

(19)



(11)

EP 2 431 658 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
21.03.2012 Patentblatt 2012/12

(51) Int Cl.:
F21V 5/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **11179302.2**

(22) Anmeldetag: **30.08.2011**

(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

(72) Erfinder:
• **Stefanov, Emil P.**
72762 Reutlingen (DE)
• **Schotten, Uwe**
72072 Tübingen (DE)

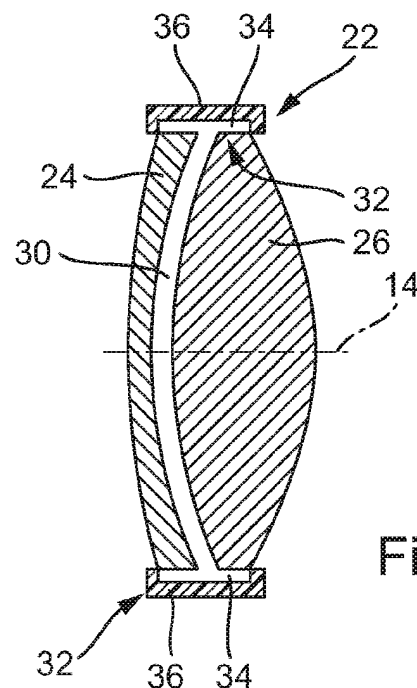
(30) Priorität: **16.09.2010 DE 102010046626**

(74) Vertreter: **Dreiss**
Patentanwälte
Gerokstrasse 1
70188 Stuttgart (DE)

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

(54) **Farbkorrigierende Projektionsoptik für ein Lichtmodul eines Kraftfahrzeug-Scheinwerfers**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft eine farbkorrigierende Projektionsoptik (22) eines Lichtmoduls (10) eines Kraftfahrzeug-Scheinwerfers. Die farbkorrigierende Projektionsoptik (22) umfasst mindestens zwei in Lichtdurchtrittsrichtung (18) hintereinander angeordnete Teillinsen (24, 26) sowie einen zwischen den Teillinsen (24, 26) ausgebildeten Abstandsraum (28). Dieser ist durch ein multifunktionales Medium (30) vollständig gefüllt, das die Teillinsen (24, 26) entlang ihres Außenumfangs zumindest abschnittsweise umschließt. Das Medium (30) erfüllt dabei die Funktion eines optisch aktiven Teilmediums einer weiteren Teillinse im Strahlengang des durch die farbkorrigierende Projektionsoptik (22) hindurchtretenden Lichts, erfüllt von einem Zentrum bis zu einem äußeren Rand der farbkorrigierenden Projektionsoptik (22) die Funktion eines Füll- und Dichtungsmediums und erfüllt außerhalb des Außenumfangs der farbkorrigierenden Projektionsoptik (22) die Funktion eines Ausgleichsmediums.

**Fig. 4****EP 2 431 658 A2**

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine farbkorrigierende Projektionsoptik eines Lichtmoduls eines KraftfahrzeugScheinwerfers. Die farbkorrigierende Projektionsoptik umfasst mindestens zwei in einer Lichtdurchtrittsrichtung hintereinander angeordnete Teillinsen sowie einen zwischen den Teillinsen ausgebildeten Abstandsraum. Außerdem betrifft die Erfindung ein Lichtmodul eines KraftfahrzeugScheinwerfers. Das Lichtmodul umfasst mindestens eine Lichtquelle zum Aussenden von Licht, mindestens eine Primäroptik zum Bündeln zumindest eines Teils des ausgesandten Lichts, und mindestens eine Sekundäroptik zum Projizieren zumindest eines Teils des gebündelten Lichts als Lichtverteilung auf eine Fahrbahn vor das Fahrzeug. Die Sekundäroptik umfasst eine farbkorrigierende Projektionsoptik mit mindestens zwei in einer Lichtdurchtrittsrichtung hintereinander angeordneten Teillinsen sowie einen zwischen den Teillinsen ausgebildeten Abstandsraum.

[0002] Aus dem Stand der Technik sind verschiedene Beleuchtungseinrichtungen für Kraftfahrzeuge bekannt, die mindestens ein Lichtmodul umfassen können. Scheinwerfer sind neben Leuchten eine Art von Beleuchtungseinrichtungen. Während Leuchten in erster Linie zur Sichtbarmachung des Fahrzeugs für andere Verkehrsteilnehmer dienen, sollen Scheinwerfer in erster Linie die Sichtverhältnisse für einen Fahrer des Kraftfahrzeugs verbessern. Sie sind im Frontbereich eines Fahrzeugs angeordnet und dienen neben der Verkehrssicherheit durch eine Sichtbarmachung des Fahrzeugs für andere Verkehrsteilnehmer insbesondere der Ausleuchtung der Fahrbahn vor dem Fahrzeug, z.B. in Form einer Abblendlicht-, Fernlicht-, Nebellicht-, Teilfernlicht-, oder Gefahrenmarkierungslichtverteilung sowie in Form von an bestimmte Umgebungssituationen und/oder Fahrzeugzustände anpassbaren Lichtverteilungen, wie bspw. einer Kurvenlicht-, Stadtlicht-, Landstraßenlicht-, Autobahnlichtverteilung, etc..

[0003] Scheinwerfer umfassen in der Regel ein Gehäuse, in dem das mindestens eine Lichtmodul zur Erzeugung einer oder mehrerer gewünschter Lichtverteilungen angeordnet ist. Das Gehäuse weist eine Lichtaustrittsöffnung auf, die durch eine transparente Abdeckscheibe aus Glas oder Kunststoff verschlossen ist. Die Abdeckscheibe kann als eine klare Scheibe ohne optisch wirksame Profile oder zumindest bereichsweise mit optisch wirksamen Profilen (z.B. Prismen oder Zylinderlinsen) ausgebildet sein.

[0004] Scheinwerfer, bzw. deren Lichtmodule, umfassen mindestens eine Lichtquelle, bspw. in Form einer Glühlampe, einer Gasentladungslampe oder einer oder mehrerer Halbleiterlichtquellen. Sie können nach einem Reflexionsprinzip arbeiten, wobei von der Lichtquelle ausgesandtes Licht zur Erzeugung einer gewünschten Lichtverteilung durch eine als Reflektor oder Vorsatzoptik ausgestaltete Primäroptik auf die Fahrbahn vor das Fahrzeug reflektiert wird. Alternativ können die Schein-

werfer nach einem Projektionsprinzip arbeiten, wobei von der Lichtquelle ausgesandtes Licht nach der Bündelung durch die Primäroptik zur Erzeugung der gewünschten Lichtverteilung durch eine Sekundäroptik, bspw. in Form einer Projektionsoder Sammellinse, auf die Fahrbahn vor das Fahrzeug projiziert wird. Zur Erzeugung einer abgeblendeten Lichtverteilung kann zwischen der Primär- und der Sekundäroptik eine Blendenanordnung mit einer im Strahlengang befindlichen wirksamen Oberkante angeordnet sein. Die Oberkante wird von der Sekundäroptik als Hell-Dunkelgrenze auf die Fahrbahn vor dem Fahrzeug abgebildet.

[0005] Es ist auch bekannt, zur Farbkorrektur eine farbkorrigierende Projektionsoptik als Sekundäroptik einzusetzen, die mehrere, in Lichtdurchtrittsrichtung hintereinander angeordnete Teillinsen umfasst. Dies kann bspw. ein Achromat mit zwei Teillinsen, ein Apochromat mit drei Teillinsen oder eine beliebig andere Vorrichtung zum Anpassen unterschiedlicher Wellenlängen auf Nullfehler sein. Durch das Zusammenwirken der Teillinsen wird das von einer bündelnden Primäroptik erzeugte Zwischenbild zur Erzeugung einer gewünschten Lichtverteilung auf die Fahrbahn vor dem Fahrzeug projiziert. Außerdem kann ein Achromat oder ein Apochromat Spektralfarben des Lichts, die beim Passieren des Lichts durch optisch wirksame Grenzflächen, z.B. an einer Lichteintrittsfläche und einer Lichtaustrittsfläche einer Linse, auftreten können, korrigieren. Beim Hindurchtreten des Lichts durch die Grenzflächen wird dieses auf Grund von Dispersion unterschiedlich gebrochen, so dass eine Farbseparation auftritt. Dies wird auch als Farblängsfehler der Abbildung bezeichnet. Schließlich kann ein Achromat oder ein Apochromat auch sog. Farbquerfehler korrigieren, wobei Farbquerfehler an einem Hell-Dunkelübergang in der Bildebene (z.B. an einer Hell-Dunkelgrenze bei abgeblendeter Lichtverteilung) auftreten. Die Aufspreizung erfolgt deswegen, da an den Grenzflächen eine wellenlängen-abhängige Brechung (Dispersion) auftritt, wobei die Spektralfarben des Lichts je nach ihrer Wellenlänge mehr oder weniger stark gebrochen werden. Dies führt zu deutlich sichtbaren Farbsäumen, die durch einen Achromaten verringert bzw. sogar vermieden werden können.

