

(19)



(11)

**EP 2 910 847 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**10.06.2020 Patentblatt 2020/24**

(51) Int Cl.:  
**F21S 41/151** <sup>(2018.01)</sup>      **F21S 41/26** <sup>(2018.01)</sup>  
**F21S 41/33** <sup>(2018.01)</sup>      **F21S 41/663** <sup>(2018.01)</sup>  
**F21Y 115/10** <sup>(2016.01)</sup>

(21) Anmeldenummer: **15150804.1**

(22) Anmeldetag: **12.01.2015**

(54) **Lichtmodul eines Kraftfahrzeugscheinwerfers und Scheinwerfer mit einem solchen Lichtmodul**

Light module of a motor vehicle headlight and headlight with such a light module

Module d'éclairage d'un projecteur de véhicule automobile et projecteur avec un tel module d'éclairage

(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**

(30) Priorität: **25.02.2014 DE 102014203335**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**26.08.2015 Patentblatt 2015/35**

(73) Patentinhaber: **Automotive Lighting Reutlingen GmbH**  
**72762 Reutlingen (DE)**

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

(74) Vertreter: **DREISS Patentanwälte PartG mbB**  
**Friedrichstraße 6**  
**70174 Stuttgart (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A2- 1 818 599**      **EP-A2- 2 280 215**  
**EP-A2- 2 682 671**      **DE-A1-102011 077 636**  
**DE-A1-102012 008 833**

**EP 2 910 847 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Lichtmodul eines Scheinwerfers eines Kraftfahrzeugs mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1. Ein solches Lichtmodul ist aus der DE 10 2011 077 636 A1 bekannt.

**[0002]** Ferner betrifft die Erfindung einen Scheinwerfer für ein Kraftfahrzeug. Der Scheinwerfer umfasst ein Gehäuse mit einer durch eine transparente Abdeckscheibe verschlossenen Lichtaustrittsöffnung und mindestens ein in dem Gehäuse angeordnetes Lichtmodul, das die oben genannten Merkmale aufweist.

**[0003]** Ein in der DE 10 2012 223 658 A1 beschriebenes Lichtmodul weist mehrere nebeneinander angeordnete Halbleiterlichtquellen zum Aussenden von Licht auf. Eine Halbleiterlichtquelle ist bspw. als eine Leuchtdiode (z.B. LED-Chip) mit einer im Wesentlichen quadratischen oder rechteckigen Licht emittierenden Fläche ausgebildet. Jeder der Halbleiterlichtquellen ist eine als Sammellinse ausgebildete Primäroptik zugeordnet, die das von der ihr zugeordneten Halbleiterlichtquelle ausgesandte Licht bündelt. Mehrere Sammellinsen sind entsprechend der Anordnung der Halbleiterlichtquellen nebeneinander angeordnet und zu einem Primäroptik-Array zusammengefasst. Die Sammellinsen bestehen vorzugsweise aus einem massiven transparenten Material, bspw. Glas oder Kunststoff. Sie weisen jeweils eine der zugeordneten Halbleiterlichtquelle zugewandte Lichteintrittsfläche und eine der Halbleiterlichtquelle abgewandte Lichtaustrittsfläche auf. Eine Bündelung des von der Halbleiterlichtquelle ausgesandten Lichts erfolgt durch Brechung an der Lichteintritts- und/oder der Lichtaustrittsfläche und/oder durch Totalreflexion an äußeren Grenzflächen der Sammeloptik. Jede Sammeloptik erzeugt dabei - der Form der Licht emittierenden Fläche der zugeordneten Leuchtdiode entsprechend - eine im Wesentlichen quadratische bzw. rechteckige primäre Lichtverteilung auf ihrer Lichtaustrittsfläche.

**[0004]** Das in der DE 10 2012 223 658 A1 beschriebene Lichtmodul umfasst ferner eine als Projektionslinse ausgebildete gemeinsame Sekundäroptik für alle Primäroptiken. Die Projektionslinse ist auf die Lichtaustrittsflächen der Primäroptiken fokussiert, so dass sie die primären Lichtverteilungen als entsprechende sekundäre Lichtverteilungen auf der Fahrbahn vor dem Kraftfahrzeug abbildet. Die Gesamtheit aller sekundären Lichtverteilungen entspricht der durch das Lichtmodul erzeugten resultierenden Gesamtlchtverteilung, die bspw. eine Fernlichtverteilung ist. Die Projektionslinse bildet die primären Lichtverteilungen als streifenförmige sekundäre Lichtverteilungen mit einer deutlich größeren vertikalen als horizontalen Erstreckung ab. Es ist denkbar, dass die einzelnen streifenförmigen sekundären Lichtverteilungen seitlich durch scharfe vertikale Helldunkelgrenzen begrenzt sind. Die Sekundäroptik kann auch mehrteilig, bspw. als ein zweilinsiger Achromat, ausgebildet sein.

**[0005]** Mit dem in der DE 10 2012 223 658 A1 beschrie-

benen Lichtmodul kann ein sogenanntes blendungsfreies Fernlicht oder Teilfernlicht generiert werden. Dabei werden durch Deaktivieren einzelner Halbleiterlichtquellen Bereiche aus der resultierenden Fernlichtverteilung ausgenommen, wo andere Verkehrsteilnehmer detektiert wurden. Die Deaktivierung der einzelnen Halbleiterlichtquelle(n) erfolgt dabei in Abhängigkeit von einem Signal von Detektionsmitteln, die in dem Kraftfahrzeug zur Detektion anderer Verkehrsteilnehmer vor dem Kraftfahrzeug vorgesehen sind. Die Detektionsmittel können mindestens eine Kamera, mindestens einen Ultraschallsensor und/oder mindestens einen Radarsensor umfassen.

**[0006]** Die Sekundäroptik kann derart ausgebildet sein, dass die von dieser auf der Fahrbahn vor dem Kraftfahrzeug abgebildeten sekundären Lichtverteilungen ohne Überlappung der sekundären Lichtverteilungen unmittelbar aneinander grenzen. Wenn eine der Halbleiterlichtquellen deaktiviert ist, wird der Bereich der nicht vorhandenen entsprechenden sekundären Lichtverteilung in der resultierenden Lichtverteilung des Lichtmoduls durch relativ scharfe vertikale Helldunkelgrenzen der ausgeleuchteten sekundären Lichtverteilungen der aktivierten benachbarten Halbleiterlichtquellen begrenzt. Dieser große Gradient der Beleuchtungsstärke kann von einem Fahrer des Kraftfahrzeugs als subjektiv störend empfunden werden.

**[0007]** Alternativ ist es in der DE 10 2012 223 658 A1 beschrieben, dass die Sekundäroptik derart ausgebildet ist, dass die von dieser auf der Fahrbahn vor dem Kraftfahrzeug abgebildeten sekundären Lichtverteilungen nebeneinander angeordnet sind, wobei sich zumindest seitliche Bereiche zueinander benachbarter sekundärer Lichtverteilungen gegenseitig überlappen. Dies kann dadurch erzielt werden, dass eine Grundform einer Lichtaustrittsfläche der Projektionsoptik derart moduliert wird, dass eine einzelne primäre Lichtverteilung in eine Vielzahl von entsprechenden Teilbereichen der entsprechenden sekundären Lichtverteilung überführt wird, wobei die Teilbereiche gleich groß und mit gleicher Orientierung in horizontaler Richtung relativ zueinander verschoben und einander überlappend angeordnet sind. Die Gesamtheit aller aus einer bestimmten primären Lichtverteilung hervorgehenden Teilbereiche bildet die entsprechende sekundäre Lichtverteilung. Auf diese Weise werden scharfe vertikale Helldunkelgrenzen, welche die streifenförmigen sekundären Lichtverteilungen begrenzen, und damit bei einer ausgeschalteten Halbleiterlichtquelle große Gradienten der Beleuchtungsstärke vermieden.

**[0008]** Sammellinsen-Arrays eignen sich am besten als Primäroptiken, da sie nur geringe Anforderungen an Werkstoffe, Formteil- und Positionierungsgenauigkeiten stellen. Bei der Verwendung von Sammellinsen-Arrays genügen vergleichsweise kleine Sekundäroptiken. Damit lassen sich auch die Aberrationen der Sekundäroptik klein halten. Voraussetzung dafür ist allerdings eine relativ große Blendenzahl (Verhältnis der Brennweite zum

Durchmesser der wirksamen Eintrittsfläche der Sekundäroptik). Bei Linsensystemen sind die Aberrationen vor allem Farbfehler, während es bei Reflexionssystemen mit kleinen Blendenzahlen vor allem Koma sind.

**[0009]** Ein Nachteil der als Sammellinsen-Array ausgebildeten Primäroptiken besteht darin, dass ein Öffnungswinkel des abgestrahlten Lichtbündels in Bezug auf eine optische Achse der Sekundäroptik in alle Richtungen in etwa gleich groß ist, sich also nur wenig variieren lässt. Anders ausgedrückt bedeutet dies, dass eine Vergrößerung der Licht emittierenden Fläche der Halbleiterlichtquellen bei einer Linse, die dicht vor der Lichtquelle angeordnet ist, in horizontaler und vertikaler Richtung ähnlich groß ist. Eine anamorphotische Vergrößerung der primären Lichtverteilungen ist nur in sehr engen Grenzen möglich. Da die vertikale Ausdehnung streifenförmiger Matrix-Lichtverteilungen aber ein Mehrfaches von deren Breite beträgt, wäre es wünschenswert, die Vergrößerung der Licht emittierenden Flächen der Halbleiterlichtquellen den streifenförmigen sekundären Lichtverteilungen anzupassen, die ausgeleuchteten Flächen auf den Lichtaustrittsflächen der Primäroptiken also vertikal stärker zu vergrößern als horizontal.

**[0010]** Nach der Helmholtz-Lagrangeschen Invariante könnte man mit dieser Maßnahme den Abstrahlwinkel der Primäroptiken im Vertikalschnitt deutlich reduzieren, wodurch sich die vertikale Ausdehnung, d.h. die Höhe, der Sekundäroptik in umgekehrter Weise verringern ließe:

$$y \times n \times \sigma = y' \times n' \times \sigma',$$

wobei

y, y' die Objekt- bzw. Bildgröße,  
 $\sigma, \sigma'$  der objekt- bzw. bildseitige Öffnungswinkel, und  
 n, n' der objekt- bzw. bildseitige Brechungsindex ist.

**[0011]** Darüber hinaus gibt es bei den bekannten Matrix-Fernlichtmodulen aufgrund der notwendigen großen Brennweiten der Sekundäroptiken Probleme mit der Baulänge des Lichtmoduls. Die langen Brennweiten ergeben sich dabei aus der geforderten Breite/ Teilung der erzeugten Matrix-Lichtverteilungen einerseits und der Teilung der Halbleiterlichtquellen/ Primäroptiken andererseits. Die Breite der Lichtverteilungen richtet sich weitgehend nach der gewünschten Auflösung und Performance des Lichtmoduls, während die Teilung der Primäroptiken vornehmlich durch die geforderten Mindestabstände und Bauteilgrößen der Halbleiterlichtquellen vorgegeben ist.

