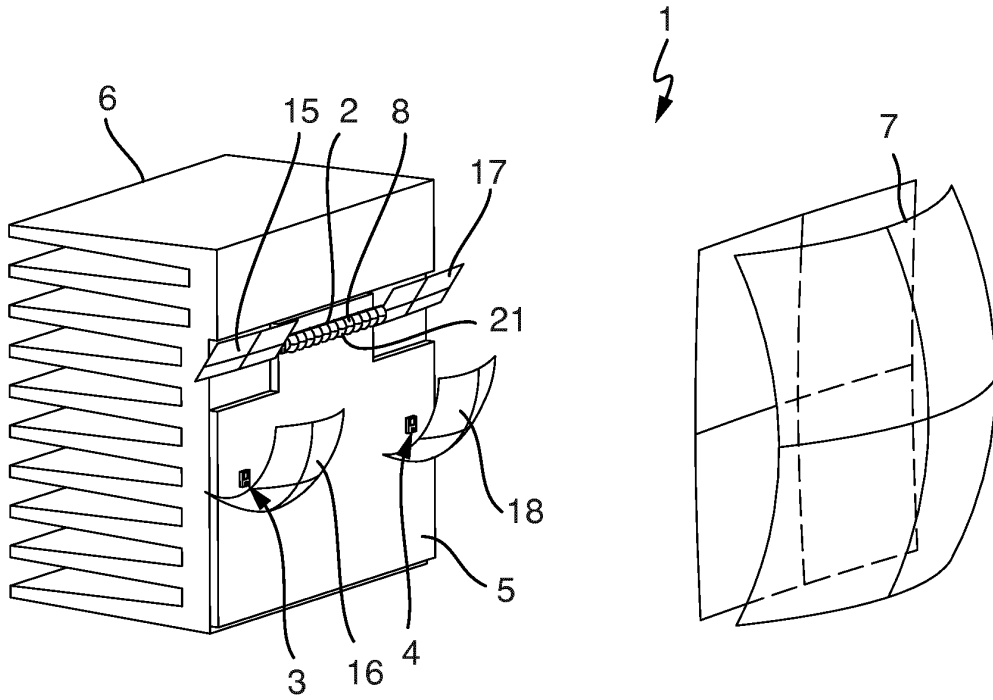


Fig. 1

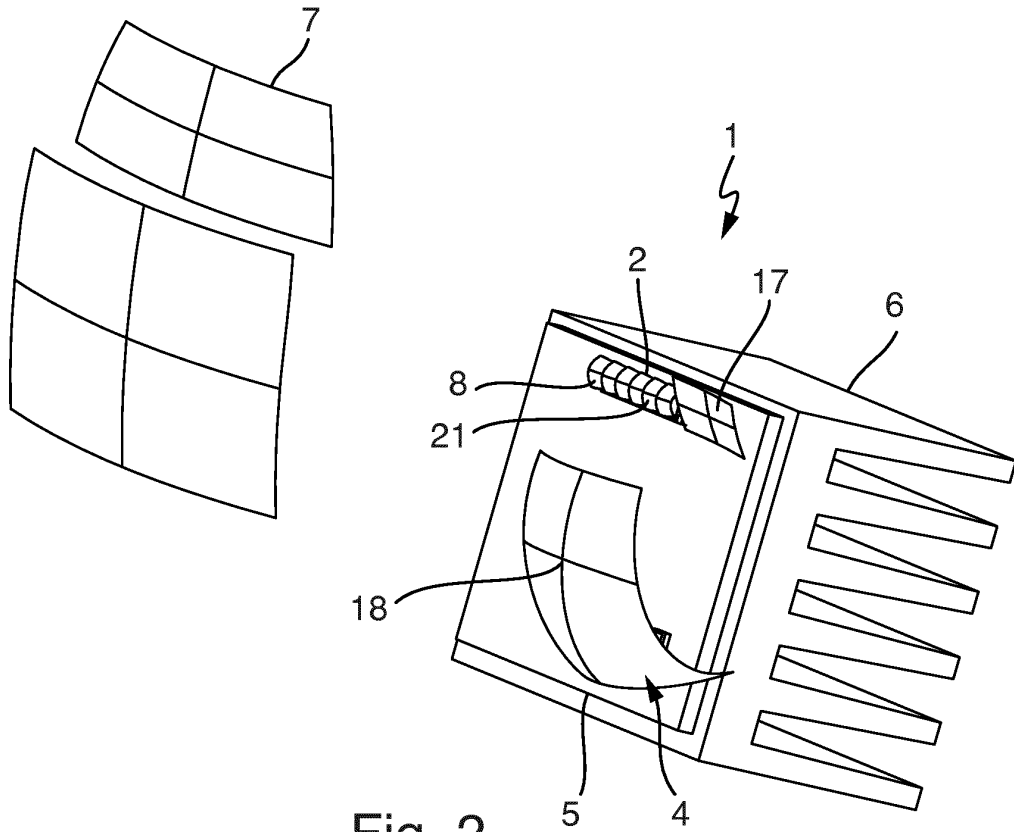


Fig. 2

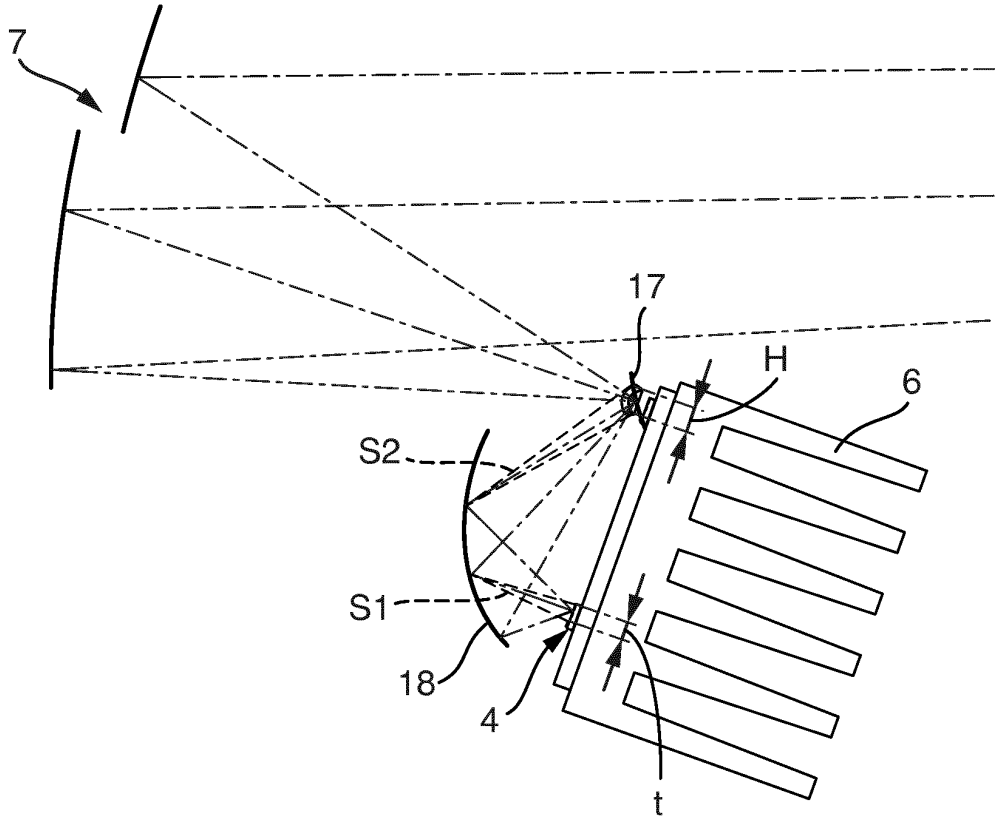


Fig. 3a

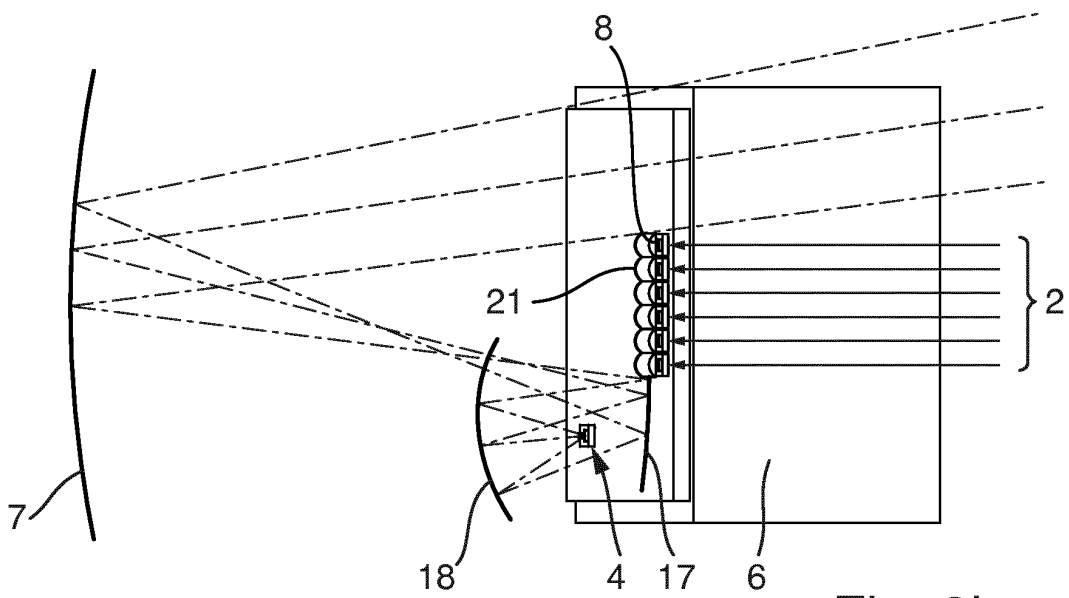