[0006] Achromate zum Beispiel, sind optische Anordnungen, die in der Regel zwei direkt hintereinander angeordnete Teillinsen aus zwei verschiedenen Materialien umfassen, wobei die erste Teillinse (üblicherweise eine Konkavlinse) eine negative Brechkraft und eine höhere Farbdispersion (niedrigere Abbe-Zahl) aufweist und die zweite Teillinse (üblicherweise eine Konvexlinse) eine positive Brechkraft und eine niedrigere Farbdispersion (hohe Abbe-Zahl) aufweist. Die Abbe-Zahl gibt den Grad der Dispersion an, wobei die Abbe-Zahl bei einer größer werdenden Dispersion kleiner wird. Beim Apochromat sind drei Teillinsen mit unterschiedlichem Material hintereinander angeordnet. Das gesamte System des Achromaten bzw. des Apochromaten hat eine resultierende positive Brechkraft.

[0007] Je nach einer Bauart des Achromaten bzw. des Apochromaten können Abstandsräume zwischen den Teillinsen ausgebildet sein. Einen solchen Achromaten mit zwischen den Teillinsen ausgebildetem Abstandsraum zeigt bspw. die DE 34 30 273 A1. Der Abstandsraum kann mit Luft oder anderen Materialien gefüllt sein.

[0008] Eine Farbfehlerkompensation mit dem Achromaten funktioniert so, dass die negativ brechende Teillinse zunächst das Lichtspektrum weg von einer optischen Achse wellenlängenabhängig bricht und nachfolgend die positiv brechende Teillinse das Lichtspektrum wieder in Richtung zur optischen Achse wellenlängenabhängig bricht und damit letztendlich wieder zu weißem Licht überlagert. Somit kann bei einem Achromaten mit zwei Teillinsen erreicht werden, dass die Brennweite des Systems für zwei Wellenlängen gleich ist. Der Apochromat kann durch die drei angeordneten Teillinsen die Brennweite für drei Wellenlängen angleichen. Die verschiedenen Materialien der beiden Teillinsen des Achromaten sind üblicherweise ein sog. "Flintglas" für die Konkavlinse mit hoher Dispersion und niedriger Abbe-Zahl, sowie ein sog. "Kronglas" für die Konvexlinse mit wenig Dispersion und hoher Abbe-Zahl. Das Herstellungsmaterial bzw. eine Zusammensetzung des Herstellungsmaterials des Flintglases bzw. des Kronglases kann variieren. So sind neben besonders dafür geeigneten Glasmischungen auch optisch wirksame Kunststoffe mit ähnlichen Eigenschaften bekannt, wobei auch nur eine Teillinse des Achromaten aus Kunststoff hergestellt werden kann. Kunststofflinsen haben den Vorteil, dass sie genauer abgeformt werden können.

[0009] Der innere Aufbau der farbkorrigierenden Projektionsoptiken kann in Bezug auf eine Anordnung der Teillinsen deutlich voneinander abweichen. Bei Achromaten wird dabei grundsätzlich zwischen sog. verkitteten Achromaten und Luftachromaten unterschieden. Bei verkitteten Achromaten ist der Abstandsraum zwischen den Teillinsen mit einem optisch durchlässigen Medium (optischer Kitt) ausgefüllt, wobei dann die Wirkflächen benachbarter Teillinsen aneinander liegen. Die dazu verwendeten optischen Kitts weisen in der Regel eine so geringe Dicke auf, dass sie im Wesentlichen optisch unwirksam sind und optisch mit einer der Teillinsen als ein gemeinsamer Körper betrachtet werden können. Zwischen zwei Teillinsen ergibt sich somit nur noch ein einziger optisch wirksamer Übergang. Dank der sich von dem Material der einen Linse, welcher der Kitt zugeordnet ist, nicht stark unterscheidenden Brechzahlen, des Kitts, reflektiert die so präparierte Wirkfläche zwischen der einen Teillinse und dem ihr zugeordneten Kitt deutlich weniger, d.h. der Achromat weist an dieser präparierten Wirkfläche geringere Fresnelreflexionen und weniger Streulicht auf. Solche Systeme sind effizient, da prozentual mehr vom eingekoppelten Licht genutzt wird.

[0010] Bei sog. Luftachromaten wird bewusst ein optisch wirksamer Luftspalt zwischen den Teillinsen zugelassen. Typische Luftachromate haben üblicherweise einen sehr geringen Abstand zwischen den Teillinsen. Die

einzelnen Lichtstrahlen fallen in der Regel in großen Winkeln auf die Wirkflächen der Teillinsen. Dabei sind beide einander zugewandte Wirkflächen der Teillinsen optisch wirksam. An den Wirkflächen entstehen durch eine erhöhte Lichtreflexion zusätzliche Lichtverluste (Fresnelverluste), die ihrerseits Streulichtanteile erzeugen. Die Wirkflächen weisen in der Regel zusätzlich eine starke Krümmung auf, was mit zunehmenden Lichtverlusten, insbesondere zum Rand hin, verbunden ist. Die Übertragungseffizienz nimmt daher ab. Mit der einen zusätzlichen Wirkfläche im Abstandsraum gewinnt man jedoch zusätzliche Freiheitsgrade, wodurch eine bessere Farbkompensation erreichbar sein kann. Nicht zuletzt sind Luftachromate leichter herzustellen, da jede Teillinse einzeln hergestellt und gehalten werden kann. Ein Beispiel eines Luftachromaten zeigt die DE 34 30 273 A1.

[0011] Luftachromate weisen konstruktionsbedingt jedoch Nachteile auf, die insbesondere für die Automobilindustrie relevant sind. Zunächst müssen die zwei Teillinsen zueinander und bezüglich der Lichtquelle in fest definierte Positionen angeordnet und fixiert sein, um langfristig definierte optische Eigenschaften des Achromaten sicherstellen zu können. Dazu werden die Teillinsen üblicherweise in einem Linsenhalter aus Blech mittels Federringen fixiert. Ein solcher Linsenhalter ist z.B. aus der DE 102 16 706 B9 bekannt. Das erzwingt in der Regel eine dem Linsenumfang entsprechende kreisrunde Form der Halterung, was unter Designgesichtspunkten nachteilig sein kann.

[0012] Außerdem sind Luftachromate in einer Anwendung als abbildende Optik in einem Lichtmodul wegen geringer zulässiger Toleranzen im Abstand der Teillinsen zueinander, einer Verkipfung der Teillinsen und einer Dezentrierung der Teillinsen im Gegensatz zu verkitteten Achromaten weniger gut geeignet.

[0013] Ein weiterer Nachteil der Luftachromaten besteht darin, dass mit der Zeit im engen Abstandsraum zwischen den Teillinsen Staub und Feuchtigkeit eindringen und sich dort festsetzen kann. Solche Ablagerungen führen dazu, dass deutlich mehr Streulicht erzeugt wird, dadurch die Fahrbahnausleuchtung verschlechtert wird und eine Blendung anderer Verkehrsteilnehmer zunimmt. Nachteilig ist auch, dass bei einer Sicht von außen - auch im ausgeschalteten Zustand des Lichtmoduls - die Einlagerungen wahrgenommen werden können, was störend ist.

[0014] Außerdem sind - unabhängig von der Anwendung von Luftoder verkitteten Achromaten - weiche und dämpfende Halterungen gewünscht, damit die Teillinsenränder nicht punktuell belastet werden und stattdessen einer gleichmäßig verteilten und damit einer geringeren Krafteinwirkung ausgesetzt sind. Beim Einsatz in einem Kraftfahrzeug ist eine elastische aber zugleich formbeständige Auflagefläche von großem Vorteil, um Erschütterungen, Schwingungen und Vibrationen bei eingeschaltetem Motor und während des Fahrens zu kompensieren bzw. zu neutralisieren, ohne hierbei die vorgesehene Funktionsweise zu beeinträchtigen. Au-

ßerdem ist nicht nur bei Luftachromaten, sondern auch bei verkitteten Achromaten, eine gute Abdichtung der Teillinsen zur Halterung im Lichtmodul erwünscht, da Staub und Feuchtigkeit auch in Randbereiche zwischen Teillinsen von verkitteten Achromaten eindringen und störend wirken können.