**[0012]** Aus diesem Grund wurde im Stand der Technik bereits angedacht, den Strahlengang durch einen Umlenkspiegel oder ein Umlenkprisma zu falten, um so die kritische Baulänge der Lichtmodule zu reduzieren. Umlenkspiegel oder -prismen verursachen jedoch zusätzli-

che Lichtstromverluste im Strahlengang.

**[0013]** Ausgehend von dem beschriebenen Stand der Technik liegt der vorliegenden Erfindung deshalb die Aufgabe zugrunde, ein Lichtmodul zur Erzeugung von mindestens zwei in mindestens einer Linie unmittelbar aneinandergrenzenden oder überlappenden streifenförmigen sekundären Lichtverteilungen zu realisieren, bei dem die mindestens zwei aneinandergrenzenden sekundären Lichtverteilungen von mehreren Halbleiterlichtquellen oder Lichtquellengruppen gebildet werden, und bei dem die Bauhöhe der Sekundäroptik ohne wesentliche Lichtstromverluste reduziert werden kann. Ferner soll das Lichtmodul bei vergleichbaren Leistungsdaten (z.B. Auflösung, maximale Beleuchtungsstärke, etc.) gegenüber bekannten Lichtmodulen eine geringere Baulänge aufweisen.

**[0014]** Diese Aufgabe wird mit der Summe der Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Zur Lösung dieser Aufgabe wird ausgehend von dem Lichtmodul der eingangs genannten Art vorgeschlagen, dass im Strahlengang des Lichtmoduls zwischen den Primäroptiken und der Sekundäroptik eine Zylinderoptik angeordnet ist, die in Horizontalschnitten im Wesentlichen keine Brechkraft aufweist und in Vertikalschnitten Licht sammelnde Eigenschaften aufweist.

**[0015]** Als eine Zylinderoptik im Sinne der vorliegenden Erfindung wird eine Optik verstanden, die in den Horizontalschnitten keine Brechkraft oder allenfalls eine sehr geringe Brechkraft aufweist, bei der also die horizontalen Schnittkurven zumindest näherungsweise Geraden sind, und die in den Vertikalschnitten sammelnd wirkt, also ein Sammellinsenprofil oder ein Hohlspiegelprofil aufweist. Die vertikalen Schnittkurven müssen nicht zwangsläufig kreisförmig sein. Ferner müssen die Krümmungsmittelpunkte im Vertikalschnitt nicht in einer Zylinderachse zusammenfallen.

**[0016]** Die Zylinderoptik kann den Öffnungswinkel der Lichtbündel aus den Primäroptiken im Vertikalschnitt deutlich reduzieren, so dass auch die Bauhöhe der Sekundäroptik in einem entsprechenden Maße verringert werden kann. Die Sekundäroptik fokussiert über die Zylinderoptik auf die Lichtaustrittsflächen des Primäroptik-Arrays. Die Zylinderoptik bewirkt eine anamorphotische Vergrößerung der primären Lichtverteilungen auf den Lichtaustrittsflächen der Primäroptiken, so dass sekundäre Lichtverteilungen (sog. Pixel) entstehen, deren Höhe ein Mehrfaches der jeweiligen Pixelbreite betragen kann. Im Gegenzug kann die Höhe der Sekundäroptik in etwa in dem gleichen Maße reduziert werden. Dies kommt insbesondere gängigen Lichtmodul- und Scheinwerferdesigns entgegen, die häufig besonders flache und breite Linsen und/oder Reflektoren als Sekundäroptiken erfordern. Dies ist u.a. eine Folge der zunehmend stromlinienförmigen Fahrzeugfronten, um eine Kraftstoffersparung und geringe Fahrtwindgeräusche zu erzielen.

**[0017]** Auf diese Weise können gegenüber bekannten Lichtmodulen ohne Zylinderoptik erfindungsgemäße

Lichtmodule mit etwa zwei bis fünf Mal niedrigeren Sekundäroptiken nahezu ohne Einbußen beim optischen Wirkungsgrad realisiert werden. Lediglich die Reflexions- und/oder Transmissionsverluste an der Zylinderoptik müssen bei der Berechnung des Wirkungsgrads zusätzlich berücksichtigt werden. Diese Verluste liegen aber deutlich unterhalb der Verluste von bekannten Lichtmodulen, bei denen Umlenkspiegel oder -prismen im Strahlengang angeordnet sind.

**[0018]** Es ist denkbar, dass die Zylinderoptik in einem Vertikalschnitt kreisförmige Schnittkurven auf und die Krümmungsmittelpunkte im Vertikalschnitt fallen in einer Zylinderachse zusammen. Dies beschreibt den Spezialfall einer "echten" Zylinderlinse bzw. eines "echten" Zylinderreflektors mit konstanter Krümmung über die gesamte Fläche und einer gemeinsamen Zylinderachse.

**[0019]** Wenn als Zylinderoptik ein zylindrischer Hohlspiegel verwendet wird, lässt sich mit diesem Spiegel gleichzeitig der Strahlengang falten, bspw. indem die optische Achse in einer Horizontal- und/oder Vertikalebene gefaltet wird. Auf diese Weise kann die Baulänge der Optik deutlich reduziert werden. Eine als Zylinderreflektor ausgebildete Zylinderoptik kann ein zumindest abschnittsweise parabolisches Profil aufweisen.

**[0020]** Vorteilhafte Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindungen können den Unteransprüchen entnommen werden. Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung werden nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figuren näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1a ein erfindungsgemäßes Lichtmodul gemäß einer ersten bevorzugten Ausführungsform;
- Fig. 1b ein Detail Z der Halbleiterlichtquellen und der Primäroptiken des Lichtmoduls aus Figur 1a;
- Fig. 2 ein erfindungsgemäßes Lichtmodul gemäß einer zweiten bevorzugten Ausführungsform;
- Fig. 3 ein erfindungsgemäßes Lichtmodul gemäß einer dritten bevorzugten Ausführungsform;
- Fig. 4 einen Vertikalschnitt durch das Lichtmodul aus Figur 1a;
- Fig. 5 einen Vertikalschnitt durch das Lichtmodul aus Figur 2;
- Fig. 6 einen Vertikalschnitt durch ein Lichtmodul gemäß einer vierten bevorzugten Ausführungsform;
- Fig. 7a eine primäre Lichtverteilung als ausgeleuchtete Lichtaustrittsfläche einer Primäroptik eines erfindungsgemäßen Lichtmoduls;
- Fig. 7b die ausgeleuchtete Fläche aus Fig. 7a nach einer Vergrößerung durch eine Zylinderoptik

des erfindungsgemäßen Lichtmoduls;

Fig. 8 einen erfindungsgemäßen Scheinwerfer für ein Kraftfahrzeug gemäß einer bevorzugten Ausführungsform; und

Fig. 9 eine Ersatzlichtquellenanordnung in einer bevorzugten Ausführungsform wie sie in dem erfindungsgemäßen Lichtmodul verwendet werden kann.

**[0021]** In Figur 8 ist ein Beispiel für einen erfindungsgemäßen Kraftfahrzeugscheinwerfer in seiner Gesamtheit mit dem Bezugszeichen 1 bezeichnet. Der Scheinwerfer 1 umfasst ein Gehäuse 2, das vorzugsweise aus einem Kunststoffmaterial gefertigt ist. Eine in Lichtaustrittsrichtung 3 in dem Gehäuse 2 vorgesehene Lichtaustrittsöffnung 4 ist mittels einer transparenten Abdeckscheibe 5 verschlossen. Die Abdeckscheibe 5 ist bspw. aus Glas oder Kunststoff gefertigt. Die Abdeckscheibe 5 kann ohne optisch wirksame Profile (z.B. Prismen oder Zylinderlinsen) ausgebildet sein (sog. klare Scheibe) oder aber zumindest bereichsweise mit optisch wirksamen Profilen versehen sein, die eine Streuung des hindurchtretenden Lichts, insbesondere in horizontaler Richtung, bewirken können (sog. Streuscheibe). Im Inneren des Scheinwerfers 1 kann ein Leuchtenmodul 6 angeordnet sein, das zur Realisierung einer Leuchtenfunktion (z.B. Blinklicht, Tagfahrlicht, Positions- oder Begrenzungslicht, etc.) dient.

**[0022]** Ferner ist im Inneren des Gehäuses 2 ein erfindungsgemäßes Lichtmodul 7 angeordnet, das zur Realisierung einer Fernlichtverteilung durch eine Überlagerung mehrerer streifenförmiger sekundärer Lichtverteilungen jeweils mit einer im Wesentlichen vertikalen Längserstreckung ausgebildet ist (nachfolgend auch als Streifenfernlicht bezeichnet). Durch gezieltes Dimmen oder Ausschalten von einzelnen streifenförmigen sekundären Lichtverteilungen können Bereiche der Fernlichtverteilung ausgeblendet werden, in denen andere Verkehrsteilnehmer detektiert wurden, um deren Blendung zu verhindern (sog. blendungsfreies Fernlicht oder Teilfernlicht). Das durch das Lichtmodul 7 erzeugte Fernlicht kann eines von mehreren Lichtverteilungen sein, die durch das Lichtmodul 7 erzeugt werden können. Ebenso ist es denkbar, dass die von dem Lichtmodul 7 erzeugte Fernlichtverteilung nur einen Teil einer die gesetzlichen Anforderungen erfüllenden Lichtverteilung ist, wobei ein anderer Teil der die gesetzlichen Anforderungen erfüllenden Lichtverteilung durch mindestens ein anderes Lichtmodul, bspw. das Lichtmodul 8, des Scheinwerfers 1 erzeugt werden kann. So wäre es bspw. denkbar, dass die von dem Lichtmodul 7 erzeugte Lichtverteilung ein Fernlicht-Spot ist, während das Lichtmodul 8 eine Fernlicht-Grundverteilung erzeugt. Eine Überlagerung der beiden Fernlicht-Teillichtverteilungen (Spot und Grundlicht) erzeugt ein Fernlicht, das die gesetzlichen Anforderungen erfüllt und/oder für eine besonders effiziente

Ausleuchtung der Fahrbahn vor dem Fahrzeug sorgt. Selbstverständlich wäre es denkbar, dass bereits die durch das Lichtmodul 7 erzeugte Lichtverteilung die gesetzlichen Anforderungen an ein Fernlicht erfüllt, durch die Überlagerung mit der durch das Lichtmodul 8 erzeugten Teil-Lichtverteilung jedoch eine subjektiv und/oder objektiv bessere Ausleuchtung mit Fernlicht realisiert werden kann.

**[0023]** Ein erstes Beispiel für ein erfindungsgemäßes Lichtmodul 7 ist in Figur 1a gezeigt. Das Lichtmodul 7 umfasst mehrere in einer horizontalen Mittelebene 11 oder parallel dazu matrixartig nebeneinander angeordnete, einzeln ansteuerbare Halbleiterlichtquellen 10 (vgl. Figur 1b) zum Aussenden von Licht. Die Lichtquellen 10 sind bspw. als Leuchtdioden (LEDs oder LED-Chips) ausgebildet. "Matrixartig" im Sinne der vorliegenden Erfindung bedeutet, dass mehrere LEDs 10 sowohl nebeneinander in lediglich einer Reihe als auch neben- und übereinander in mehreren Reihen angeordnet sein können. Die Lichtquellen 10 sind vorzugsweise derart an einem Kühlkörper 13 befestigt (unmittelbar oder mittelbar über eine Leiterplatte 14), dass während des Betriebs der Lichtquellen 10 auftretende Abwärme wirksam abgeleitet und an die Umgebung abgegeben werden kann.