Fig. 3b

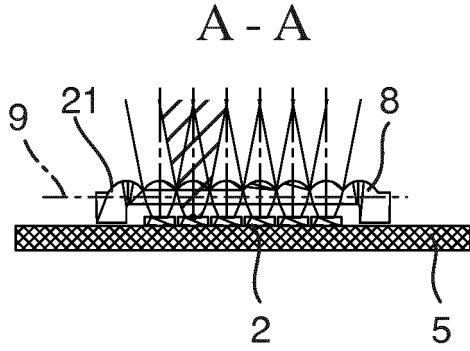


Fig. 4a

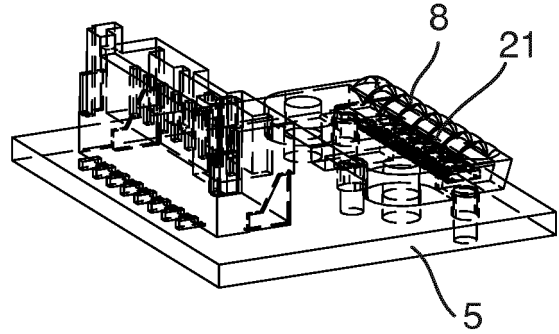


Fig. 4c

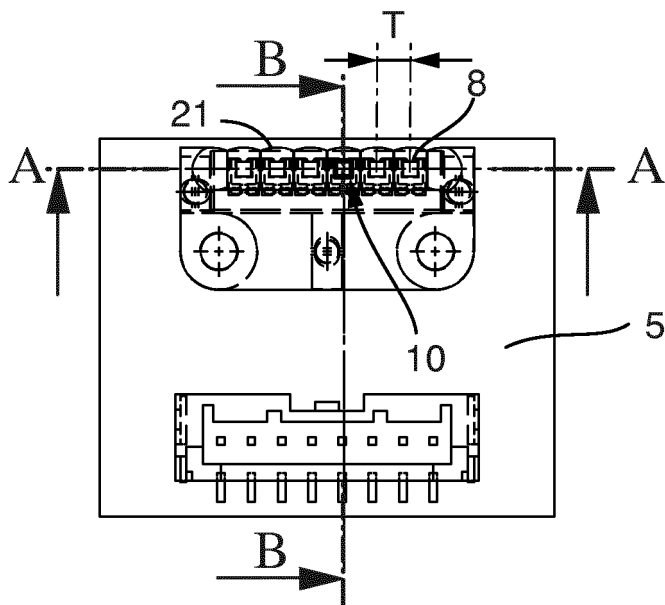


Fig. 4b

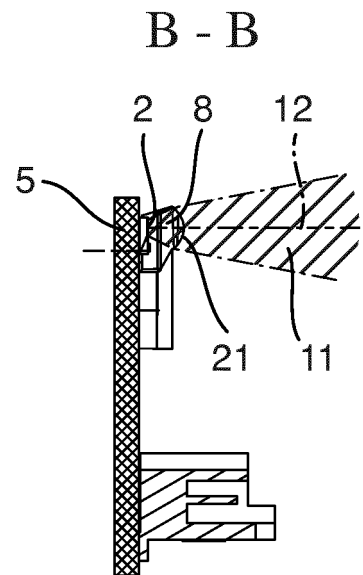


