

Abblendlichtscheinwerfer

Beschreibung

- 5 Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen Abblendlichtscheinwerfer bzw. ein Abblendlicht für Kraftfahrzeuge.

Wesentliche Merkmale der Winkelverteilung der Lichtstärke eines Abblendlichts für Kraftfahrzeuge sind eine in horizontaler Richtung annähernd symmetrische Verteilung mit
10 einer Halbwertsbreite von ca. 8...10° und eine asymmetrische vertikale Verteilung mit einer Halbwertsbreite von ca. 2...3° mit einer nach oben scharfen Hell-Dunkelgrenze mit hohem Kontrast zur Vermeidung der Blendung entgegenkommender Fahrzeuge.

Die Hell-Dunkelgrenze bildet bei Rechtsverkehr in Fahrtrichtung links eine Horizontale bei
15 einer vertikalen Höhe von ca. - 0.6°. Rechts zur Fahrtrichtung wird die Grenze nach oben verschoben um z.B. Verkehrsschilder besser auszuleuchten. Häufig wird auch rechts eine waagerechte Hell-Dunkelgrenze angestrebt. Die Region, in der die Grenze verschoben wird, wird als Ellenbogen bezeichnet und befindet sich im zentralen Bereich der Abstrahlung in Fahrtrichtung. Die Erzeugung dieser komplexen Intensitätsverteilung
20 erfordert große Scheinwerfersysteme mit vergleichsweise geringer Transmission.

In herkömmlichen Abblendscheinwerfern wird eine der Hell-Dunkelgrenze entsprechend geformte Blende von einer strahlgeformten Lichtquelle (üblicherweise LED oder Halogenleuchte) beleuchtet und dann durch eine Projektionsoptik nach Unendlich auf die
25 Fahrbahn abgebildet. Um die geforderten geringen Divergenzen zu erreichen, versucht man möglichst kleine Blendenabmaße zu erzielen, wodurch eine entsprechend geringe Brennweite der Projektionsoptik ermöglicht wird. Bei der Verringerung der Abmaße ist man aber durch die verfügbare Luminanz der Lichtquellen und geforderte Mindestlichtstärke des Scheinwerfers begrenzt.

30 Um geringe Abmaße zu erzielen werden Lichtquellen mit hoher Luminanz (z.B. LEDs) mit hocheffizienten Strahlformungsoptiken mit Freiformreflektoren und -linsen zur Erzielung einer hohen Transmission kombiniert. Die resultierenden Systeme haben dennoch in Lichtausbreitungsrichtung eine Ausdehnung von deutlich über 10cm.

Ein alternativer Ansatz unter Nutzung von Linsenarrays wurde in [1] offengelegt: Als Lichtquelle dienen mehrere individuell kollimierte LEDs, die ein Kondensor-Mikrolinsenarray, gefolgt von einem Blendenarray und einem Projektionslinsenarray beleuchten. Durch den Übergang von der konventionellen Einzelaperturoptik zu einer
5 Multiaperturoptik kann die Brennweite der Projektionsoptik und damit die Baulänge des Scheinwerfers stark verkürzt werden. Durch das Blendenarray wird aber die Transmission des Systems verringert. Weiter befinden sich die Blenden in der Nähe einer Zwischenbildebene des Beleuchtungsstrahlengangs, was hohe Energiedichten auf den absorbierenden Blenden und somit einen merklichen Wärmeeintrag in das mikrooptische
10 System bedingt.

Es besteht demnach der Wunsch nach einem Konzept für ein Abblendlicht, das es ermöglicht, geringe Baulängen zu erreichen, und dabei aber dennoch eine effektive Energieausnutzung zu erzielen.

15 Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht deshalb darin, ein Abblendlicht bzw. einen Abblendlichtscheinwerfer zu schaffen, das bzw. der die Erzielung geringer Baulängen bei hoher Licht-/Energieausbeute ermöglicht. Diese Aufgabe wird durch den Gegenstand des unabhängigen Patentanspruchs gelöst.