**[0024]** Ferner umfasst das Lichtmodul 7 mehrere den Halbleiterlichtquellen 10 zugeordnete und ebenfalls matrixartig nebeneinander angeordnete Primäroptiken 12 zum Bündeln zumindest eines Teils des von den Halbleiterlichtquellen 10 ausgesandten Lichts und zum Erzeugen einer primären Lichtverteilung 15 (vgl. Figur 7a) jeweils auf Lichtaustrittsflächen 16 der Primäroptiken 12. Die Primäroptiken 12 sind vorzugsweise als Sammellinsen ausgebildet, so dass die Gesamtheit der Primäroptiken 12 ein Sammellinsen-Array bildet. Die primären Lichtverteilungen 15 entsprechen einer gleichmäßigen Ausleuchtung der Lichtaustrittsflächen 16 durch das Licht jeweils einer der Licht emittierenden Fläche 17 einer Lichtquelle 10.

**[0025]** Des Weiteren umfasst das Lichtmodul 7 eine gemeinsame Sekundäroptik, die in dem dargestellten Ausführungsbeispiel als eine Projektionslinse 18 ausgebildet ist. Mittels der Linse 18 werden die primären Lichtverteilungen 15, die auf den Lichtaustrittsflächen 16 der Primäroptiken 12 dargestellt sind, als streifenförmige sekundäre Lichtverteilungen 19 auf einer Fahrbahn vor dem Kraftfahrzeug abgebildet. Die sekundären Lichtverteilungen 19 gemeinsam ergeben einen ausgeleuchteten Fernbereich. Das Lichtmodul 7 dient also zur Erzeugung einer Fernlichtverteilung 21.

**[0026]** In dem dargestellten Ausführungsbeispiel sind die sekundären Lichtverteilungen 19 nicht auf der Fahrbahn, sondern auf einer in einem Abstand zu dem Lichtmodul 7 angeordneten, vertikal ausgerichteten Messschirm 20 abgebildet. Bei Verwendung von mehreren, lediglich in einer Reihe nebeneinander angeordneten Lichtquellen 10 und entsprechend angeordneten Primäroptiken 12 umfasst jede der sekundären Lichtverteilungen 19 die gesamte dargestellte vertikale Erstreckung.

Es ist deutlich zu erkennen, dass die resultierende Fernlichtverteilung 21 aus einer Vielzahl von nebeneinander angeordneten vertikal ausgerichteten, streifenförmigen (mit im Wesentlichen vertikaler Längserstreckung) sekundären Lichtverteilungen 19 zusammengesetzt ist. In dem dargestellten Beispiel sind zehn sekundäre Lichtverteilungen 19 nebeneinander angeordnet. Die innerhalb der Lichtverteilungen 19 dargestellten Linien 22 sind Bereiche gleicher Beleuchtungsstärke (sog. Isoluxlinien). Die sekundären Lichtverteilungen 19 haben vorzugsweise jeweils im Bereich der Horizontalebene 11 ihre größten Beleuchtungsstärkewerte. Nach oben bzw. unten hin fallen die Beleuchtungsstärkewerte innerhalb einer streifenförmigen sekundären Lichtverteilung 19 ab.

**[0027]** Auf dem Messschirm 20 ist eine horizontale Linie HH eingezeichnet, die einer Schnittlinie der Horizontalebene 11 mit dem Messschirm 20 entspricht. Dementsprechend ist eine vertikale Linie VV auf dem Messschirm 20 eingezeichnet, die einer Schnittlinie einer vertikalen Mittelebene 23 mit dem Messschirm 20 entspricht. Eine Schnittlinie der Horizontalebene 11 und der Vertikalebene 23 entspricht einer optischen Achse 24 der Sekundäroptik 18 bzw. in diesem Fall des gesamten Lichtmoduls 7. Es ist deutlich zu erkennen, dass ein Großteil der resultierenden Lichtverteilung 21 oberhalb der Horizontalen HH liegt, d.h. es wird ein Fernbereich vor dem Kraftfahrzeug ausgeleuchtet.

**[0028]** Eine jede sekundäre Lichtverteilung 19 wird durch das Licht einer der Halbleiterlichtquellen 10 erzeugt, nachdem es von der entsprechenden Primäroptik 12 gebündelt und von der Sekundäroptik 18 auf dem Messschirm 20 abgebildet worden ist. Durch gezieltes Ausschalten einzelner Lichtquellen 10 können einzelne sekundäre Lichtverteilungen 19 gezielt aus der resultierenden Fernlichtverteilung 21 herausgenommen werden. Es können bspw. solche Lichtquellen 10 deaktiviert werden, in deren entsprechender sekundärer Lichtverteilung 19 ein anderer Verkehrsteilnehmer (z.B. vorausfahrendes oder entgegenkommendes Fahrzeug) detektiert worden ist. Auf diese Weise wird eine optimale Ausleuchtung des Fahrbahnbereichs vor dem Kraftfahrzeug (üblicherweise mit Fernlicht) erzielt und gleichzeitig sichergestellt, dass die detektierten anderen Verkehrsteilnehmer nicht geblendet werden.

**[0029]** Die Sekundäroptik 18 kann derart ausgebildet sein, dass die von dieser auf der Fahrbahn (oder dem Messschirm 20) vor dem Kraftfahrzeug abgebildeten sekundären Lichtverteilungen 19 ohne Überlappung unmittelbar aneinander grenzen. Wenn eine der Halbleiterlichtquellen 10 deaktiviert ist, wird der Bereich der nicht vorhandenen entsprechenden sekundären Lichtverteilung 19 in der resultierenden Lichtverteilung 21 des Lichtmoduls durch relativ scharfe vertikale Helldunkelgrenzen 19a der ausgeleuchteten sekundären Lichtverteilungen 19 der aktivierten benachbarten Halbleiterlichtquellen 10 begrenzt. Dieser große Gradient der Beleuchtungsstärke kann von einem Fahrer des Kraftfahrzeugs als subjektiv störend empfunden werden. Ferner kann die Sekundär-

optik 18 derart ausgebildet sein, dass die von dieser auf der Fahrbahn (oder dem Messschirm 20) vor dem Kraftfahrzeug abgebildeten sekundären Lichtverteilungen 19 nebeneinander angeordnet sind, wobei sich zumindest seitliche Bereiche zueinander benachbarter sekundärer Lichtverteilungen 19 gegenseitig überlappen. Dies kann dadurch erzielt werden, dass eine Grundform einer Lichtaustrittsfläche 18a der Projektionsoptik 18 derart moduliert wird, dass eine einzelne primäre Lichtverteilung 15 auf einer Lichtaustrittsfläche 16 einer Primäroptik 12 in eine Vielzahl von entsprechenden Teilbereichen der entsprechenden sekundären Lichtverteilung 19 überführt wird. Die Teilbereiche sind vorzugsweise gleich groß und mit gleicher Orientierung in horizontaler Richtung relativ zueinander verschoben und einander überlappend angeordnet. Die Gesamtheit aller aus einer bestimmten primären Lichtverteilung 15 hervorgehenden Teilbereiche bildet die entsprechende sekundäre Lichtverteilung 19. Auf diese Weise werden scharfe vertikale Helldunkelgrenzen 19a, welche die streifenförmigen sekundären Lichtverteilungen 19 begrenzen, und damit bei einer ausgeschalteten Halbleiterlichtquelle 10 große Gradienten der Beleuchtungsstärke vermieden.

**[0030]** Um die Höhe der Sekundäroptik 18 nach Möglichkeit ohne wesentliche Lichtstromverluste und damit die Bauhöhe des gesamten Lichtmoduls 7 verringern zu können, schlägt die Erfindung vor, dass im Strahlengang des Lichtmoduls 7 zwischen den Primäroptiken 12 und der Sekundäroptik 18 eine Zylinderoptik 30 angeordnet ist. Als eine Zylinderoptik im Sinne der vorliegenden Erfindung wird eine Optik verstanden, die in den Horizontalschnitten keine Brechkraft oder allenfalls eine sehr geringe Brechkraft aufweist, bei der also die horizontalen Schnittkurven zumindest näherungsweise Geraden sind, und die in den Vertikalschnitten sammelnd wirkt, also ein Sammellinsenprofil oder ein Hohlspiegelprofil aufweist. Die vertikalen Schnittkurven müssen nicht zwangsläufig kreisförmig sein. Ferner müssen die Krümmungsmittelpunkte im Vertikalschnitt nicht in einer Zylinderachse zusammenfallen.

**[0031]** In dem Beispiel aus Figur 1a ist die Zylinderoptik als eine Zylinderlinse 30 mit einer Zylinderachse 31 ausgebildet, die im Wesentlichen horizontal ausgerichtet ist, d.h. parallel zu der Horizontalebene 11 verläuft. Die Zylinderachse 31 kann auf bzw. durch die Lichtaustrittsflächen 16 der Primäroptiken 12 verlaufen. Die Zylinderachse 31 erstreckt sich vorzugsweise in der Horizontalebene 11 quer zu der optischen Achse 24 der Sekundäroptik 18.

**[0032]** Die Sekundäroptik 18 bildet zusammen mit der Zylinderoptik 30 ein Optiksystem, das auf die Lichtaustrittsflächen 16 der Primäroptiken 12 fokussiert. Die Zylinderlinse 30 reduziert den Abstrahlwinkel der Primäroptiken 12 in vertikaler Richtung. Dadurch kann die Höhe der Projektionslinse 18 deutlich verringert werden. Ein Strahlengang 32' ohne Verwendung der Zylinderlinse 30 mit zugehöriger großer Projektionslinse 18' ist in Figur 1a gestrichelt dargestellt. Ein Strahlengang 32 des erfin-

dungsgemäßen Lichtmoduls 7 mit der Zylinderlinse 30 ist mit durchgezogener Linie eingezeichnet. Es ist deutlich zu erkennen, dass die erforderliche Bauhöhe der Projektionslinse 18 bei der vorliegenden Erfindung deutlich geringer ist als bei der Projektionslinse 18' aus dem Stand der Technik.

**[0033]** Die Zylinderoptik weist in allen Horizontalschnitten (senkrecht zu den vertikalen Helldunkelgrenzen 19a der sekundären Lichtverteilungen 19 bzw. der Streifenmatrix) keine oder allenfalls eine sehr geringe Brechkraft auf. In diesen Schnitten zeigt die Zylinderlinse 30 gleiche Wandstärken. In den Vertikalschnitten wird die Brechkraft der Zylinderoptik dagegen maximal. Hier weist die Zylinderlinse 30 die größten Wanddickenunterschiede zwischen Linsenmitte und Linsenrand auf.