Fig. 4d

C - C

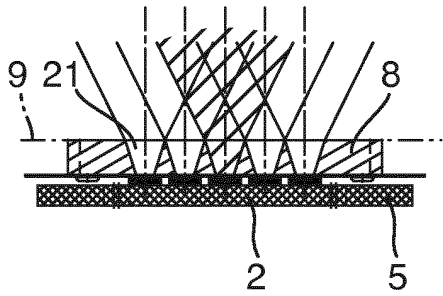


Fig. 5a

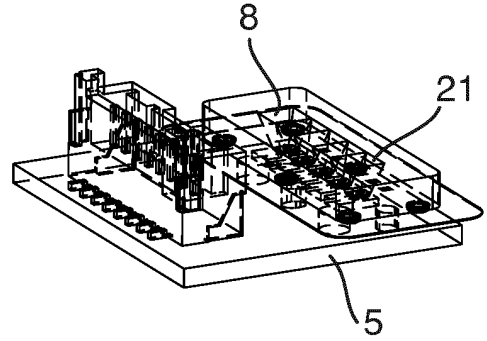


Fig. 5c

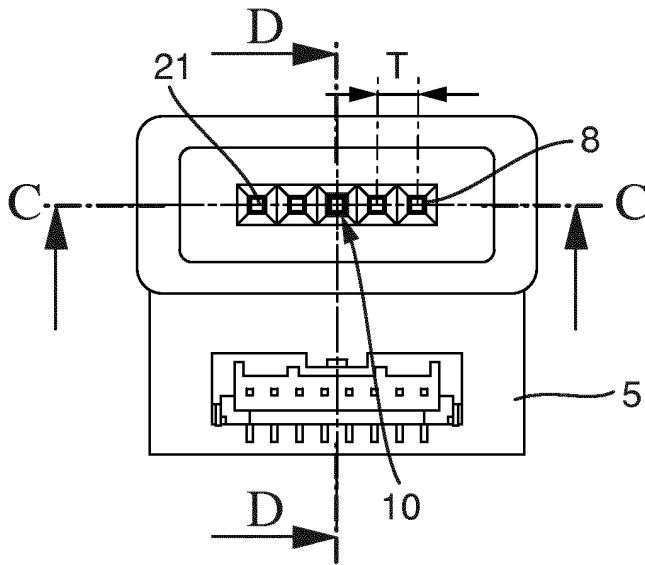


Fig. 5b

D - D