[0015] Aufgabe der Erfindung ist es, ausgehend von der farbkorrigierenden Projektionsoptik der eingangs genannten Art, die farbkorrigierende Projektionsoptik derart auszugestalten und weiterzuentwickeln, dass die Projektionsoptik ohne großen Aufwand und zusätzliche Kosten besser gegen Vibrationen, Schwingungen und Erschütterungen geschützt und außerdem die Farbfehlerkompensation der Projektionsoptik verbessert werden kann. Außerdem soll der gesamte Abstandsraum zwischen den Teillinsen der Projektionsoptik besser gegen das Eindringen von Staub und Feuchtigkeit geschützt werden.

[0016] Zur Lösung dieser Aufgabe wird vorgeschlagen, dass der Abstandsraum zwischen den Teillinsen durch ein multifunktionales Medium vollständig gefüllt ist, das die Teillinsen auch entlang ihres Außenumfangs zumindest abschnittsweise umschließt, wobei das Medium die Funktion eines optisch aktiven Teilmediums einer weiteren Teillinse im Strahlengang des durch die farbkorrigierende Projektionsoptik hindurchtretenden Lichts, von einem Zentrum bis zu einem äußeren Rand der farbkorrigierenden Projektionsoptik die Funktion eines Füll- und Dichtungsmediums und außerhalb des Außenumfangs der farbkorrigierenden Projektionsoptik die Funktion eines Ausgleichsmediums erfüllt.

[0017] Das bedeutet, dass das multifunktionale Medium lichtdurchlässig ist, optische Eigenschaften und Dichtungseigenschaften aufweist. Dazu wirkt es dämpfend und kann die Auswirkungen von außen auf die Teillinsen einwirkenden mechanischen Belastungen, wie bspw. Stöße, Erschütterungen Schwingungen oder Vibrationen, auf die Teillinsen verringern. Dabei ist es ausreichend, wenn das multifunktionale Medium am Außenumfang der Teillinsen nur abschnittsweise, bspw. an drei über den Umfang verteilten Abstützstellen, vorhanden ist. Über diese Stellen können die Teillinsen der farbkorrigierenden Projektionsoptik dann schwingungs- und vibrationsgedämpft in einer herkömmlichen starren Linsenhalterung befestigt sein. Auf den Einsatz von zusätzlichen separaten Dämpfungsmitteln zwischen den Teillinsen und der Linsenhalterung kann verzichtet werden.

[0018] Die optischen Eigenschaften des multifunktionalen Medium werden zur besseren Kompensation der Farbfehler in der Lichtverteilung genutzt. Durch die durch das multifunktionale Medium gebildete weitere Teillinse entstehen zusätzliche Freiheitsgrade, die eine weitere Optimierung der Farbsaumkorrektur ermöglichen.

[0019] Das in den Abstandsraum zwischen die Teillinsen eingebrachte und den Abstandsraum vollständig ausfüllende multifunktionale Medium wirkt dichtend gegen Staub und Feuchtigkeit, die sich sonst im Laufe der Zeit im Abstandsraum absetzen könnten.

[0020] Das multifunktionale Medium kann dabei ein einziges Material umfassen. Es kann aber auch aus verschiedenen Materialien zusammengesetzt sein, die entweder miteinander vermischt sind oder aber verschiedene Schichten eines mehrschichtig aufgebauten multifunktionalen Mediums bilden. Es könnte sich bspw. auch das Material der Randbereiche der Teillinsen von dem Material der übrigen Bereiche der Teillinsen unterscheiden. Durch die Gesamtheit aller Eigenschaften des multifunktionalen Mediums sind die empfindlichen Teillinsen der farbkorrigierenden Projektionsoptik in jeder Hinsicht besonders gut geschützt und gewährleisten eine lange Lebensdauer der farbkorrigierenden Projektionsoptik. Die optischen Eigenschaften der farbkorrigierenden Projektionsoptik können dabei verbessert werden.

[0021] In einer bevorzugten Ausführungsform ist vorteilhaft, dass das multifunktionale Medium die Teillinsen entlang ihres gesamten Außenumfangs umgibt. Dies bewirkt eine gute Randabdichtung der gesamten Projektionsoptik, da dadurch die Ränder der Teillinsen großflächig umschlossen bzw. abgedichtet werden, so dass kein Staub oder Feuchtigkeit zwischen die Teillinsen der Projektionsoptik gelangen kann. Um in den Abstandsraum zwischen den Teillinsen zu gelangen, müssten Staub und/oder Feuchtigkeit nämlich zunächst im wesentlichen parallel zur Lichtdurchtrittsrichtung zwischen das entlang des äußeren Rands der Projektionsoptik angeordnete multifunktionale Medium und den Außenumfang der Teillinsen hineinkriechen, und dann senkrecht dazu in den Abstandsraum kriechen. Der übrige Abstandsraum zwischen den Teillinsen ist durch das vollständige Ausfüllen mit dem multifunktionalen Medium ohnehin geschützt. Die gesamte Dichtung bildet quasi mit dem zwischen den Teillinsen ausgefüllten Material und der Randabdichtung eine T-Form, die um den Außenumfang der Teillinsen verläuft und die Teillinsen bündig umschließt. Der gesamte Umfangsbereich der Teillinsen wird damit vollständig und nahezu hermetisch abgedichtet.

[0022] Dabei ist es möglich, dass das außerhalb des Außenumfangs der Teillinsen angeordnete multifunktionale Medium zur Aufnahme durch eine Linsenhalterung des Lichtmoduls ausgebildet ist.

[0023] Die sich entlang des Außenrands der Teillinsen erstreckende Randabdichtung aus dem multifunktionalen Medium garantiert einerseits eine elastische aber dennoch stabile, sichere und zuverlässige Fixierung der Teillinsen in der Linsenhalterung. Dies kann dadurch noch unterstützt werden, dass das multifunktionale Medium am Außenumfang der mindestens zwei Teillinsen mindestens eine radial nach innen gerichtete Ringnut zur Aufnahme eines äußeren Rands zumindest einer der Teillinsen aufweist und so die Teillinsen fixiert. Durch die Ringnuten und den in diese hinein ragenden Rand der Teillinsen ergibt sich zudem eine verbesserte Abdichtung des Abstandsraums vor Staub und Feuchtigkeit.

[0024] Andererseits besteht im Vergleich zu einer herkömmlichen Dichtung der Vorteil, dass sich Alterungs- und Ermüdungseffekte der Randabdichtung infolge der

Umgebungsbedingungen im Lichtmodul (z.B. Schwingungen, Vibrationen und hohe Temperaturen) zunächst an der äußeren Randabdichtung auswirken und zunächst keine Auswirkungen auf den optisch aktiven Bereich des multifunktionalen Mediums zwischen den Teillinsen hat.

[0025] Unter Fertigungsgesichtspunkten ergibt sich durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung der Projektionsoptik eine Möglichkeit zur Montagevereinfachung, da die so ausgestaltete Projektionsoptik montage technisch wie ein "Einlinser", also als eine einzige integrale Einheit, behandelt werden kann. Die integrale technische Einheit kann als Ganzes in die Halterung für die Projektionsoptik im Lichtmodul eingesetzt und dort befestigt werden. Eine aufwendige Montage der einzelnen Teillinsen mit Distanzringen und/oder elastischen Ausgleichselementen sowie deren Ausrichtung und Befestigung in vorgegebenen Positionen erübrigt sich somit.

[0026] Eine temperaturbedingte Beeinflussung mechanischer und optischer Eigenschaften kann bei einem Systementwurf leicht in die Kalkulationen einbezogen werden, so dass unerwünschte Reaktionen der Projektionsoptik besser kompensiert werden können. Aus mechanischer Sicht stehen bei Projektionsoptiken insbesondere Probleme aufgrund von unterschiedlicher Temperaturexpansion im Vordergrund, wie sie einerseits zwischen den beiden Teillinsen der Projektionsoptik (z.B. bei der Kombination Glas-/ Kunststofflinse) sowie andererseits zwischen der Projektionsoptik und der Linsenhalterung auftreten können. Risse in den Teillinsen und abgesprungene Kanten bei Glas sowie Kerbrisse bei Kunststoff sind die Folge, wodurch die optischen Eigenschaften der Projektionsoptik negativ beeinflusst werden können. Diese negativen Effekte lassen sich durch das elastische multifunktionale Medium, das als optisches, Dichtungs- und Dämpfungsmedium zwischen beiden Teillinsen und um diese herum wirkt, sicher ausschließen.