**[0034]** Die Zylinderoptik (Zylinderlinse 30 oder Zylinderreflektor 33) erzeugt vorzugsweise den gesamten vertikalen Verlauf der Lichtverteilung 21. Die Sekundäroptik 18, 36 weist dabei in den Vertikalschnitten vorzugsweise keine Brechkraft auf, d.h. die Sekundäroptik 18 ist ebenfalls als eine Zylinderlinse ausgebildet. Dies betrifft den Spezialfall zweier gekreuzter Zylinderoptiken, deren Brennlinsen sich in der Mitte der Lichtaustrittsflächen 16 der Primäroptiken 12 kreuzen. Die Zylinderlinse 30 erfüllt vorzugsweise die Sinusbedingung, wonach gleiche Abbildungsmaßstäbe in allen Linsen zonen herrschen. Eine vertikale Brennlinie der Zylinderlinse liegt möglichst mittig auf den Lichtaustrittsflächen 16 der Primäroptiken 12.

**[0035]** Ferner ist es denkbar, dass einer zylindrischen Grundform der Zylinderlinse 30 auf ihrer Lichtaustrittsfläche, die der Linse scharf abbildende Eigenschaften verleiht, eine Modulation überlagert ist. Diese Modulation ist funktional so definiert, dass die Zylinderlinse 30 wenigstens eine optische Fläche aufweist, welche die Grundform so moduliert, dass die Zylinderlinse 30 eine Einzellichtverteilung der primären Lichtverteilung 15 in eine Vielzahl von zweiten Teilbereichen einer Abbildung 38 der primären Lichtverteilung 15 überführt, die gleich groß und mit gleicher Orientierung gegeneinander verschoben überlappend angeordnet sind. In struktureller Hinsicht wird die Modulation bei der beschriebenen Ausgestaltung der Zylinderlinse 30 durch eine erste wellenförmige Deformation der optischen Fläche erzeugt, die der Grundform überlagert ist und die mindestens eine konkave und eine konvexe Halbwelle umfasst. Die wellenförmige Deformation besitzt eine zum Teil zylindrische Form, deren Zylinderachse parallel zur Hell-Dunkel-Grenze der Lichtverteilung ausgerichtet ist. Die wellenförmige Deformation der Lichtaustrittsfläche der Zylinderlinse 30 ist ein Bestandteil der letzten optischen Fläche in einem die primäre Lichtverteilung 15 in das Abbild 38 überführenden Strahlengang ist.

**[0036]** Figur 9 zeigt beispielhaft einen Ausschnitt einer Ersatzlichtquellenanordnung zur Verwendung in einem erfindungsgemäßen Lichtmodul 7. Es ist eine von mehreren Halbleiterlichtquellen 10 in Form eines LED-Chips 17 dargestellt. In Lichtaustrittsrichtung nach dem LED-Chip 17 ist beispielhaft eine von mehreren Sammellinsen

12 eines Sammellinsenarrays dargestellt. Eine Teilung des Linsenarrays ist mit T bezeichnet. Die Teilung T entspricht der Breite der einzelnen Sammellinsen 12 sowie dem Abstand der Mittelpunkte benachbarter LED-Chips 17. Mit  $B_{LED}$  ist eine Kantenlänge des LED-Chips 17 bezeichnet. Ein virtueller LED-Chip ist mit 17' bezeichnet. Die Kantenlänge des virtuellen LED-Chips 17' ist mit  $B'_{LED}$  bezeichnet. Ein objektseitiger Brennpunkt der Sammellinse 12 ist mit F und ein Hauptpunkt der Linse 12 ist mit H bezeichnet. Der Hauptpunkt H einer Linse ist als Schnittpunkt einer Hauptebene der Linse mit der optischen Achse der Linse definiert. Die Sekundäroptik 18, 36 des erfindungsgemäßen Lichtmoduls 7 ist vorzugsweise auf einen Hauptpunkt H einer der Sammellinsen 12, vorzugsweise auf den Hauptpunkt H der in der Nähe einer optischen Achse 24 des Lichtmoduls 7 befindlichen Sammellinse 12, fokussiert. Wenn das Lichtmodul 7 eine abgelenkte optische Achse aufweist (vgl. bspw. Fig. 2, 3, 5, 6) ist die Sekundäroptik 18, 36 des erfindungsgemäßen Lichtmoduls 7 vorzugsweise auf einen Hauptpunkt H der in der Nähe einer optischen Teilachse 24b der Sekundäroptik 18, 36 befindlichen Sammellinse 12, fokussiert. Das Bezugszeichen  $f$  bezeichnet die Brennweite der Linse 12 und  $S_F$  eine Schnittweite der Linse 12. Ein Abstand zwischen dem LED-Chip 17 und der Lichteintrittsfläche der Sammellinse 12 ist mit  $S_1$  und ein Abstand zwischen dem virtuellen Chip-Bild 17' und der Lichteintrittsfläche der Linse 12 mit  $S_2$  bezeichnet.

**[0037]** Der LED-Chip 17 liegt zwischen der in diesem Beispiel als Linse 12 ausgebildeten Primäroptik und deren objektseitigem Brennpunkt F. Der LED-Chip 17 wird durch die Linse 12 so vergrößert, dass das (aufrechte) virtuelle Bild 17' des Chips 17 (in Lichtaustrittsrichtung vor dem objektseitigen Linsenbrennpunkt F) etwa gleich groß ist wie die Linse 12, d.h.  $B'_{LED} \approx T$ . Für die angegebenen Größen gelten näherungsweise folgende Zusammenhänge:

$$\frac{S_F - S_1}{S_F} \approx \frac{B_{LED}}{T} \approx \frac{B_{LED}}{B'_{LED}}$$

$$0,1 \text{ mm} \leq S_1 \leq 2 \text{ mm}$$

$$1 \times B_{LED} \leq T \leq 4 \times B_{LED}$$

**[0038]** Die Sammellinsen 12 des Linsenarrays dienen nicht zur Erzeugung reeller Zwischenbilder der Lichtquellen 10 bzw. der Licht emittierenden Fläche 17, sondern bilden lediglich eine ausgeleuchtete Fläche (die primäre Lichtverteilung 15) auf der Lichtaustrittsfläche 16 der Sammellinsen 12. Die Lichtquellen 10 sind derart zwischen den Lichteintrittsflächen der Linsen 12 und den objektseitigen Brennpunkten F der Linsen 12 angeordnet, dass die Ränder der LED-Chip-Flächen 17 auf geometrischen Verbindungen von den Brennpunkten F zu den Linsenrändern liegen. Die Abstrahlflächen 17 der Lichtquellen 10 sind senkrecht zu den optischen Achsen

der Linsen 12 angeordnet. Dadurch ergibt sich eine sehr gleichmäßige Ausleuchtung der Linsen 12 und auf den Lichtaustrittsflächen 16 der Linsen 12 eine besonders homogene Lichtverteilung, die sog. Zwischenlichtverteilung oder primäre Lichtverteilung 15. Diese primären Lichtverteilungen 15 werden durch die Sekundäroptikordnung 18, 36 zur Erzeugung der resultierenden Gesamtlichtverteilung 21 des Lichtmoduls 7 auf der Fahrbahn vor dem Fahrzeug abgebildet. Die optischen Achsen der Einzellinsen 12 des Linsenarrays verlaufen alle in einer Ebene, bevorzugt sind sie parallel zueinander. Wenn das Lichtmodul 7 keine abgelenkte optische Achse 24 aufweist (vgl. bspw. Fig. 1a, 4), ist die optische Achse der Sekundäroptik 18, 36 auf der Seite, die den Primäroptiken 12 zugewandt ist, parallel zu der optischen Achse mindestens einer der Linsen 18.

**[0039]** In Figur 2 ist ein zweites Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung dargestellt. Dabei ist die Zylinderoptik im Strahlengang zwischen den Primäroptiken 12 und der Sekundäroptik 18 als ein Zylinderreflektor 33 ausgebildet. Falls dieser eine Zylinderachse 35 aufweist, ist diese vorzugsweise im Wesentlichen horizontal ausgerichtet, d.h. sie verläuft parallel zu der Horizontalebene 11. Die Zylinderachse 35 kann auf bzw. durch die Lichtaustrittsflächen 16 der Primäroptiken 12 verlaufen. Der Reflektor 33 faltet den Strahlengang (gefalteter Strahlengang 34) in der vertikalen Mittelebene 23. Durch das Falten des Strahlengangs kann die Baulänge des Lichtmoduls 7 deutlich verkürzt werden. Durch den Zylinderreflektor 33 wird also der Strahlengang gefaltet, d.h. die optische Achse 24 des Lichtmoduls 7 abgewinkelt, so dass sich zwei in einem Winkel zueinander verlaufende Teilachsen 24a, 24b ergeben. Dies geschieht vorzugsweise in der Vertikalebene 23 (vgl. Figuren 2 und 5) oder in einer Horizontalebene 11 (vgl. Figur 3), welche die geknickte optische Achse 24a, 24b enthält. Dabei ist eine erste optische Achse 24a vorzugsweise einer der Primäroptiken 12 und eine weitere optische Achse 24b der Sekundäroptik 18 zugeordnet. Der Strahlengang wird durch den Zylinderreflektor 33 bevorzugt in einem rechten oder spitzen Winkel gefaltet.

**[0040]** Auch bei diesem Ausführungsbeispiel weist die Zylinderoptik in allen Horizontalschnitten (senkrecht zu den vertikalen Helldunkelgrenzen 19a der sekundären Lichtverteilungen 19 bzw. der Streifenmatrix) keine oder allenfalls eine sehr geringe Brechkraft auf. In diesen Schnitten ist die Krümmung eines Zylinderreflektors 33 gleich Null. In den Vertikalschnitten wird die Brechkraft der Zylinderoptik dagegen maximal. Der Zylinderreflektor 33 bzw. dessen Reflexionsfläche zeigt in den Vertikalschnitten maximale Krümmungen. Der zylindrische Reflektor 33 kann ein zumindest abschnittsweise parabolähnliches Profil aufweisen. Eine horizontale Brennlinie des Zylinderreflektors 33 liegt möglichst mittig auf den Lichtaustrittsflächen 16 der Primäroptiken 12.

**[0041]** In Figur 3 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel gezeigt, bei dem der Strahlengang in einer Horizontalebene 11 gefaltet wird (gefalteter Strahlengang 34). Dabei

ist die Zylinderoptik als ein Zylinderreflektor 33 ausgebildet. Falls die Zylinderoptik 33 eine Zylinderachse 35 aufweist, ist diese vorzugsweise quer zu einer Winkelhalbierenden eines Winkels ausgerichtet, der durch eine einer der Primäroptiken 12 zugeordneten optische Achse 24a und eine der Sekundäroptik 18 zugeordnete optische Achse 24b aufgespannt wird. Im horizontal gefalteten Strahlengang wird die Krümmung in den Vertikalschnitten des zylinderförmigen Umlenkspiegels 33 vorzugsweise so variiert, dass die Krümmung ( $1/\text{Radius}$ ) an einer den Primäroptiken 12 zugewandten Spiegelseite 33a größer ist als an einer der Sekundäroptik 18 zugewandten Seite 33b (vgl. Figur 3). Die Reflexionsfläche des Zylinderreflektors 33 soll weiterhin als Regelfläche ausgeführt sein, so dass die Krümmung in den Horizontalschnitten, bspw. in der Horizontalebene 11, weiterhin Null ist. Aus der Zylinderfläche wird also eine kegelartige Fläche, wobei eine Kegelspitze auf Seite der Primäroptiken 12 liegt. Die Krümmung in den Vertikalschnitten ist jedoch vorzugsweise nicht konstant (=Kreisbogensegment), sondern kann entlang des Profils so variiert werden, dass sich der gewünschte vertikale Beleuchtungsstärkeverlauf (vgl. die Isolux-Linien 22) in den Matrix-Lichtverteilungen 19 ergibt.