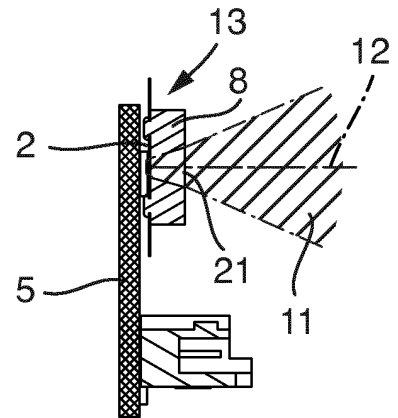


Fig. 5d

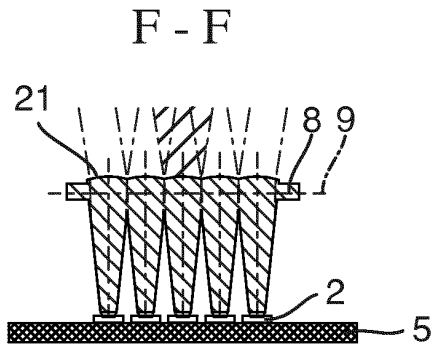


Fig. 6a

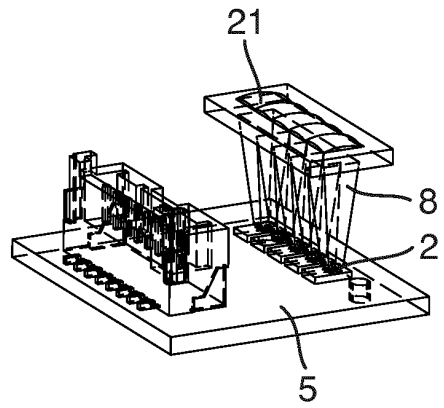


Fig. 6c

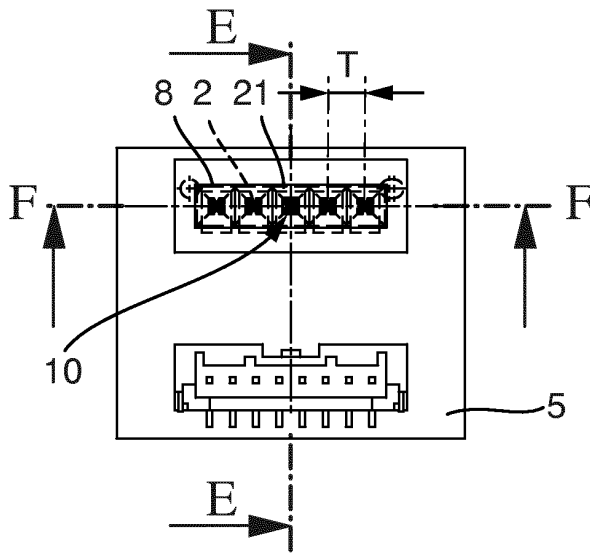


Fig. 6b