[0027] Die aus dem Stand der Technik bekannten Teillinsen von Achromaten weisen im Wesentlichen eine kreisrunde Form auf. Zur Abdichtung werden dort vorzugsweise Ringdichtungen verwendet. Andere mögliche Formen der Teillinsen, wie z.B. eine rechteckige, trapezförmige, ovale, etc., sind nur sehr aufwändig abdichtbar und verursachen höhere punktuelle Belastungen an der Dichtung. Mit der erfindungsgemäßen Projektionsoptik mit ihrer großflächigen, den gesamten Außenumfang der Teillinsen umgebenden, elastischen Randabdichtung werden auch nicht-kreisförmige Linsen sicher abgedichtet und können lokale Belastungen der Linsen vermieden werden. Dadurch können von Kunden gewünschte, von einer Kreisform unter Umständen auch deutlich abweichende Formen der Projektionsoptik ohne funktionale Einbußen hinsichtlich Halterung und Abdichtung der Teillinsen einfach und kostengünstig realisiert werden. Dies ermöglicht neue Freiheitsgrade für das Design des Lichtmoduls.

[0028] Weiterhin ist vorteilhaft, dass das multifunktionale

Medium Silikon umfasst. Silikone können in der Herstellungsphase der Projektionsoptik bspw. durch Erhitzen dünn- oder zähflüssig sein. Dabei gelingt das vollständige Ausfüllen des Abstandsraums ohne Luft einschüsse auch bei komplizierten Geometrien und/oder geringen Abmessungen des Abstandsraums wesentlich besser als mit traditionellen Materialien wie Glas, Polycarbonat (PC), Polymethylmethacrylat (PMMA) oder vergleichbaren Materialien. Nach dem Ausfüllen kühlt das Silikon ab und härtet aus, so dass das multifunktionale Medium spätestens nach einem Herstellungsprozess der farbkorrigierenden Projektionsoptik einen festen Aggregatzustand aufweist. Durch eine geeignete Auswahl eines bestimmten Silikons kann erreicht werden, dass das multifunktionale Medium nach dem Abkühlen zwar fest, aber trotzdem auch weich und elastisch nachgiebig ist. Dabei kann eine ringförmige Linsenhalterung aus Blech oder einem anderen geeigneten stabilen Material für die erforderliche Stabilität des multifunktionalen Mediums sorgen, so dass die Projektionsoptik in einer definierten Position relativ zum restlichen Lichtmodul angeordnet und befestigt ist.

[0029] Ferner ist vorteilhaft, dass das entlang des Außenumfangs der mindestens zwei Teillinsen ausgebildete multifunktionale Medium zumindest bereichsweise, vorzugsweise nach innen gerichteten Oberfläche, eingefärbt, vorzugsweise schwarz eingefärbt, ist. Durch die vorzugsweise schwarze Einfärbung können Streulichtanteile absorbiert werden, die sonst die Funktion der Projektionsoptik nachteilig beeinflussen würden. Dabei kann die umfangsseitig um die Teillinsen herum angeordnete Randabdichtung ein anderes Material als das optisch durchlässige Material zwischen den Teillinsen aufweisen, wobei beide Materialien im Herstellungsprozess nahtlos aneinandergesetzt werden.

[0030] Vorteilhaft ist auch, dass das im Strahlengang des durch die farbkorrigierende Projektionsoptik hindurchtretenden Lichts angeordnete multifunktionale Medium Farbfehlerkompensation unterstützende Dispersionseigenschaften zumindest für einen Teil des hindurchtretenden Lichts aufweist. Dieses ermöglicht weitere Freiheitsgrade und eine verbesserte Farbkompensation. Durch das Einbeziehen der Dispersionseigenschaften des im Strahlengang angeordneten multifunktionalen Mediums kann bspw. bei einer farbkorrigierenden Projektionsoptik mit zwei Teillinsen neben den zwei kompensierbaren Spektralfarben, durch die Projektionsoptik zusätzlich eine weitere Spektralfarbe zumindest teilweise kompensiert werden. Das multifunktionale Medium kann auch für eine bessere Brechzahlanpassung zwischen den Teillinsen sorgen, da sich die Brechzahlen der Teillinsen und des multifunktionalen Mediums vorzugsweise nicht so stark voneinander unterscheiden, wie bspw. die Brechzahlen von Luft und des Materials der Teillinsen. Dadurch werden bspw. Fresnelreflexionen an den Grenzflächen reduziert, womit weniger Lichtanteile zur Streulichtbildung führen.

[0031] Die erfindungsgemäße farbkorrigierende Pro-

jektionsoptik kann vorteilhafterweise als ein Achromat, ein Apochromat oder eine beliebige andere Vorrichtung, die eine Brennweite für mehrere Wellenlängen angleicht, ausgebildet sein.

[0032] Weitere Vorteile ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung und den beigefügten Figuren. Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendet werden können, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen. Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Figuren dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

- Figur 1 ein Lichtmodul mit einem Achromaten aus dem Stand der Technik;
- Figur 2 einen Luft-Achromaten aus dem Stand der Technik;
- Figur 3 einen mit einem optisch durchlässigen Medium "verkitteten" Achromaten aus dem Stand der Technik;
- Figur 4 eine erfindungsgemäße farbkorrigierende Projektionsoptik in einer ersten Ausführungsform in einem Schnitt;
- Figur 5 die farbkorrigierende Projektionsoptik aus Figur 4 in zwei verschiedenen Schnitten jeweils in einer perspektivischen Darstellung;
- Figur 6 eine erfindungsgemäße farbkorrigierende Projektionsoptik in einer zweiten Ausführungsform in einer perspektivischen Darstellung teilweise im Schnitt;;
- Figur 7 die farbkorrigierende Projektionsoptik aus Figur 6 mit einer Linsenhalterung;
- Figur 8 eine erfindungsgemäße farbkorrigierende Projektionsoptik in einer dritten Ausführungsform in einer perspektivischen Darstellung teilweise im Schnitt; und
- Figur 9 bis 11 weitere mögliche Ausführungsformen einer erfindungsgemäßen farbkorrigierenden Projektionsoptik jeweils in einem Schnitt.

[0033] Figur 1 zeigt ein aus dem Stand der Technik bekanntes Lichtmodul 10 eines Kraftfahrzeugscheinwerfers in einer schematischen Darstellung. Das Lichtmodul 10 ist als ein Projektionsmodul ausgebildet und weist eine als Reflektor 12 ausgebildete Primäroptik auf, der be-

vorzugt ellipsoidförmig oder in einer von einer Ellipsoidform (geringfügig) abweichenden Freiform ausgebildet ist. In einem Brennpunkt des Reflektors 12 ist auf einer optischen Achse 14 des Lichtmoduls 10 eine Lichtquelle 16 angeordnet. Dies kann eine Glühlampe, eine Gasentladungslampe oder auch mindestens eine Halbleiterlichtquelle, insbesondere eine oder mehrere LEDs, sein. Beim Einsatz von LEDs könnte die Primäroptik auch als Vorsatzoptik ausgebildet sein (nicht dargestellt). Eine Vorsatzoptik besteht aus einem optisch transparenten Material und bündelt Licht durch Brechung von Licht an Grenzflächen der Vorsatzoptik mit der Umgebung (z.B. auf einer Lichteinkopplenseite und/oder einer Lichtauskopplenseite der Vorsatzoptik) und durch Totalreflexion an den Grenzflächen.

[0034] In Lichtaustrittsrichtung 18 nach der Primäroptik 12 ist vorrangig zur Projektion des gebündelten Lichts auf die Fahrbahn vor das Fahrzeug eine Sekundäroptik angeordnet, die in Figur 1 als eine Projektionsoptik, insbesondere als ein Achromat 22 mit zwei Teillinsen 24 und 26, ausgebildet ist. Die Projektionsoptik 22 hat neben den lichtprojizierenden Eigenschaften auch farbkorrigierende Eigenschaften. Die Teillinse 24 ist plan-konkav und die Teillinse 26 ist konvex-konvex ausgebildet. Der Achromat 22 ist als ein sog. Luftachromat ausgebildet, so dass zwischen den beiden Teillinsen 24 und 26 - bedingt durch unterschiedliche Radien der Teillinsen 24 und 26 - ein Abstandsraum 28 ausgebildet ist.