**[0042]** Das den Primäroptiken 12 nachgeordnete Optiksyste(m), d.h. die Zylinderoptik 30; 33 und die Sekundäroptik 18; 36 (jeweils wahlweise als Linse oder als Reflektor ausgeführt), bilden die vertikalen Grenzen zwischen benachbarten Lichtaustrittsflächen 16 des Linsenarrays 12 als vertikale Helldunkelgrenzen 19a ab. Dabei werden die vertikalen Helldunkelgrenzen 19a im Wesentlichen durch die Sekundäroptik 18; 36 erzeugt und die Zylinderoptik 30; 33 weist in den dafür maßgeblichen Horizontalschnitten im Wesentlichen keine Brechkraft auf. Dies bedeutet, dass in Horizontalschnitten durch das Optiksyste(m) 30; 33 und 18; 36 gleiche optische Weglängen zwischen den Lichtaustrittsflächen 16 der Primäroptiken 12 und den zugeordneten Rändern (= vertikale Helldunkelgrenzen) 19a der Matrix-Lichtverteilungen 19 vorliegen. Die Lichtaustrittsfläche 18a der Projektionslinse 18 wird darüber hinaus vorzugsweise mit einer zumindest horizontal streuenden Mikrostruktur versehen.

**[0043]** Ein Zylinderreflektor 33 gemäß den Ausführungsbeispielen der Figuren 2, 3, 5 und 6 hat gegenüber anderen in den Strahlengang eingebrachten Umlenkspiegeln folgende Vorteile:

- Der Zylinderreflektor 33 erzeugt im Gegensatz zu einem Rotationshyperboloid keine gedrehten Abbilder der Lichtquelle 10 bzw. der Licht emittierenden Fläche 17 und keine Koma. Ferner gibt es keinen negativen Einfluss auf die Objektfeldwölbung bzw. Randschärfe der Pixel 19. Die Helldunkelgrenzen 19a der Matrix-Lichtverteilungen 19 bleiben in ihrer Schärfe bzw. in ihrer definierten Unschärfe (wenn eine streuende Sekundäroptik 18 eingesetzt wird) erhalten.
- Ein Öffnungswinkel der Strahlenbündel, welche die

Primäroptiken 12 in Richtung der Sekundäroptik 18, verlassen, kann durch den Zylinderreflektor 33 in den Vertikalschnitten wesentlich reduziert werden, wodurch sich im Unterschied zu einem ebenen Umlenkspiegel die erforderliche Öffnung der Sekundäroptik 18, (Linsenhöhe bzw. Reflektorhöhe) deutlich verringert.

**[0044]** Mit Hilfe eines Zylinderreflektors 33 lassen sich also Baulänge des Lichtmoduls 7 und Bauhöhe der Sekundäroptik 18, deutlich verringern. Auf diese Weise können besonders kompakte, aber gleichzeitig effiziente Lichtmodule 7 und Scheinwerfer 1 für Kraftfahrzeuge realisiert werden. Die Erfindung bietet in den meisten Scheinwerferbauformen Vorteile bzw. ermöglicht erst den Einbau eines Matrix-Fernlichtmoduls 7.

**[0045]** Figur 4 zeigt einen Vertikalschnitt durch ein erfindungsgemäßes Lichtmodul 7, wie es bspw. in Figur 1a dargestellt ist. Es umfasst ein LED-Array 10, ein Primärlinsen-Array 12, eine Zylinderlinse 30 und eine Projektionslinse 18. Dank der Zylinderlinse 30 wird der Abstrahlwinkel der Primärlinsen 12 von  $\Phi$  auf  $\phi$  reduziert. Somit kann auch die Höhe der Projektionslinse 18 von H auf h verringert werden. Der bei der Projektionslinse 18 des erfindungsgemäßen Lichtmoduls 7 nicht mehr benötigte Teil der herkömmlichen Projektionslinse 18' des aus dem Stand der Technik bekannten Lichtmoduls ist schraffiert dargestellt. Durch das Entfernen der schraffierten Bereiche ergibt sich eine oben und unten abgeflachte Projektionslinse 18 mit einer besonders geringen Bauhöhe.

**[0046]** In Figur 5 ist ein Vertikalschnitt durch ein erfindungsgemäßes Lichtmodul 7 dargestellt, wie es bspw. in Figur 2 dargestellt ist. Es umfasst ein LED-Array 10, ein Primärlinsen-Array 12, einen Zylinderreflektor 33 und eine Projektionslinse 18. Dank des Zylinderreflektors 33 wird der Abstrahlwinkel der Primärlinsen 12 reduziert und der Strahlengang abgelenkt. Somit kann auch die Höhe der Projektionslinse 18 von H auf h verringert werden. Der für die Projektionslinse 18 des erfindungsgemäßen Lichtmoduls 7 nicht mehr benötigte Teil der bekannten Projektionslinse 18' ist auch hier schraffiert dargestellt.

**[0047]** Figur 6 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Lichtmoduls 7, das ähnlich dem Beispiel aus Figur 5 ist, jedoch mit einem Reflektor 36 als Sekundäroptik. Der Reflektor 36 ist vorzugsweise als ein Parabelreflektor ausgebildet. Auch hier ist es so, dass der Zylinderreflektor 33 den Abstrahlwinkel der Primäroptiken 12 in vertikaler Richtung reduziert, so dass die Höhe der Sekundäroptik 36 gegenüber herkömmlichen Lichtmodulen ohne einen Zylinderreflektor deutlich reduziert werden kann. Der Parabelreflektor 36 bildet die mittels des Zylinderreflektors 33 vergrößerten primären Lichtverteilungen 15 auf der Fahrbahn (oder einem Messschirm 20) vor dem Kraftfahrzeug als sekundäre Lichtverteilungen 19 ab. Die resultierende Lichtverteilung 21 des Lichtmoduls 7 ergibt sich aus einer Überlagerung sämtlicher aktiver sekundärer Lichtverteilungen

19.

**[0048]** In den Figuren 7a und 7b sind die Abbilder der Primärlinsen 12 dargestellt, die jeweils eine infinitesimal kleine Fläche der Sekundäroptik 18; 36 entwerfen. Ohne Zylinderoptik 30, 33 würde jede Sekundärlinsenzone weitgehend gleich große und gleich orientierte Bilder der Primärlinsen 12 entwerfen. Die Bilder der verschiedenen Sekundäroptikzonen hätten also alle dieselbe Form und Größe und sind lediglich gegeneinander verschoben, um die gewünschte Lichtverteilung 19 zu erzeugen. Durch die Zylinderoptik 30, 33 werden diese Bilder nun alle in gleicher Weise vertikal auseinandergezogen (vgl. Figur 7b). Die Bilder einer infinitesimalen Optikfläche sind aufgrund der infinitesimalen Öffnung alle scharf. Figur 7a zeigt eine primäre Lichtverteilung 15 auf der angedeuteten Lichtaustrittsfläche 16 einer Primäroptik 12, insbesondere einer Sammellinse. Aus diesen ausgeleuchteten Flächen 15 erzeugt die Sekundäroptik 18, 36 die sekundären Lichtverteilungen 19, die einander ergänzen und die gewünschte resultierende Lichtverteilung 21 des Lichtmoduls 7 bilden. Durch die Zylinderoptik 30, 33 können die ausgeleuchteten Flächen 15 auf den Lichtaustrittsflächen 16 der Primäroptiken 12 in vertikaler Richtung auseinander gezogen werden (anamorphotische Vergrößerung), so dass sich ein vergrößertes Abbild 38 ergibt (vgl. Fig. 7b). Die Breite der ausgeleuchteten Flächen 15 bleibt dabei im Wesentlichen unverändert, d.h. die Breite der vergrößerten Abbilder 38 ist im Wesentlichen gleich groß wie die Breite der ausgeleuchteten Flächen 15 auf den Lichtaustrittsflächen 16 der Primäroptiken 12.

### Patentansprüche

#### 1. Lichtmodul (7) eines Scheinwerfers (1) eines Kraftfahrzeugs, umfassend

- mehrere matrixartig neben- und/oder übereinander angeordnete, einzeln ansteuerbare Halbleiterlichtquellen (10) zum Aussenden von Licht,
- mehrere den Halbleiterlichtquellen (10) zugeordnete matrixartig neben- und/oder übereinander angeordnete Primäroptiken (12) zum Bündeln zumindest eines Teils des von den Halbleiterlichtquellen (10) ausgesandten Lichts, und
- eine gemeinsame Sekundäroptik (18; 36) zum Abbilden von sekundären Lichtverteilungen (19) auf einer Fahrbahn vor dem Kraftfahrzeug derart, dass die sekundären Lichtverteilungen (19) einen Fernbereich ausleuchten, wobei die sekundären Lichtverteilungen (19) von der Sekundäroptik (18; 36) erzeugte vertikale Helldunkelgrenzen (19a) aufweisen und wobei auf Lichtaustrittsflächen (16) der Primäroptiken (12) primäre Lichtverteilungen (15) erzeugbar sind, die von der Sekundäroptik (18; 36) als die sekundären Lichtverteilungen (19) auf der Fahr-

bahn vor dem Kraftfahrzeug abbildbar sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Strahlengang des Lichtmoduls (7) zwischen den Primäroptiken (12) und der Sekundäroptik (18; 36) eine Zylinderoptik (30; 33) angeordnet ist, die in Horizontalschnitten im Wesentlichen keine Brechkraft aufweist und in Vertikalschnitten Licht sammelnde Eigenschaften aufweist.

2. Lichtmodul (7) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zylinderoptik (30; 33) eine Zylinderachse (31; 35) aufweist, die im Wesentlichen horizontal und quer zu einer optischen Achse (24; 24b) der Sekundäroptik (18; 36) ausgerichtet ist.

3. Lichtmodul (7) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zylinderoptik (30; 33) eine Zylinderachse (31; 35) aufweist, die quer zu einer Winkelhalbierenden eines Winkels ausgerichtet ist, der durch eine optische Achse (24a) einer Primäroptik (12) und eine optische Achse (24b) der Sekundäroptik (18; 36) aufgespannt wird.

4. Lichtmodul (7) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zylinderoptik als eine Zylinderlinse (30) oder als ein Zylinderreflektor (33) ausgebildet ist.

5. Lichtmodul (7) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sekundäroptik als eine Projektionslinse (18) oder als ein Sekundärreflektor (36) ausgebildet ist.

6. Lichtmodul (7) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Primäroptiken (12) als Sammellinsen ausgebildet sind.

7. Lichtmodul (7) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Halbleiterlichtquellen (10) zwischen den Sammellinsen (12) und objektseitigen Brennpunkten (F) der Sammellinsen (12) angeordnet sind.

8. Lichtmodul (7) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zylinderoptik als ein Zylinderreflektor (33) ausgebildet ist, der derart im Strahlengang angeordnet ist, dass er den Strahlengang faltet.