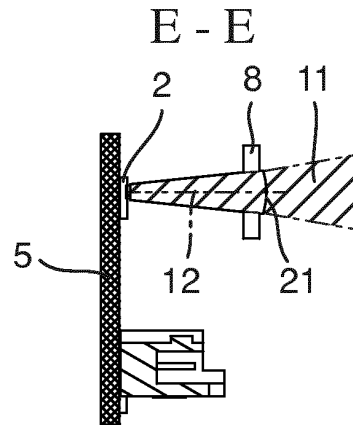


Fig. 6d

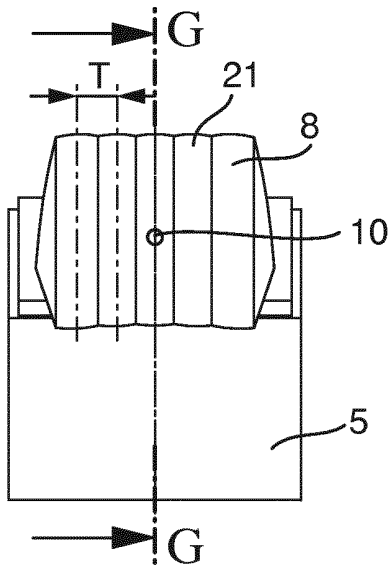


Fig. 7a

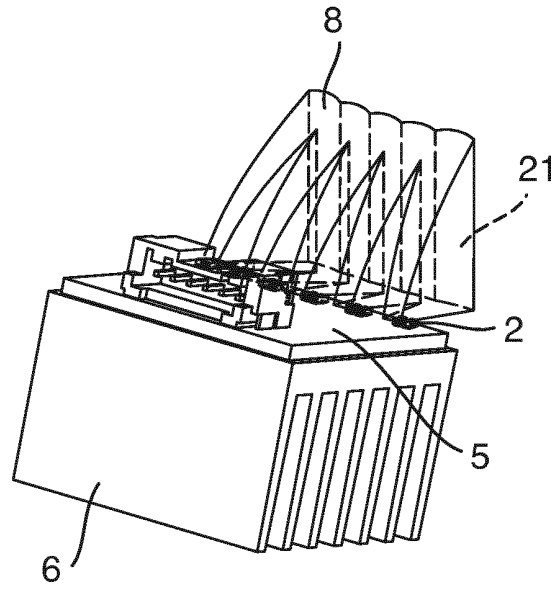


Fig. 7c

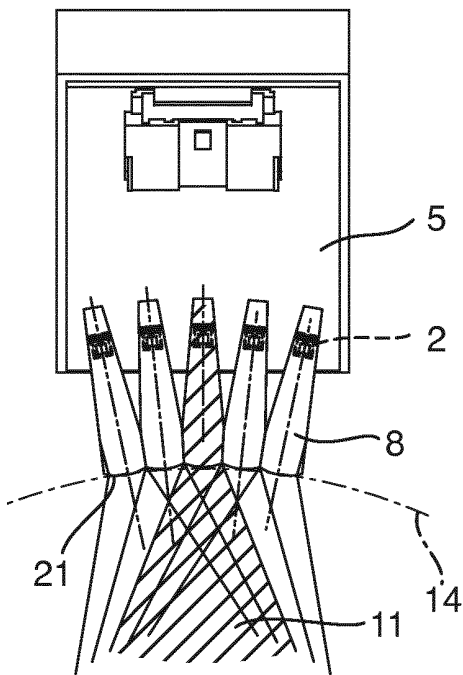


Fig. 7b