[0035] Zur Erzeugung einer abgeblendeten Lichtverteilung ist in Lichtaustrittsrichtung 18 nach der Primäroptik 12 eine Blendenanordnung 20 mit einer im Strahlengang befindlichen wirksamen Oberkante angeordnet, wobei die Oberkante von der Sekundäroptik 22 zur Erzeugung der gewünschten Lichtverteilung auf die Fahrbahn vor das Fahrzeug projiziert wird.

[0036] Figur 2 zeigt die Teillinsen 24 und 26 eines bekannten Luftachromaten in einer weiteren Ausgestaltung, bei denen sich im Gegensatz zum Luftachromaten aus Figur 1 die beiden Teillinsen 24 und 26 nicht berühren. Der Abstandsraum 28 kann bei einer Ausgestaltung des Achromaten 22 als "verkitteter" Achromat auch mit einem optisch durchlässigem Medium (Kitt) ausgefüllt sein. Figur 3 zeigt die Teillinsen eines solchen Achromaten, wobei hier der Abstandsraum 28 sehr dünn ausgebildet ist und das zwischen den Teillinsen 24, 26 angeordnete Medium nicht sichtbar ist. Der Kitt hat eine so geringe Dicke, dass er im Wesentlichen optisch unwirksam ist und optisch als integraler Bestandteil einer der Teillinsen 24 oder 26 betrachtet werden kann.

[0037] Der Achromat 22 bildet ein optisches System aus zwei Teillinsen 24 und 26, die aus unterschiedlichem Material mit unterschiedlich starker Dispersion (unterschiedliche Abbe-Zahl) bestehen. Unter Dispersion versteht man in der Optik eine wellenlängen-abhängige Brechung des Lichts. Typischerweise werden kurzwelligere Lichtanteile (z.B. blau) stärker gebrochen als langwelligere (z.B. rot). Die Teillinsen 24 und 26 können aus Glas oder Kunststoff hergestellt sein. Der Achromat 22 weist

eine Zerstreuungslinse 24 (bevorzugt aus Flintglas) mit kleinerer Abbe-Zahl (< 50) und somit stärkerer Dispersion und eine Sammellinse 26 (bevorzugt aus Kronglas) mit größerer Abbe-Zahl (> 50) und damit kleinerer Dispersion auf.

[0038] Der Achromat 22 gleicht zwei durch Dispersion aufgespreizte Spektralfarben des sichtbaren Lichts, z.B. rot und blau, zu weißlichem Licht an, die beim Passieren optisch wirksamer Grenzflächen, z.B. an einer Lichteintrittsseite und einer Lichtaustrittsseite einer Linse (sog. Farbblängsfehler) entstehen. Der Achromat 22 kann auch sog. Farbquerfehler verbessern, wobei Farbquerfehler an einem Hell-Dunkelübergang in der Bildebene (z.B. an der Hell-Dunkelgrenze bei abgeblendeter Lichtverteilung) auftreten.

[0039] Eine Farbfehlerkompensation mit dem Achromaten 22 funktioniert so, dass die negativ brechende Teillinse 24 (Konkavlinse) zunächst das Lichtspektrum weg von der optischen Achse 14 wellenlängenabhängig bricht und nachfolgend die positiv brechende Teillinse 26 (Konvexlinse) mit ihrer Brechkraft das Bündel wieder in Richtung der optischen Achse 14 wellenlängenabhängig bricht und damit letztendlich im Idealfall weißes oder zumindest weißliches Licht ohne bzw. mit stark reduziertem Farbsaum zusammengefügt wird.

[0040] Üblicherweise ist das Lichtmodul 10 in einem in Figur 1 nicht dargestellten Gehäuse eines Scheinwerfers mit einer in Lichtaustrittsrichtung 18 angeordneten Lichtaustrittsöffnung angeordnet, die durch eine lichtdurchlässige Abdeckscheibe verschlossen ist.

[0041] Die Figuren 4 und 5 zeigen eine erfindungsgemäße farbkorrigierende Projektionsoptik 22 mit den zwei Teillinsen 24 und 26. Selbstverständlich kann die erfindungsgemäße farbkorrigierende Projektionsoptik 22 auch mehr als die zwei Teillinsen 24, 26 umfassen. Figur 4 zeigt dabei einen Längsschnitt durch die farbkorrigierende Projektionsoptik 22; Figur 5 zeigt rechts den Längsschnitt aus Figur 4 in einer perspektivischen Ansicht und links die gleiche farbkorrigierende Projektionsoptik 22 in einer perspektivischen und nur zu einem Viertel aufgeschnittenen Ansicht. Die Teillinse 24 ist konvex-konkav ausgebildet und besteht aus Flintglas (auch Kunststoff, wie z.B. Polycarbonat (PC) ist möglich) und die Teillinse 26 ist konvex-konvex ausgebildet und besteht aus Kronglas (auch Kunststoff, wie z.B. Polymethylmethacrylat (PMMA) oder Hartsilikon ist möglich). Die Teillinsen 24, 26 sind zueinander beabstandet, so dass zwischen ihnen ein Abstandsraum 28 ausgebildet ist. Der Abstandsraum 28 ist mit einem lichtdurchlässigen multifunktionalen Medium 30 ausgefüllt, wobei das Medium 30 die Funktion einer Dichtung zwischen den beiden Teillinsen 24, 26, die Funktion einer weiteren optisch wirksamen Teillinse sowie die Funktion einer Dämpfung der Linsen 24, 26 bezüglich einer umfangsseitig angeordneten Linsenhalterung erfüllt.

[0042] Das Medium 30 dichtet den Bereich zwischen den beiden Teillinsen 24 und 26 nach außen gegen das Eindringen von Staub und Feuchtigkeit ab, indem es den

Abstandsraum 28 vollständig ausfüllt. Das multifunktionale Medium 30 ist in dem dargestellten Ausführungsbeispiel konvex-konkav ausgebildet und weist zumindest nach der Fertigung der Projektionsoptik 22 einen festen Aggregatzustand auf.

[0043] Das multifunktionale Medium 30 kann außerdem durch seine optischen Eigenschaften für eine bessere Brechzahlanpassung zwischen den Teillinsen 24 und 26 sorgen, da sich beim Durchdringen der Lichtstrahlen durch das multifunktionale Medium 30 im optisch wirksamen Bereich der Projektionsoptik 22 und durch die Teillinsen 24 und 26 die Brechzahlen - verglichen zu Luft beim Luftachromaten - nicht so stark voneinander unterscheiden. Dadurch werden Fresnelreflexionen an den Grenzflächen reduziert, womit weniger Lichtanteile zur Streulichtbildung beitragen und mehr Lichtanteile zur Erzeugung der eigentlichen Lichtverteilung genutzt werden können. Die optischen Eigenschaften des multifunktionalen Mediums 30 weisen außerdem Dispersionseigenschaften auf. Das Einbeziehen dieser Dispersionseigenschaften in eine optische Modellierung ermöglicht zusätzliche Freiheitsgrade und eine verbesserte Farbfehlerkompensation. So ist denkbar, dass neben den aus dem Stand der Technik bekannten zwei im Wesentlichen kompensierbaren Spektralfarben das Medium 30 eine dritte Teillinse bildet, durch die eine weitere Spektralfarbe zumindest teilweise kompensiert werden kann.

[0044] Wie aus den Figuren 4 und 5 ersichtlich ist, überragt das multifunktionale Medium 30 die Teillinsen 24 und 26 radial nach außen und umschließt die zwei Teillinsen 24 und 26 entlang ihres Außenumfangs. Es ist denkbar, dass das multifunktionale Medium 30 den äußeren Randbereich der Teillinsen 24, 26 lediglich abschnittsweise, das heißt nicht über seinen vollen Umfang, umgibt. Die am Außenumfang der Teillinsen 24, 26 angeordneten Abschnitte des Mediums 30 sorgen für eine dämpfende Wirkung, wenn die Projektionsoptik 22 in einem Linsenhalter, wie bspw. dem ringförmigen Halter 36 angeordnet ist. Dadurch können auf das Lichtmodul und damit auch auf den Halter 36 wirkende Vibrationen, Schwingungen und Stöße gedämpft werden, so dass schädliche mechanische Auswirkungen auf die Linsen 24, 26 reduziert und die resultierende Lichtverteilung stabilisiert werden kann.

[0045] In dem Ausführungsbeispiel aus den Figuren 4 und 5 umgibt das multifunktionale Medium 30 den Außenumfang der Teillinsen 24, 26 vollständig. Dadurch ist das multifunktionale Medium 30 an einem Randbereich der Teillinsen 24 und 26 im Schnitt betrachtet T-förmig ausgebildet (vgl. Bezugszeichen 32), so dass der gesamte Randbereich der Teillinsen 24 und 26 durch eine so gebildete Randabdichtung zusätzlich nach außen hin bündig gegen das Eindringen von bspw. Staub und Feuchtigkeit abgedichtet ist. Außerdem stellt die Projektionsoptik 22 zusammen mit dem äußeren Dämpfungselement 34 eine integrale Einheit dar, die besonders gut handhabbar ist.