9. Lichtmodul (7) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Zylinderreflektor (33) eine optische Achse (24; 24a, 24b) des Lichtmoduls (7) in einer Horizontal- oder einer Vertikalebene faltet.

10. Lichtmodul (7) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zylinderoptik (30; 33) eine anamorphotische Vergrößerung der primären Lichtverteilungen (15) auf den Lichtaus-

trittsflächen (16) der Primäroptiken (12) um ein Vielfaches bewirkt.

11. Lichtmodul (7) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sekundäroptik als eine Projektionslinse (18) ausgebildet ist, wobei die Projektionslinse (18) oben und/oder unten einen im Wesentlichen horizontal abgeflachten Bereich aufweist. 5
12. Lichtmodul (7) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sekundäroptik (18; 36) derart ausgebildet ist, dass die von dieser auf der Fahrbahn vor dem Kraftfahrzeug abgebildeten sekundären Lichtverteilungen (19) ohne Überlappung der sekundären Lichtverteilungen (19) unmittelbar aneinander grenzen. 10 15
13. Lichtmodul (7) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sekundäroptik (18; 36) derart ausgebildet ist, dass die von dieser auf der Fahrbahn vor dem Kraftfahrzeug abgebildeten sekundären Lichtverteilungen (19) nebeneinander angeordnet sind, wobei sich zumindest seitliche Bereiche zueinander benachbarter sekundärer Lichtverteilungen (19) gegenseitig überlappen. 20 25
14. Lichtmodul (7) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Lichtmodul (7) zum gezielten Deaktivieren einzelner Halbleiterlichtquellen (10) ausgebildet ist, in deren entsprechender sekundärer Lichtverteilung (19) ein anderer Verkehrsteilnehmer detektiert wurde, wobei die Deaktivierung der einzelnen Halbleiterlichtquelle(n) (10) in Abhängigkeit von einem Signal von Detektionsmitteln zur Detektion des anderen Verkehrsteilnehmers vor dem Kraftfahrzeug erfolgt. 30 35
15. Scheinwerfer (1) für ein Kraftfahrzeug, umfassend ein Gehäuse (2) mit einer durch eine transparente Abdeckscheibe (5) verschlossenen Lichtaustrittsöffnung (4) und mindestens ein in dem Gehäuse (2) angeordnetes Lichtmodul (6, 7, 8), **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein Lichtmodul (7) des Scheinwerfers (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche ausgebildet ist. 40 45

## Claims

1. A light module (7) of a headlamp (1) for a motor vehicle, comprising 50
- several semiconductor light sources (10) that can be individually activated, and are disposed in the manner of a matrix, adjacent to and/or above one another, for emitting light, 55
  - several primary optics (12) disposed in the manner of a matrix, adjacent to and/or above

one another, allocated to the semiconductor light sources (10), for bundling at least a portion of the light emitted by the semiconductor light sources (10), and

- a shared secondary optic (18; 36) for projecting secondary light distributions (19) on a roadway in front of the motor vehicle, such that the secondary light distributions (19) illuminate a high-beam region, wherein the secondary light distributions exhibit vertical light/dark borders (19a) generated by the secondary optic (18; 36), and wherein primary light distributions (15) are producible on light exit surfaces (16) of the primary optics (12), which can be projected onto the roadway in front of the vehicle by the secondary optics (18; 36) as the secondary light distributions (19), **characterised in that** a cylindrical optic (30; 33), which exhibits substantially no refraction in the horizontal cross-sections and exhibits light collecting characteristics in the vertical cross-sections, is disposed in the beam path of the light module (7) between the primary optics (12) and the secondary optic (18; 36).

2. The light module (7) according to Claim 1, **characterized in that** the cylindrical optic (30; 33) has a cylinder axis (31; 35), which is oriented such that it is substantially horizontal and transverse to an optical axis (24; 24b) of the secondary optic (18; 36).
3. The light module (7) according to Claim 1, **characterized in that** the cylindrical optic (30; 33) has a cylinder axis (31; 35), which is oriented such that it is transverse to an angle bisector of an angle spanning an optical axis (24a) of a primary optic (12) and an optical axis (24b) of the secondary optic (18; 36).
4. The light module (7) according to one of the Claims 1 to 3, **characterized in that** the cylindrical optic is designed as a cylindrical lens (30) or as a cylindrical reflector (33).
5. The light module (7) according to one of the Claims 1 to 4, **characterized in that** the secondary optic is designed as a projection lens (18) or as a secondary reflector (36).
6. The light module (7) according to one of the Claims 1 to 5, **characterized in that** the primary optics (12) are designed as collecting lenses.
7. The light module (7) according to Claim 6, **characterized in that** the semiconductor light sources (10) are disposed between the collecting lenses (12) and the object-side focal points (F) of the collecting lenses (12).
8. The light module according to one of the Claims 1

- to 7, **characterized in that** the cylindrical optic is designed as a cylindrical reflector (33), which is disposed in the beam path such that it folds the beam path.
9. The light module (7) according to Claim 8, **characterized in that** the cylindrical reflector (33) folds the optical axis (24; 24a, 24b) of the light module (7) in a horizontal plane or a vertical plane.
10. The light module (7) according to one of the Claims 1 to 9, **characterized in that** the cylindrical optic (30; 33) causes an anamorphic enlargement of the primary light distributions (15) on the light exit surfaces (16) of the primary optics (12) by a multiple thereof.
11. The light module (7) according to Claim 10, **characterized in that** the secondary optic is designed as a projection lens (18), wherein the projection lens (18) exhibits a region at the top and bottom that is truncated, substantially horizontally.
12. The light module (7) according to one of the Claims 1 to 11, **characterized in that** the secondary optic (18; 36) is designed such that the secondary light distributions (19) projected therefrom onto the roadway in front of the motor vehicle border one another directly, without overlapping of the secondary light distributions (19).
13. The light module (7) according to one of the Claims 1 to 11, **characterized in that** the secondary optic (18; 36) is designed such that the secondary light distributions (19) projected therefrom onto the roadway in front of the motor vehicle are disposed adjacent to one another, wherein at least lateral regions of adjacent secondary light distributions (19) overlap one another.
14. The light module (7) according to one of the Claims 1 to 13, **characterized in that** the light module (7) is designed for the targeted deactivation of individual semiconductor light sources (10), in the corresponding secondary light distribution (19) of which another road user has been detected, wherein the deactivation of the individual semiconductor light source(s) (10) occurs as a function of a signal from detection means for detecting the other road users in front of the motor vehicle.
15. A headlamp (1) for a motor vehicle, comprising a housing (2) having a light exit aperture (4) closed by a transparent cover plate (5), and at least one light module (6, 7, 8) disposed in the housing (2), **characterized in that** at least one light module (7) of the headlamp (1) is designed according to one of the preceding claims.

## Revendications

1. Module d'éclairage (7) d'un projecteur (1) d'un véhicule automobile, comprenant
  - plusieurs sources lumineuses semi-conductrices (10) destinées à émettre de la lumière, disposées les unes à côté des autres et/ou les unes au-dessus des autres sous la forme d'une matrice et aptes à être commandées individuellement,
  - plusieurs optiques primaires (12) associées aux sources lumineuses semi-conductrices (10) et disposées les unes à côté des autres et/ou les unes au-dessus des autres sous la forme d'une matrice, destinées à focaliser au moins une partie de la lumière émise par les sources lumineuses semi-conductrices (10), et
  - une optique secondaire commune (18; 36) destinée à former l'image de répartitions de lumière secondaires (19) sur une chaussée devant le véhicule automobile de façon telle que les répartitions de lumière secondaires (19) éclairent une zone lointaine, les répartitions de lumière secondaires (19) comprenant des coupures verticales (19a) produites par l'optique secondaire (18; 36) et sur les surfaces de sortie de lumière (16) des optiques primaires (12), des répartitions de lumière primaires (15) pouvant être engendrées qui sont susceptibles d'être reproduites par l'optique secondaire (18; 36) sur la chaussée devant le véhicule automobile comme les répartitions de lumière secondaires (19), **caractérisé en ce que**, sur le trajet de faisceau du module d'éclairage (7), entre les optiques primaires (12) et l'optique secondaire (18; 36), une optique cylindrique (30; 33) est disposée qui, en coupes horizontales, ne présente essentiellement pas de pouvoir de réfraction et qui, en coupes verticales, présente des caractéristiques de focalisation de lumière.
2. Module d'éclairage (7) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'optique cylindrique (30; 33) comprend un axe de cylindre (31; 35) qui est orienté sensiblement horizontalement et perpendiculairement à un axe optique (24; 24b) de l'optique secondaire (18; 36).
3. Module d'éclairage (7) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'optique cylindrique (30; 33) comprend un axe cylindrique (31; 35) qui est orienté perpendiculairement à une bissectrice d'un angle qui est défini entre un axe optique (24a) d'une optique primaire (12) et un axe optique (24b) d'une optique secondaire (18; 36).
4. Module d'éclairage (7) selon l'une des revendica-

- tions 1 à 3, **caractérisé en ce que** l'optique cylindrique est formée comme une lentille cylindrique (30) ou comme un réflecteur cylindrique (33).
5. Module d'éclairage (7) selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** l'optique secondaire est formée comme une lentille de projection (18) ou comme un réflecteur secondaire (36). 5
6. Module d'éclairage (7) selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** les optiques primaires (12) sont formées comme des lentilles convergentes. 10
7. Module d'éclairage (7) selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** les sources lumineuses semi-conductrices (10) sont disposées entre les lentilles convergentes (12) et des foyers du côté objet (F) des lentilles convergentes (12). 15
8. Module d'éclairage (7) selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** l'optique cylindrique est formée comme un réflecteur cylindrique (33) qui est disposé dans le trajet du rayon de manière telle qu'il plie le trajet du rayon. 20
9. Module d'éclairage (7) selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** le réflecteur cylindrique (33) plie un axe optique (24; 24a, 24b) du module d'éclairage (7) dans un plan horizontal ou vertical. 25
10. Module d'éclairage (7) selon l'une des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** l'optique cylindrique (30; 33) effectue un agrandissement anamorphique, d'un multiple, des répartitions de lumière primaires (15) sur les surfaces de sortie de lumière (16) des optiques primaires (12). 30
11. Module d'éclairage (7) selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** l'optique secondaire est formée comme une lentille de projection (18), la lentille de projection (18) comportant en-haut et/ou en bas une zone aplatie essentiellement horizontalement. 35
12. Module d'éclairage (7) selon l'une des revendications 1 à 11, **caractérisé en ce que** l'optique secondaire (18; 36) est formée de façon telle que les répartitions de lumière secondaires (19) formées par elle sur la chaussée devant le véhicule, soient directement adjacentes l'une à l'autre, sans que les répartitions de lumière secondaires (19) se chevauchent. 40
13. Module d'éclairage (7) selon l'une des revendications 1 à 11, **caractérisé en ce que** l'optique secondaire (18; 36) est formée de façon telle que les répartitions de lumière secondaires (19) formées par elle sur la chaussée devant le véhicule soient dispo- 45
- sées les unes à côté des autres, des zones au moins latérales de répartitions de lumière secondaires (19) avoisinantes les unes par rapport aux autres se chevauchant l'une l'autre.
14. Module d'éclairage (7) selon l'une des revendications 1 à 13, **caractérisé en ce que** le module d'éclairage (7) est formé pour une désactivation ciblée de sources lumineuses semi-conductrices (10) individuelles dans les répartitions de lumière secondaires (19) desquelles un autre usager de la voie publique est détecté, la désactivation de la (ou des) différente(s) source (s) lumineuse(s) semi-conductrice(s) (10) se produisant en fonction d'un signal de moyens de détection pour la détection d'un autre usager de la voie publique devant le véhicule. 50
15. Projecteur (1) pour un véhicule automobile, comprenant un boîtier (2) avec une ouverture de sortie de la lumière, fermée par une plaque de couverture transparente (5), et au moins un module d'éclairage disposé (6; 7; 8) dans le boîtier (2), **caractérisé en ce qu'**au moins un module d'éclairage (7) du projecteur (1) est configuré selon l'une des revendications précédentes. 55