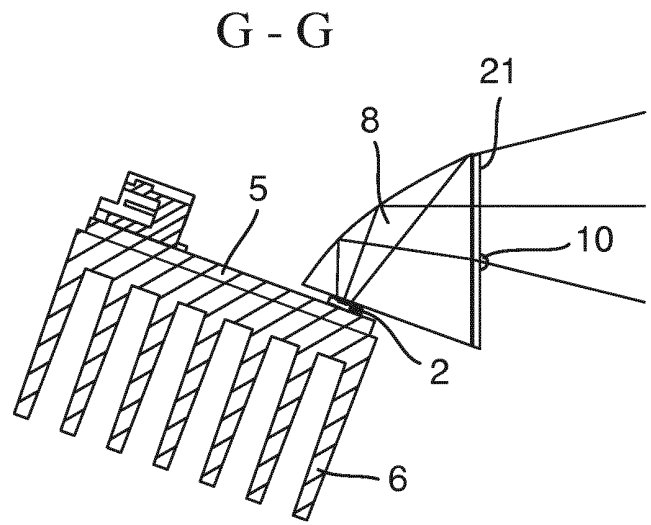


Fig. 7d

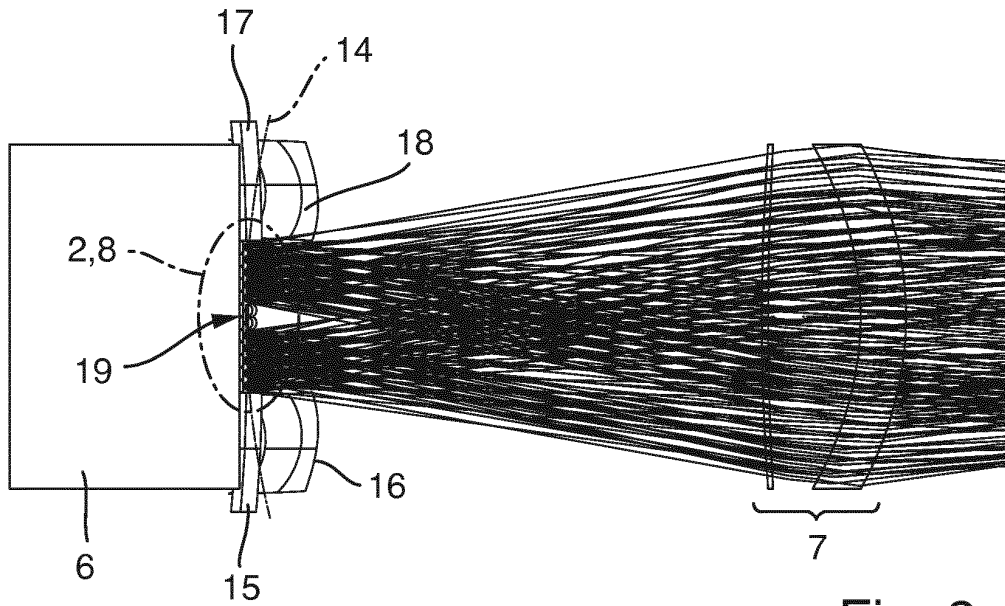


Fig. 8

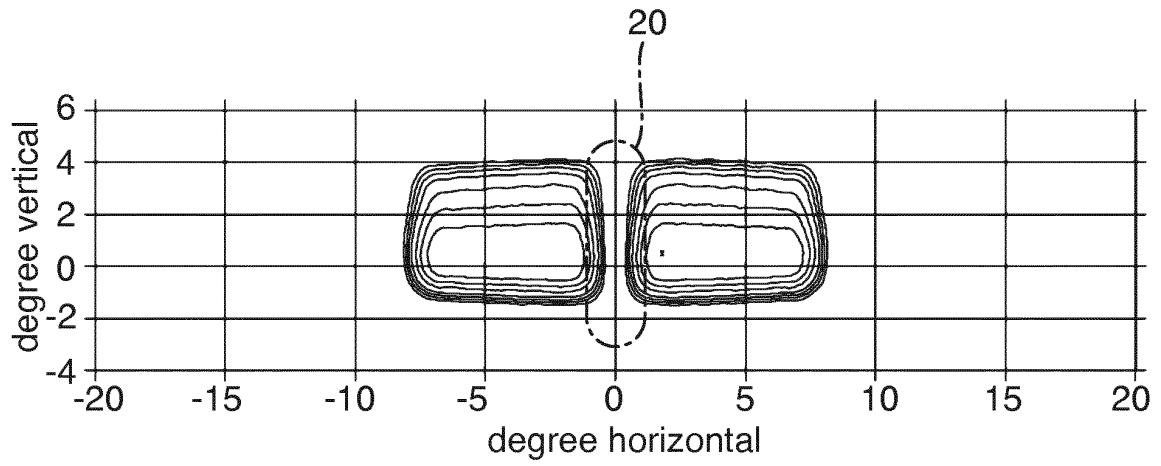


Fig. 9

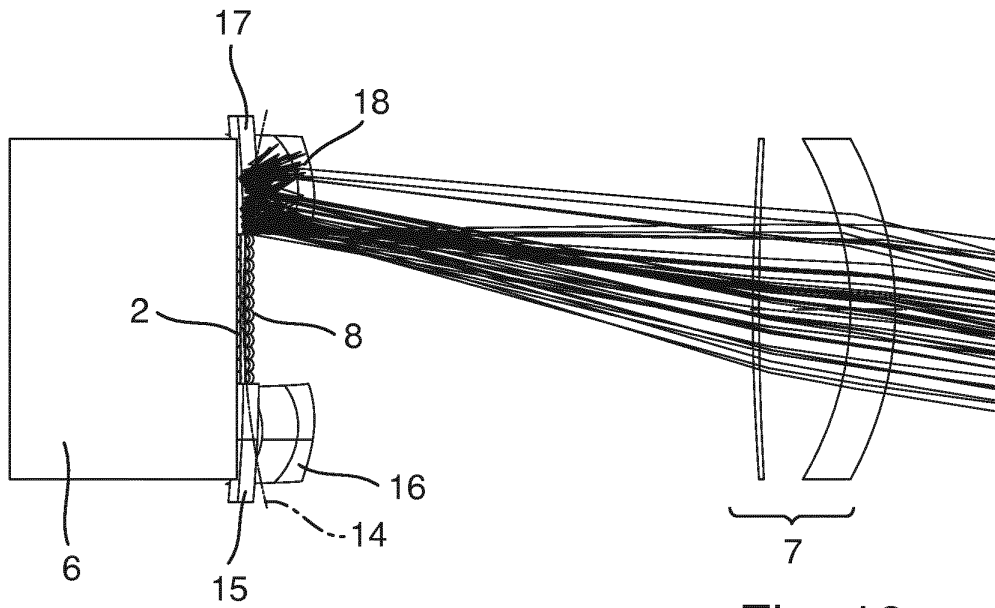