20 Die vorliegende Erfindung basiert auf der Idee, dass ein Abblendlichtscheinwerfer mit einer geringen Baulänge und einer hohen Licht-/Energieausbeute erzielt werden kann, indem eine Lichtquellenanordnung vorgesehen ist, die einen Lichtkegel aus Licht erzeugt, das in einer ersten Transversalrichtung weniger divergent ist als in einer zu der ersten
25 Transversalrichtung senkrechten zweiten Transversalrichtung, und diese Lichtquellenanordnung zur Ausleuchtung von drei entlang der zweiten Transversalrichtung nebeneinander angeordneten Linsenarrays verwendet wird, die somit eingangsseitig jeweils von einem zugeordneten unter in der zweiten Transversalrichtung nebeneinander angeordneten Segmenten des Lichtkegels durchstrahlt werden und
30 ausgangsseitig Abblendlicht mit einer gegenüber dem Lichtkegel veränderten Lichtstärkewinkelverteilung ausgeben. Innerhalb der Lichtquellenanordnung verwendete Optiken können somit als Ein-Linsen-Optiken ausgebildet werden, d. h. jede Linse bzw. Optik darin wird jeweils von dem gesamten zum Abblendlicht beitragenden Licht durchstrahlt. Sie ist somit auch kostengünstig und nicht nur in kurzer Baulänge
35 bereitstellbar. Außerdem übernimmt die Lichtquellenanordnung bereits eine der Strahlformungsaufgaben durch die unterschiedliche Divergenz in den zwei

Transversalrichtungen. Die Divergenz in der zweiten Transversalrichtung übernimmt gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Anmeldung beispielsweise die Definition des horizontalen Öffnungswinkels des Abblendlichtes. Die unterschiedliche Divergenzvorbereitung durch die Lichtquellenanordnung wird dann in den Linsenarrays
5 ausgenutzt, um spezifisch für jeweilige Abschnitte des Abblendlichts die unterschiedliche Divergenz in den Transversalrichtungen effektiv auszunutzen und die gewünschte Abstrahlung zu erzielen.

Gemäß Ausführungsbeispielen sind beispielsweise die beiden äußeren Linsenarrays als
10 Zylinderlinsenarrays ausgebildet, so dass dieselben lediglich die Aufgabe der Strahlformung in der ersten Transversalrichtung übernehmen, während der durch diese Linsenarrays ausgeleuchtete Abschnitt des Abblendlichts jeweils einer geradlinigen Verlängerung des dieselben durchstrahlenden Segmentes des Lichtkegels der Lichtquellenanordnung entspricht. Insbesondere können die beiden äußeren Linsenarrays
15 als Wabenkondensor mit eintrittsseitigen und austrittsseitigen zylindrischen Wabenlinsen ausgebildet sein. Die Linsenarrays nutzen somit die Vordivergenzreduktion durch die Lichtquellenanordnung aus. Ein gegenseitiger Versatz einer Anordnung der eintrittsseitigen Wabenlinsen gegenüber den austrittsseitigen Wabenlinsen in der ersten Transversalrichtung kann für das erste und das dritte Linsenarray hinsichtlich Anordnung
20 von Linsenöffnung und/oder Linsenscheitel unterschiedlich sein, so dass eine Änderung der Lichtstärkewinkelverteilung des das erste Linsenarray durchstrahlenden Segmentes des Lichtkegels in der ersten Transversalrichtung durch das erste Linsenarray gegenüber einer Änderung der Lichtstärkeverteilung des das dritte Linsenarray durchstrahlenden Segmentes des Lichtkegels in der ersten Transversalrichtung durch das dritte Linsenarray
25 unterschiedlich ist. Insbesondere können die beiden Linsenarrays in den beiden in der zweiten Transversalrichtung äußeren Abschnitten des Abblendlichtes Hell-Dunkel-Kanten erzeugen, die in unterschiedlichen Lagen entlang der zweiten Transversalrichtung liegen, d. h. die beiden waagrechten Kanten, von denen die eine für den Gegenverkehr niedriger positioniert ist als die auf der anderen Seite.