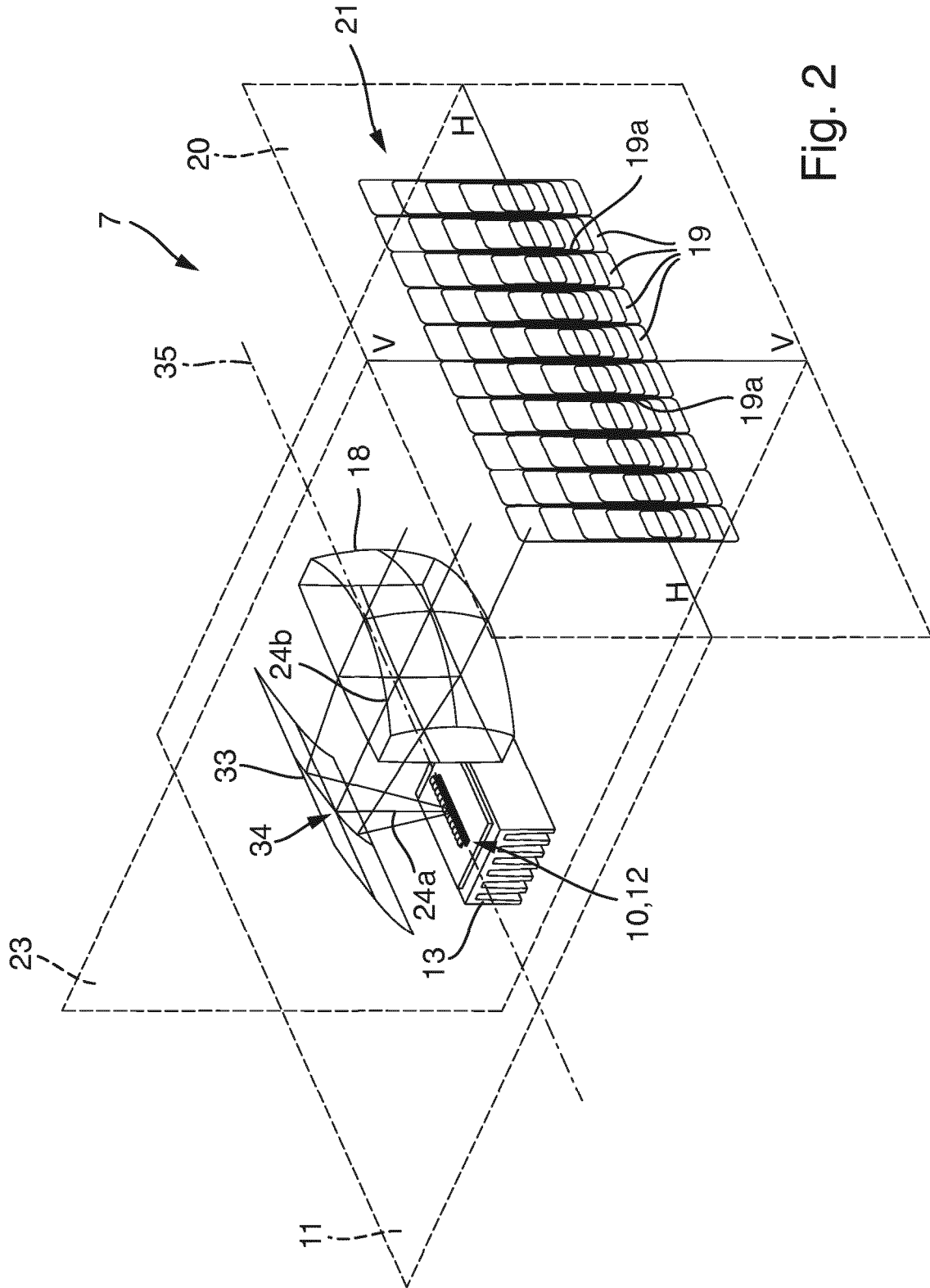


Fig. 2

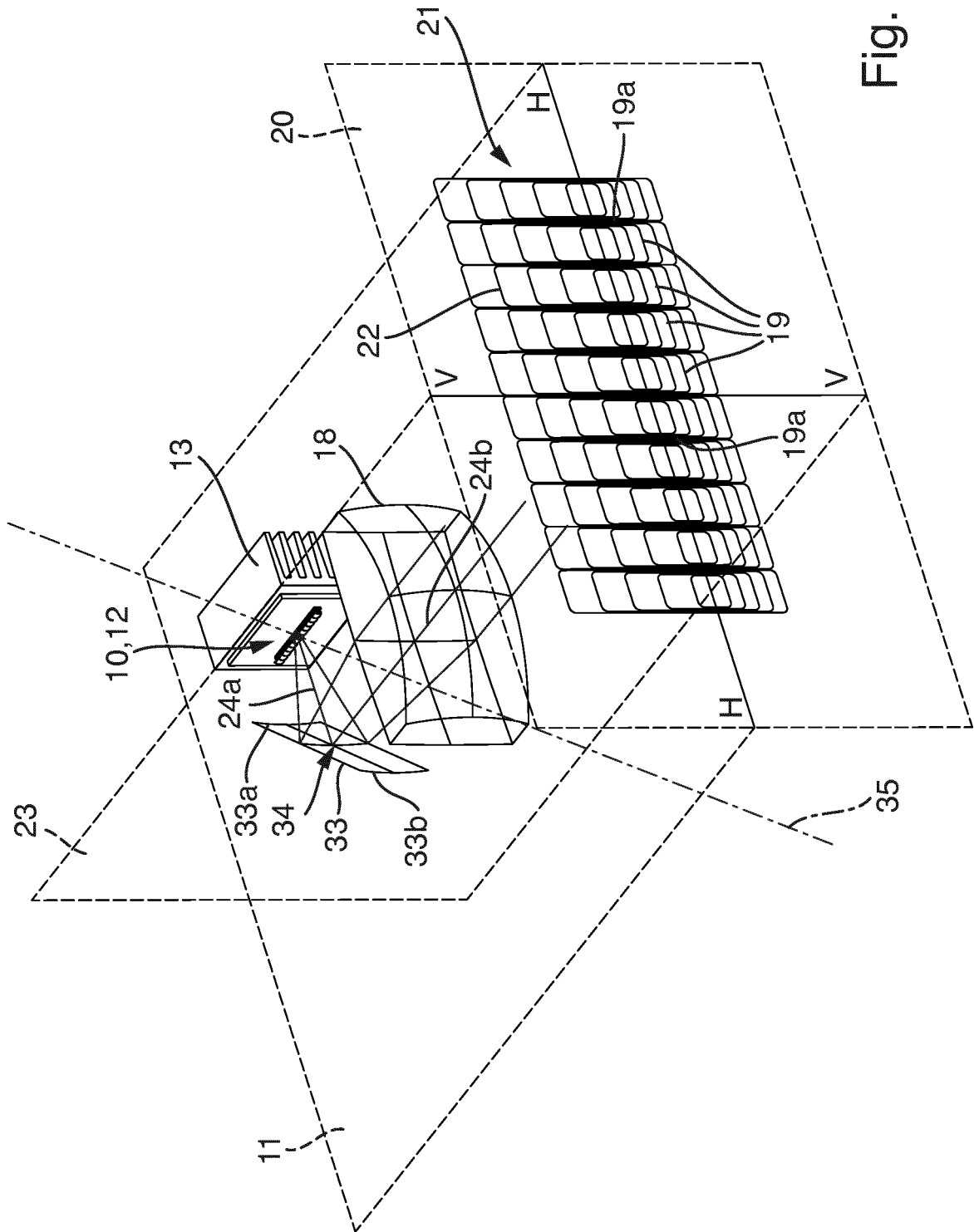


Fig. 3

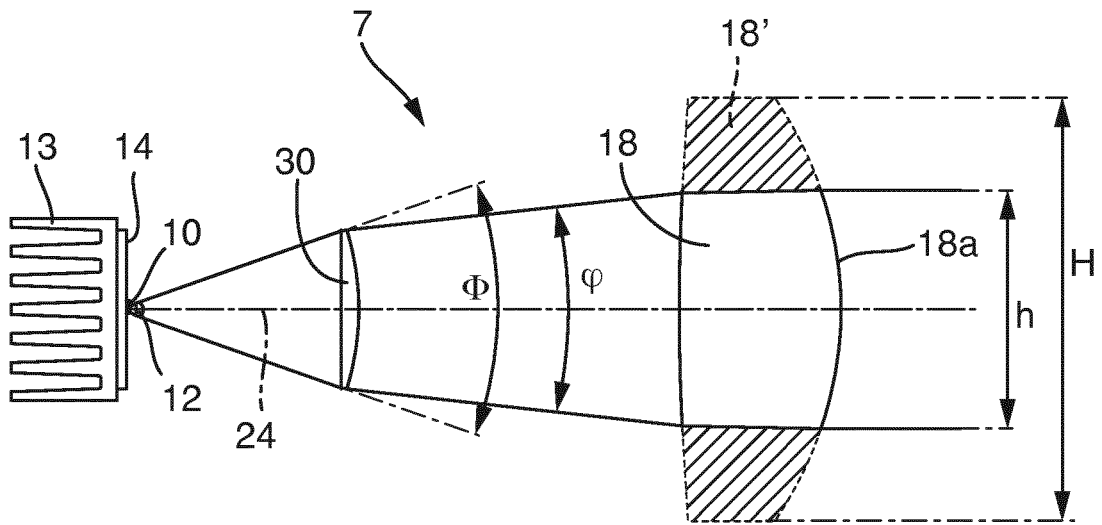


Fig. 4

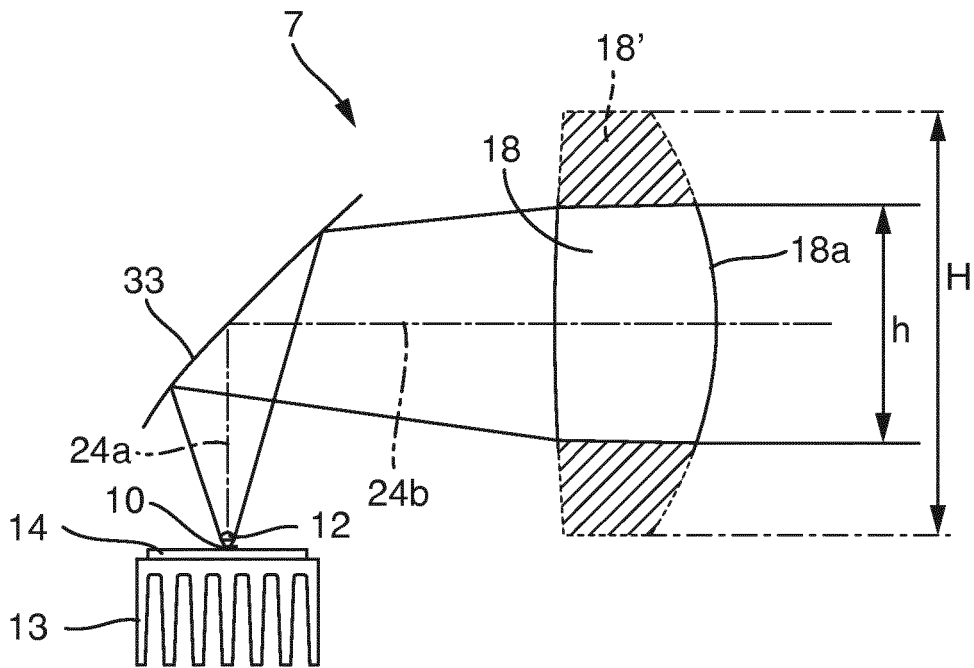
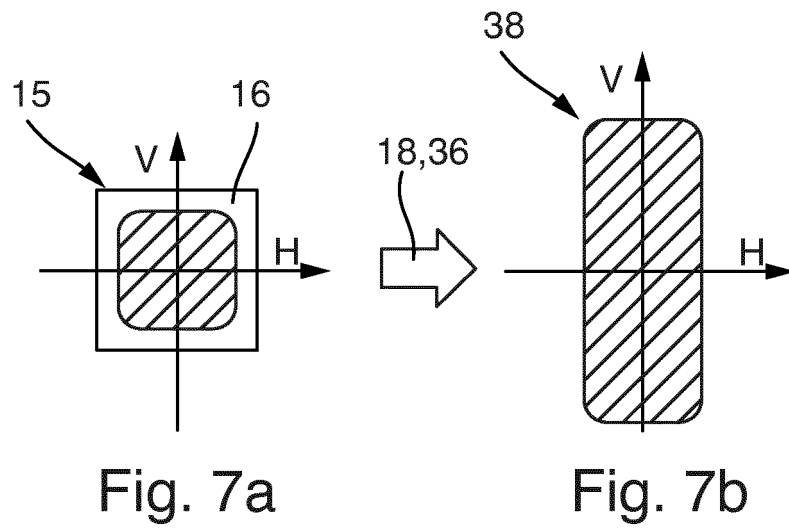
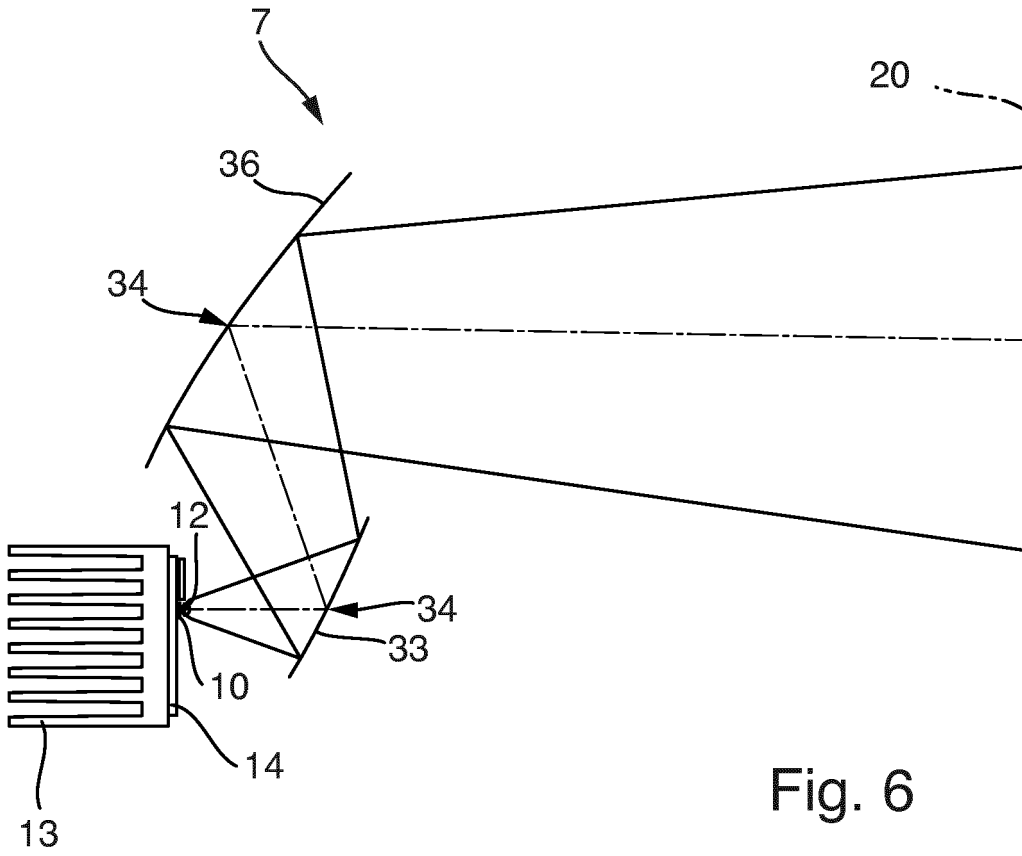