Fig. 10

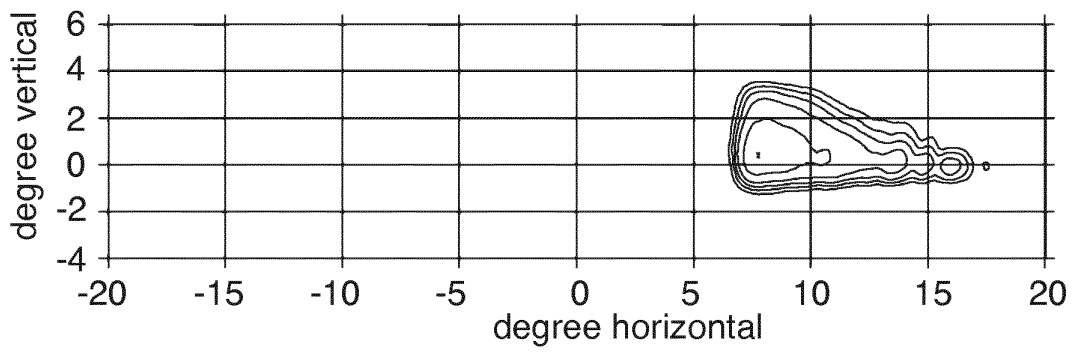


Fig. 11

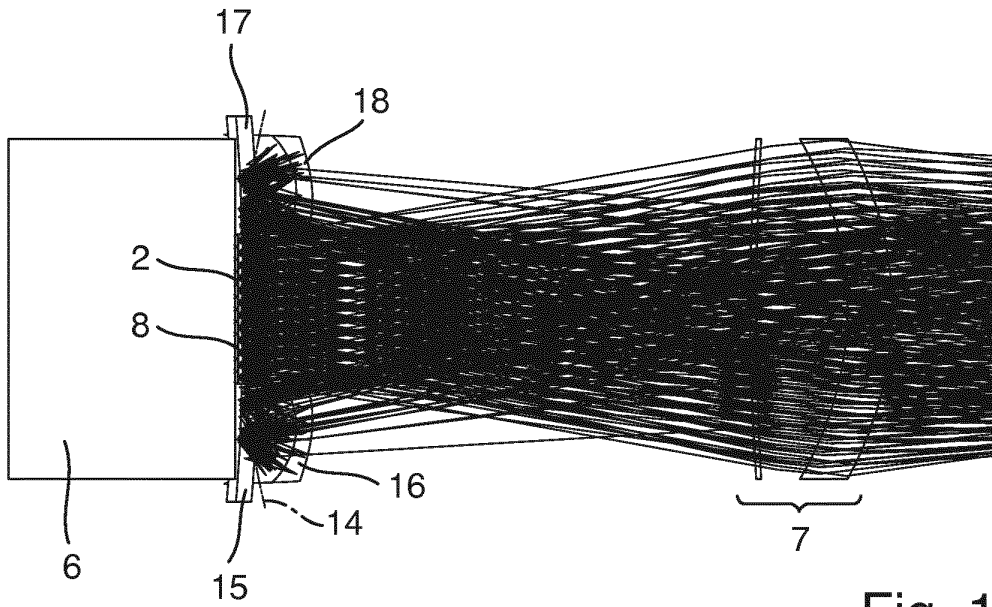


Fig. 12

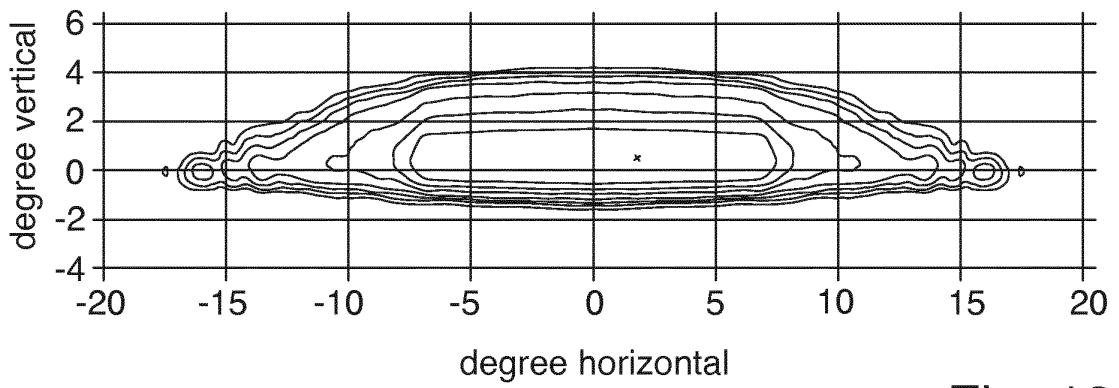


Fig. 13

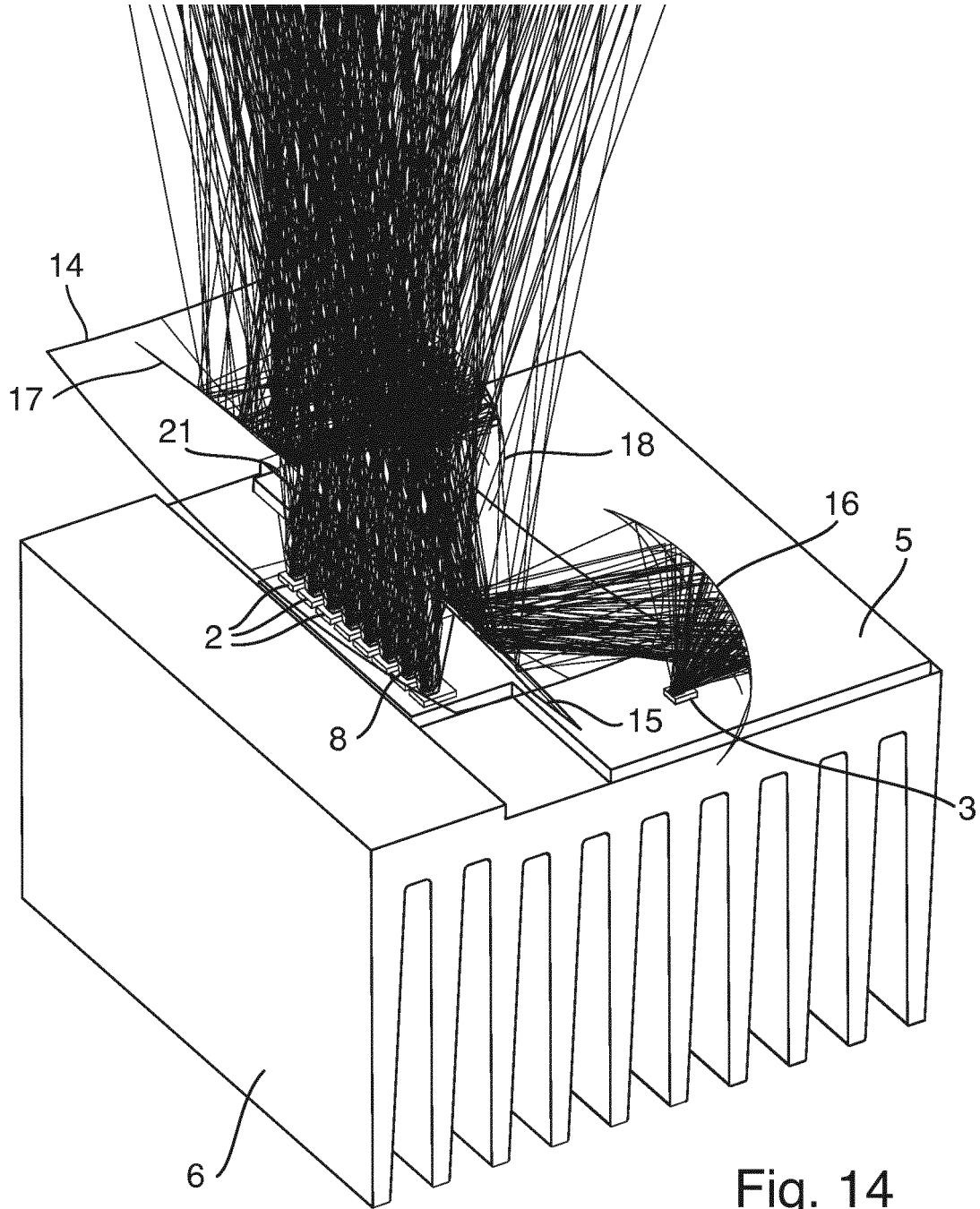