[0046] Durch die T-förmige Ausbildung der Randab-

dichtung 32 bildet sich am Außenumfang der Teillinsen 24 und 26 ein Steg 34, der mit einer als Haltering ausgebildeten Linsenhalterung 36 des Lichtmoduls 10 zusammenwirkt, so dass die Projektionsoptik 22 sicher und erschütterungsfrei im Lichtmodul 10 fixiert werden kann. Die Halterung 36 weist in der Regel weitere konstruktive Einrichtungen auf, so dass die Projektionsoptik 22 in dem Lichtmodul 10 festgehalten und fixiert werden kann. Trotz des festen Aggregatzustandes des multifunktionalen Mediums 30 ist dieses weich und elastisch. Das Material 30 weist eine Härte auf, die einerseits für die nötige Stabilität zur Befestigung und Fixierung der Teillinsen 24, 26 sorgt, andererseits aber auch eine dämpfende Wirkung hat. Das multifunktionale Medium 30 ist bspw. aus einem Silikon hergestellt, das die entsprechenden optischen, dichtenden und vibrationsdämpfenden Eigenschaften aufweist. Auch der Einsatz anderer Materialien oder Materialkombinationen für das multifunktionale Medium 30 sind denkbar.

[0047] Der Steg 34 der Randabdichtung kann in einer Ausgestaltung schwarz gefärbt sein. Zu diesem Zweck kann der Steg 34 aus einem schwarz eingefärbten Material hergestellt sein, oder aber das Material des Mediums 30 ist im Bereich des Stegs 34 schwarz eingefärbt. Selbstverständlich sind auch andere Farben als schwarz denkbar. Durch die Einfärbung des Randbereichs 34, insbesondere auf einer radial nach innen gerichteten Seite, werden dort Streulichtanteile absorbiert. Der Randbereich 34 geht nahtlos in das restliche multifunktionale Medium 30 zwischen den Teillinsen 24, 26 über, so dass das Medium 30 im optisch wirksamen Bereich der Projektionsoptik 22 und der Steg 34 des Randbereichs eine integrale Einheit bilden.

[0048] Figur 6 zeigt eine Weiterbildung der farbkorrigierenden Projektionsoptik 22 in einer perspektivischen Ansicht. Der Steg 34 der Randabdichtung kann selbst so ausgeformt und ausgestaltet sein, dass er stabil genug ist, um als Halterung im Lichtmodul 10 wirken zu können. Eine zusätzliche Halterung, wie bspw. die Halterung 36, wäre dann unter Umständen überflüssig. Die Befestigung der Projektionsoptik 22 an dem restlichen Lichtmodul könnte dann unmittelbar an dem Steg 34 erfolgen. Zusätzlich kann der T-förmige Steg 24 entsprechende konstruktive Maßnahmen aufweisen, wie z.B. eine radial nach innen gerichtete Ringnut 38, um die genaue Position der Teillinsen 24 oder 26 entlang der optischen Achse 14 zusätzlich zu stabilisieren und zu fixieren. Ein äußerer Rand der Teillinsen greift in die Ringnuten 38 ein und sorgt so für eine zusätzliche Stabilisierung der Teillinsen 24, 26 und eine verbesserte Abdichtung des Abstandsraums 28 gegen das Eindringen von Staub oder Feuchtigkeit.

[0049] Natürlich kann die Ringnut 38 der äußeren Randabdichtung 34 auch in einer farbkorrigierenden Projektionsoptik 22 mit Halterung 36 realisiert werden. Figur 7 zeigt eine solche Projektionsoptik 22 in einer perspektivischen Ansicht.

[0050] Figur 8 zeigt eine weitere Ausführungsform der

erfindungsgemäßen farbkorrigierenden Projektionsoptik 22 in einer perspektivischen und teilweise aufgeschnittenen Ansicht. Im Gegensatz zu den bisher gezeigten Projektionsoptiken 22 mit im Wesentlichen kreisrunden Teillinsen 24 und 26, weisen die Teillinsen 24 und 26 der Projektionsoptik 22 aus Figur 8 eine näherungsweise rechteckige Form mit im Wesentlichen ebenen Ober- und Unterseiten und geringfügig nach außen gewölbten Seiten auf. Darüber hinaus wären auch trapezförmige, ovale oder beliebig andere Formen der Teillinsen 24, 26 denkbar, die kundenspezifischen Wünschen entsprechend ausgestaltet sein können. Durch die erfindungsgemäße Ausbildung des multifunktionalen Mediums 30 im Randbereich 34 der Projektionsoptik 22 kann jede beliebige Form von Teillinsen 24, 26 großflächig umschlossen werden, so dass die zuvor genannten Eigenschaften, insbesondere die optischen Eigenschaften, die zuverlässige Abdichtung der Teillinsen 24 und 26 sowie die Dämpfung der Teillinsen 24, 26 bezüglich einer starren äußeren Halterung 36 nach wie vor erfüllt sind.

[0051] Die Figuren 9 bis 11 zeigen verschiedene Ausführungsformen einer erfindungsgemäßen farbkorrigierenden Projektionsoptik 22. Dabei haben die Linsen 24, 26 im Schnitt unterschiedliche Formen, was zu unterschiedlichen Formen des multifunktionalen Mediums 30, insbesondere im optisch wirksamen Bereich der Projektionsoptik 22, führt. Eine bevorzugte Ausführungsvariante zeigt Figur 9, in der eine konvexkonkave Teillinse 24 und eine konvex-konvexe Teillinse 26 über das multifunktionale Medium 30 in einem im Wesentlichen konstanten Abstand miteinander verbunden werden, d.h. die Dicke des multifunktionalen Mediums 30 im Strahlengang ist konstant oder zumindest nahezu konstant. Die Form des multifunktionalen Mediums 30 im optisch wirksamen Bereich ist in diesem Fall konvex-konkav. Vorteilhaft ist, dass durch Temperatureinfluss eine gleichgroße Ausdehnung des multifunktionalen Mediums 30 entlang der optischen Achse 14 gewährleistet ist. Auswirkungen auf die angestrebte Brennweite der Projektionsoptik und die gewünschte Farbkompensation werden so weitgehend vermieden.

[0052] Die Ausführungsform von Figur 10 zeigt eine plan-konvexe Teillinse 26 und ein zwischen den Linsen 24, 26 ausgebildetes konvex-planes multifunktionales Medium 30. Die Ausführungsform von Figur 11 zeigt eine konkavkonvexe Teillinse 26 mit einem konvex-konvex ausgebildeten multifunktionalen Medium 30 zwischen den Linsen 24, 26. Die Teillinse 24 ist in den Ausführungsformen der Figuren 9 bis 11 im Wesentlichen gleich ausgebildet.

Patentansprüche

1. Farbkorrigierende Projektionsoptik (22) eines Lichtmoduls (10) eines Kraftfahrzeug-Scheinwerfers, wobei die farbkorrigierende Projektionsoptik (22) mindestens zwei in einer Lichtdurchtrittsrichtung (18)