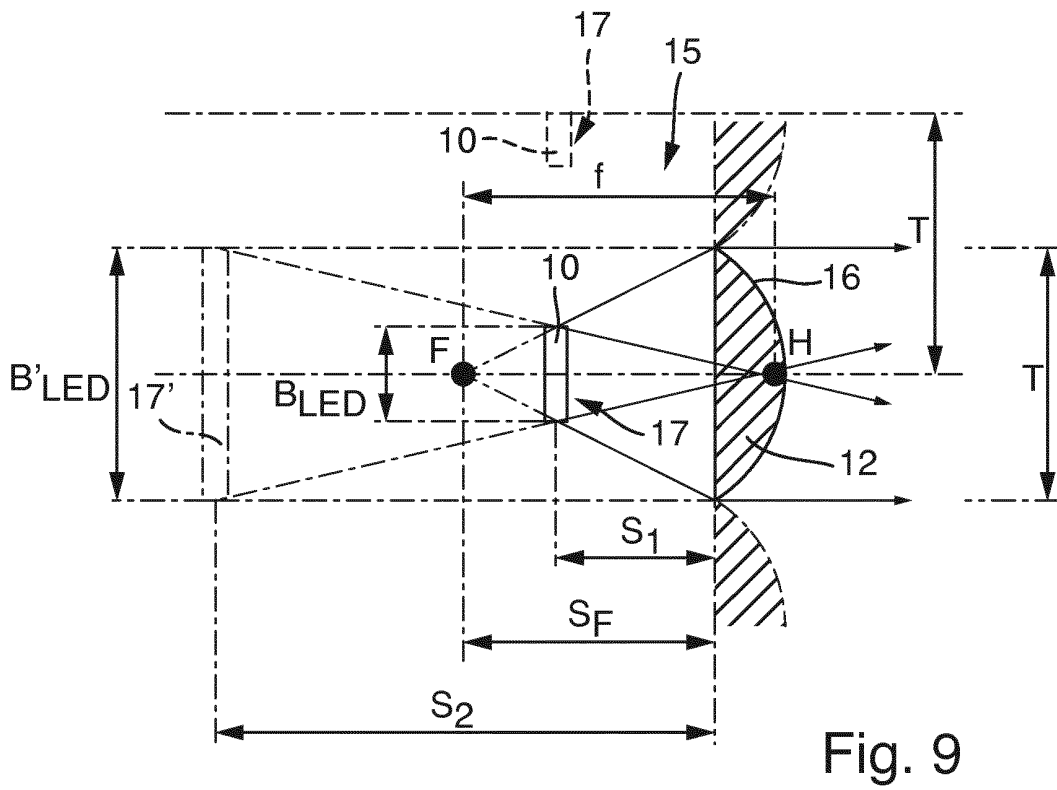
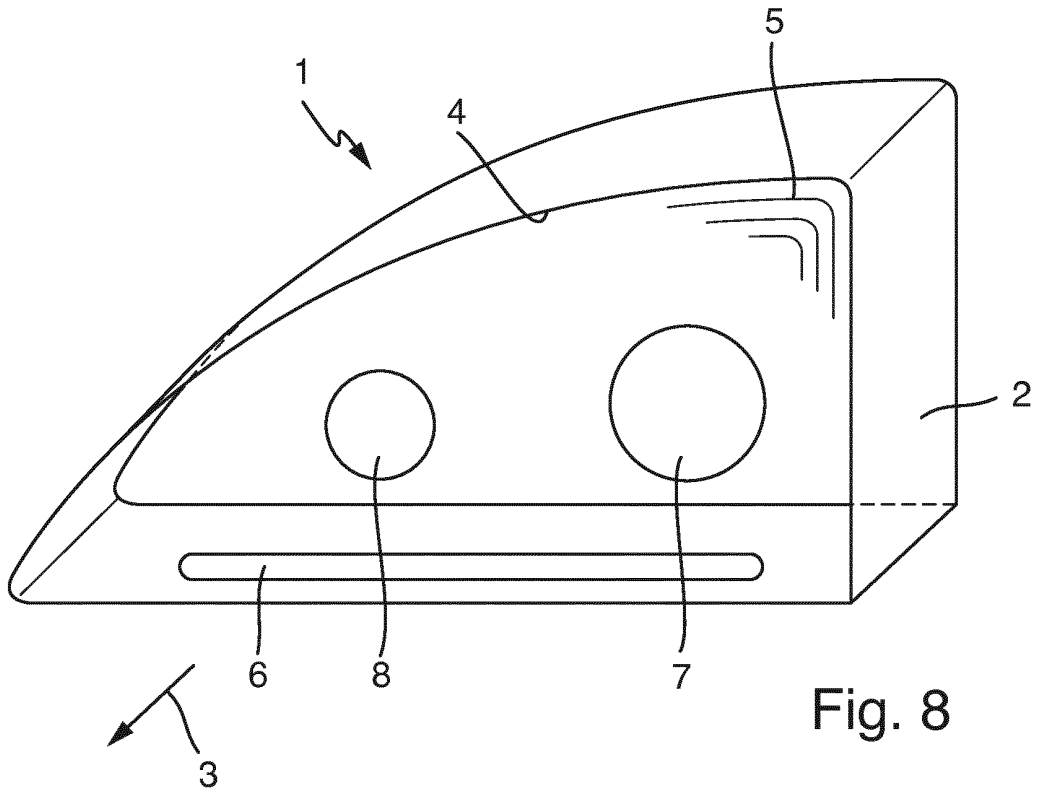


Fig. 5





**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**

- DE 102011077636 A1 **[0001]**
- DE 102012223658 A1 **[0003] [0004] [0005] [0007]**