Fig. 14

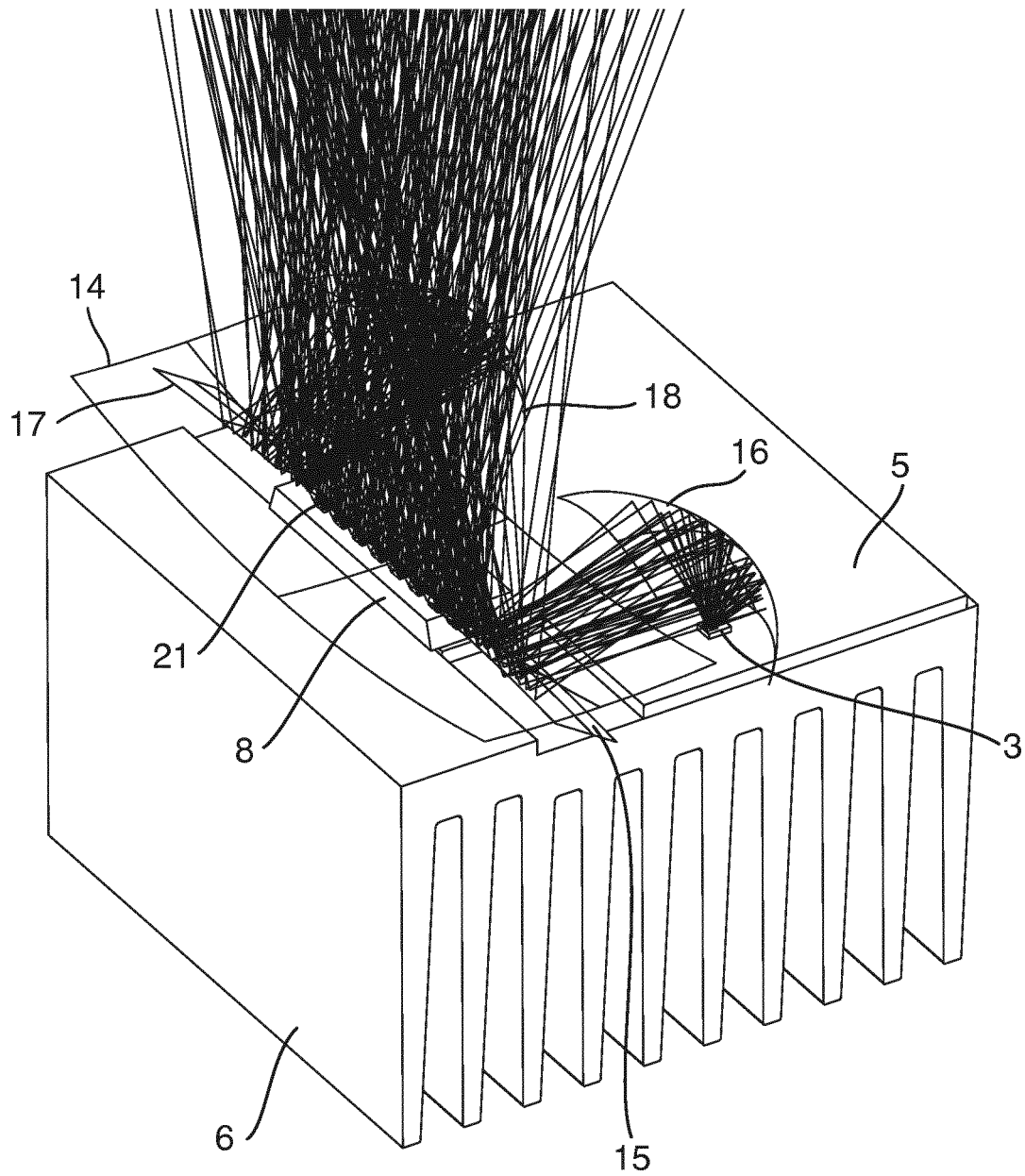


Fig. 15

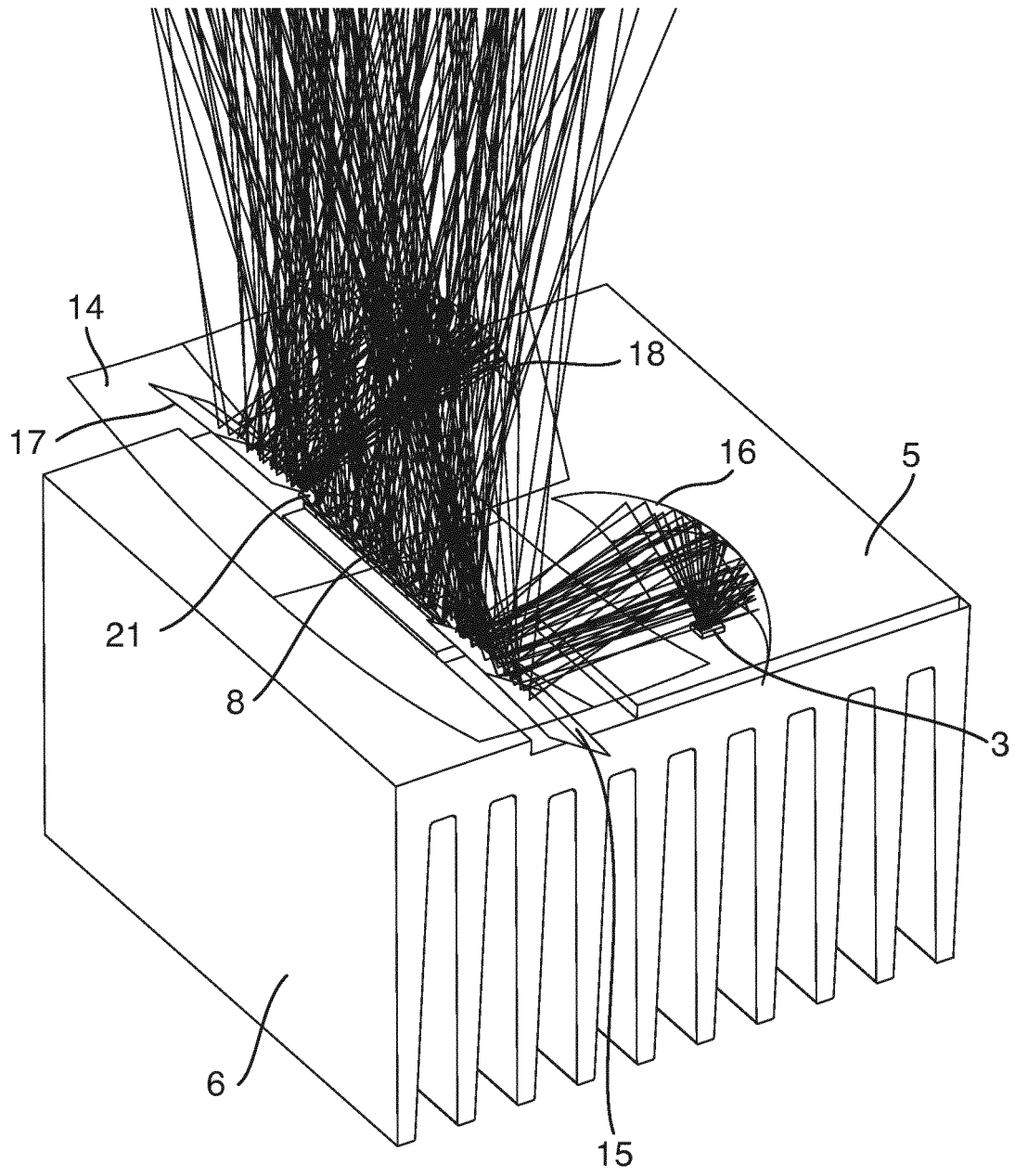


Fig. 16

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- US 20060120094 A1 [0007]