- hintereinander angeordnete Teillinsen (24, 26) sowie einen zwischen den Teillinsen (24, 26) ausgebildeten Abstandsraum umfasst, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abstandsraum zwischen den Teillinsen (24, 26) durch ein multifunktionales Medium (30) vollständig gefüllt ist, das die Teillinsen (24, 26) auch entlang ihres Außenumfangs zumindest abschnittsweise umschließt, wobei das Medium (30) die Funktion eines optisch aktiven Teilmediums einer weiteren Teillinse im Strahlengang des durch die farbkorrigierende Projektionsoptik (22) hindurchtretenden Lichts, von einem Zentrum bis zu einem äußeren Rand der farbkorrigierenden Projektionsoptik (22) die Funktion eines Füll- und Dichtungsmediums und außerhalb des Außenumfangs des Achromaten (22) die Funktion eines Ausgleichsmediums erfüllt.
2. Farbkorrigierende Projektionsoptik (22) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das multifunktionale Medium (30) die Teillinsen (24, 26) entlang ihres gesamten Außenumfangs umgibt.
3. Farbkorrigierende Projektionsoptik (22) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das außerhalb des Außenumfangs der Teillinsen (24, 26) angeordnete multifunktionale Medium (30) zur Aufnahme durch eine Linsenhalterung (36) des Lichtmoduls (10) ausgebildet ist.
4. Farbkorrigierende Projektionsoptik (22) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** multifunktionale Medium (30) schwingungs- und vibrationsdämpfende Eigenschaften aufweist.
5. Farbkorrigierende Projektionsoptik (22) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das multifunktionale Medium (30) Silikon umfasst.
6. Farbkorrigierende Projektionsoptik (22) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das multifunktionale Medium (30) spätestens nach Abschluss eines Herstellungsprozesses der farbkorrigierenden Projektionsoptik (22) einen festen Aggregatzustand aufweist.
7. Farbkorrigierende Projektionsoptik (22) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das entlang des Außenumfangs der mindestens zwei Teillinsen (24, 26) angeordnete multifunktionale Medium (30) mindestens eine radial nach innen gerichtete Ringnut (38) zur Aufnahme eines äußeren Rands zumindest einer der Teillinsen (24; 26) aufweist.
8. Farbkorrigierende Projektionsoptik (22) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das entlang des Außenumfangs der mindestens zwei Teillinsen (24, 26) angeordnete multifunktionale Medium (30) zumindest bereichsweise, vorzugsweise nach innen gerichteten Oberfläche, eingefärbt, vorzugsweise schwarz eingefärbt, ist.
9. Farbkorrigierende Projektionsoptik (22) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das im Strahlengang des durch die farbkorrigierende Projektionsoptik (22) hindurchtretenden Lichts angeordnete multifunktionale Medium (30) Farbfehlerkompensation unterstützende Dispersionseigenschaften zumindest für einen Teil des hindurchtretenden Lichts aufweist.
10. Farbkorrigierende Projektionsoptik (22) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die farbkorrigierende Projektionsoptik (22) ein Achromat, ein Apochromat oder eine beliebige andere Vorrichtung ist, die Strahlen unterschiedlicher Wellenlängen in einem gemeinsamen Brennpunkt oder in der Nähe des gemeinsamen Brennpunkts zusammenführt.
11. Lichtmodul (10) eines Kraftfahrzeug-Scheinwerfers, das Lichtmodul (10) umfassend mindestens eine Lichtquelle (16) zum Aussenden von Licht, mindestens eine Primäroptik (12) zum Bündeln zumindest eines Teils des ausgesandten Lichts, und mindestens eine Sekundäroptik (22) zum Projizieren zumindest eines Teils des gebündelten Lichts als Lichtverteilung auf eine Fahrbahn vor das Fahrzeug, wobei die Sekundäroptik eine farbkorrigierende Projektionsoptik (22) mit mindestens zwei in einer Lichtdurchtrittsrichtung (18) hintereinander angeordneten Teillinsen (24, 26) sowie einen zwischen den Teillinsen (24, 26) ausgebildeten Abstandsraum umfasst, **dadurch gekennzeichnet, dass** die farbkorrigierende Projektionsoptik (22) nach einem der Ansprüche 1 bis 10 ausgebildet ist.

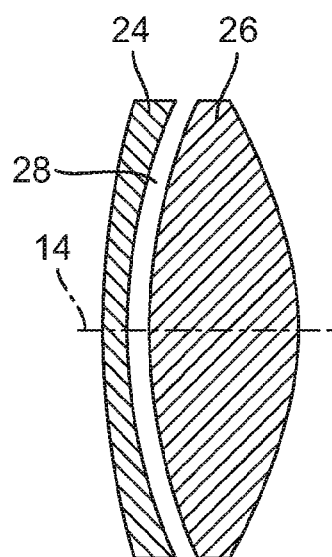
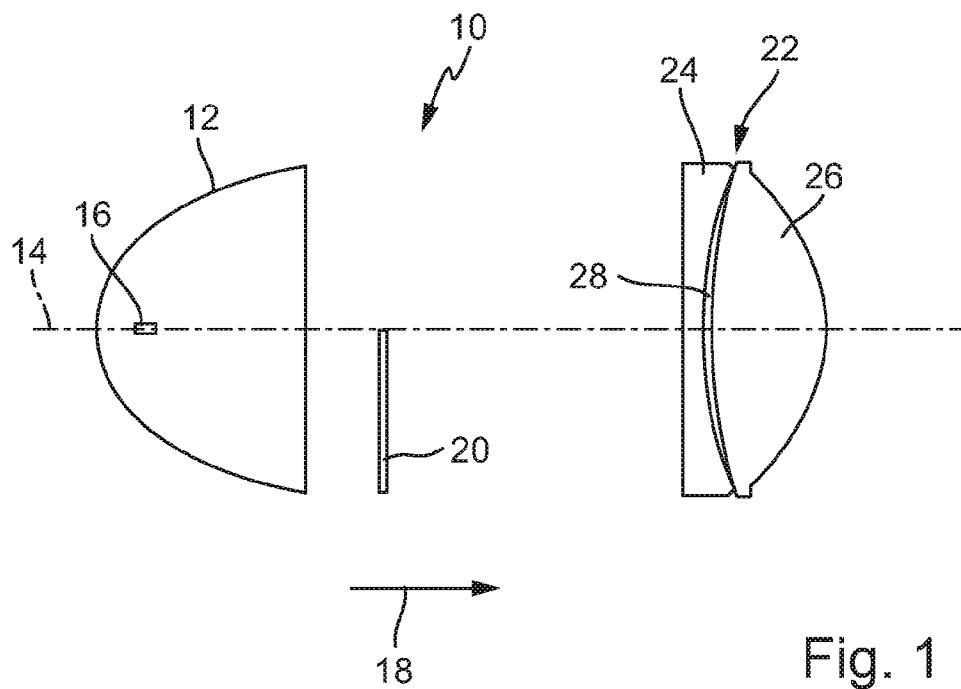


Fig. 2

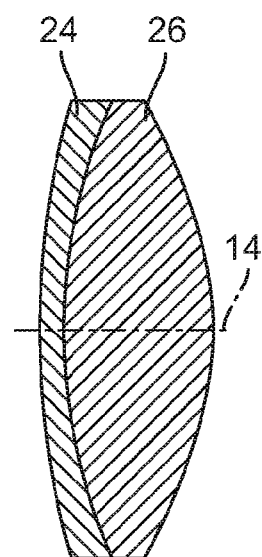


Fig. 3

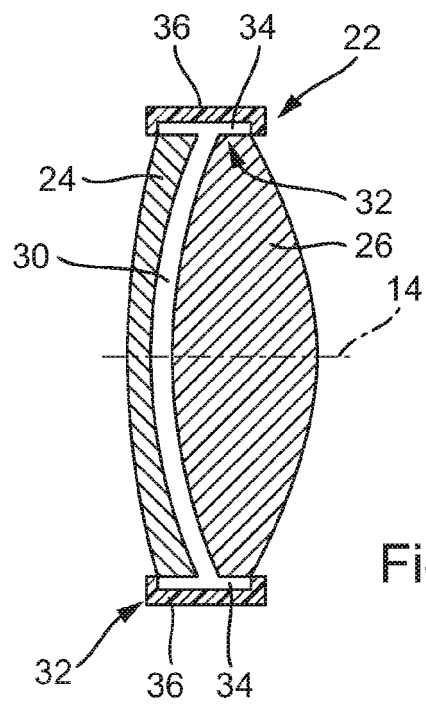


Fig. 4

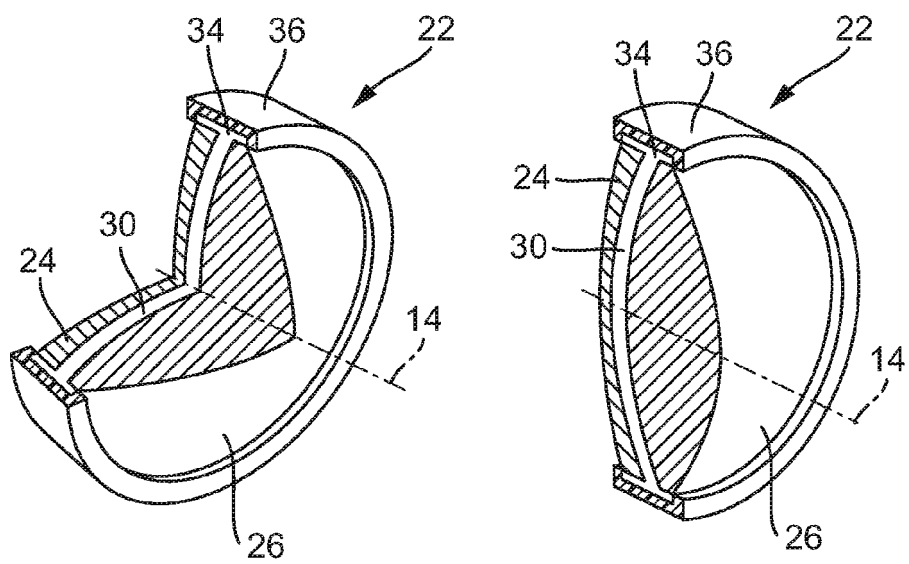
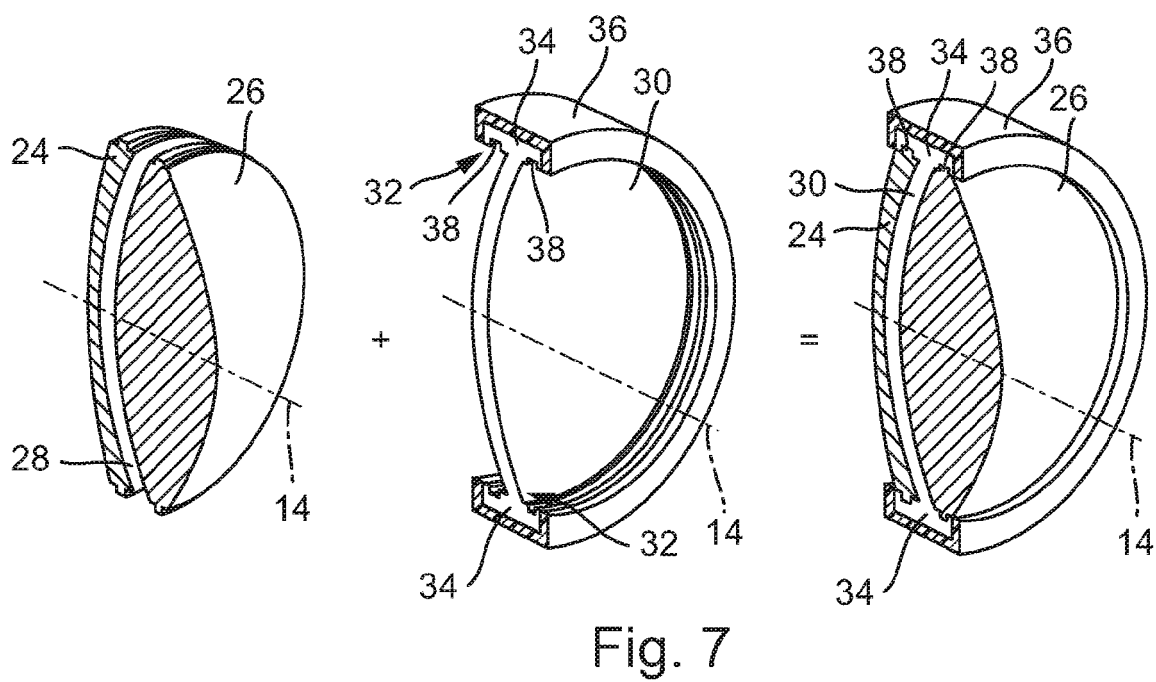
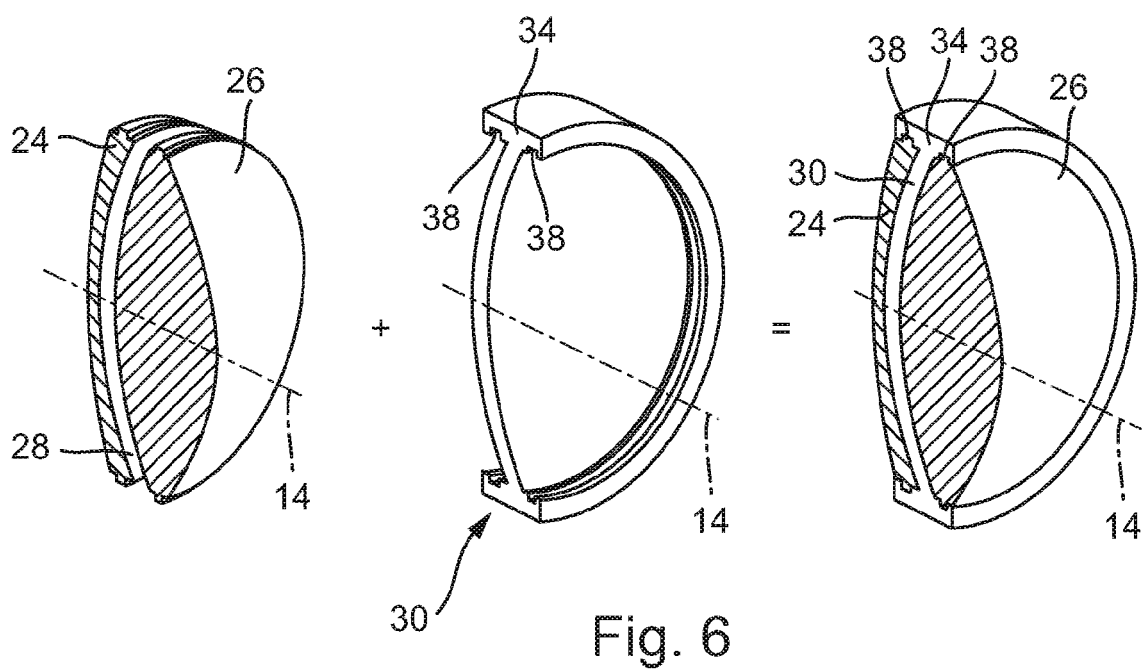


Fig. 5



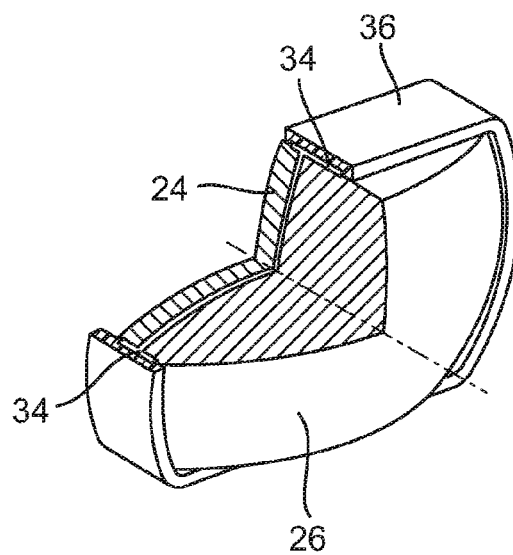


Fig. 8

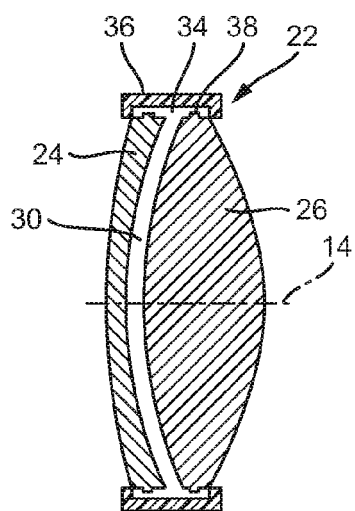


Fig. 9

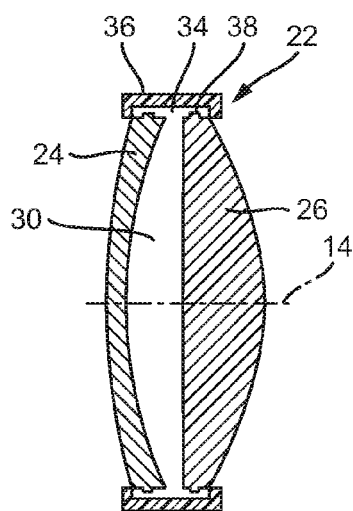


Fig. 10

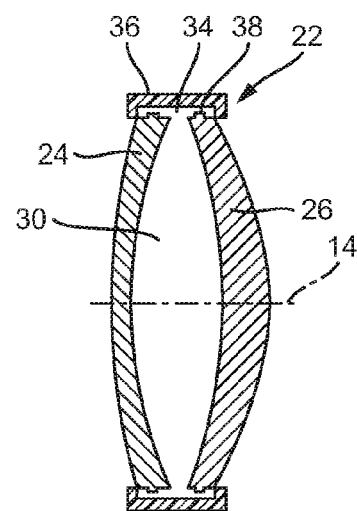


Fig. 11

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 3430273 A1 [0007] [0010]
- DE 10216706 B9 [0011]