30

Das sich um den in der zweiten Transversalrichtung mittleren Abschnitt des Abblendlichts kümmernde zweite bzw. mittlere Linsenarray kann ebenfalls als Wabenkondensor mit eintrittsseitigen und austrittsseitigen Wabenlinsen ausgebildet sein. Sein Inter-Wabenlinsen-Abstand in der zweiten Transversalrichtung kann für die austrittsseitigen
35 Wabenlinsen größer sein als für die eintrittsseitigen Wabenlinsen. Die Vergrößerung kann der höheren Divergenz des Lichts des Lichtkegels von der Lichtquellenanordnung entlang

der zweiten Transversalrichtung entsprechen. Dieser Wabenkondensor kann zur Ausbildung des Ellenbogens in dem mittleren Abschnitt ein von der Lichtquellenanordnung aus gesehen unmittelbar hinter den eintrittsseitigen Wabenlinsen vergrabenes Blendenarray aufweisen, dessen Abbildung dann durch die austrittsseitigen Wabenlinsen den eben erwähnten Ellenbogen definiert. Eine blendenfreie Ausgestaltung ist ebenfalls möglich, wonach der Ellenbogen definiert wird, indem Linsenränder, z. B. die unteren Linsenränder, eines oder mehrerer eintrittsseitiger Wabenlinsen durch die entsprechenden austrittsseitigen Wabenlinsen abgebildet werden, nämlich auf eben erwähnten Ellenbogen, um letzteren zu definieren. Dazu werden diese abgebildeten Ränder der Linsenöffnungen der eintrittsseitigen Wabenlinsen entsprechend abweichend von einer ansonsten rechteckigen Grundform der Linsenöffnungen der eintrittsseitigen Wabenlinsen ausgestaltet.

Es ist somit möglich, soeben beschriebenes Abblendlicht nahezu verlustfrei zu gestalten. Insbesondere können Linsenöffnungen der Wabenlinsen vorerwählter Wabenkondensoren lückenlos aneinandergefügt sein. Die Linsenöffnungen austrittsseitiger Wabenlinsen vorerwählter Wabenkondensoren können einen äquidistanten Pitch in der ersten Transversalrichtung aufweisen. Selbst in dem Fall der Verwendung des Blendenarrays in dem Wabenkondensor des zweiten Linsenarrays sind die Lichteinbußen relativ gering. In dem Fall der blendenfreien Ausgestaltung ist sogar eine Ausgestaltung der Linsenarrays in Kunststoff, wie z.B. mit Spritzgusstechnologie, möglich.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Anmeldung werden nachfolgend bezugnehmend auf die Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Raumdarstellung der Komponenten eines Abblendlichts gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Anmeldung;

Fig. 2 eine Ausgestaltung der beiden äußeren Linsenarrays des Abblendlichts gemäß einem Ausführungsbeispiel;

Fig. 3 eine Draufsicht mit zwei Seitenschnittansichten des mittleren Linsenarrays gemäß einem Ausführungsbeispiel;

Fig. 4 eine Draufsicht und zwei Seitenschnittansichten des mittleren Linsenarrays gemäß einer Variante, bei der im Gegensatz zu Fig. 3 eine blendenfreie Ausgestaltung vorliegt; und

- 5 Fig. 5 eine vereinfachte perspektivische Raumansicht des Abblendlichts und des von ihm erzeugten Lichts mit der einem Abblendlicht entsprechenden Lichtverteilung.

Nachfolgend beschriebene Ausführungsbeispiele folgen einem neuartigen, etendueerhaltenden Ansatz zur Erzeugung kontinuierlicher Lichtstärkeverteilungen mittels
10 irregulärer Wabenkondensoren [2], welcher auf Blenden größtenteils oder sogar gänzlich verzichtet, um ein Abblendlicht mit geringer Baulänge und erhöhter Transmission realisierbar zu machen. In Figur 1 ist ein erstes Ausführungsbeispiel eines Abblendlichtes 100 bzw. eines Abblendlichtscheinwerfers 100 bzw. einer Vorrichtung 100 zur Erzeugung eines Abblendlichtes 102 (vgl. Fig. 5) dargestellt.

15

Als Lichtquelle dient vorzugsweise eine LED oder ein LED-cluster (1), welcher - entsprechend dem Aspektverhältnis des geforderten Ausgangsbündels - vorzugsweise eine größere Ausdehnung in horizontaler als in vertikaler Richtung aufweist. Die typischerweise Lambert'sche Abstrahlung der LED wird durch eine Sekundäroptik
20 geformt. Dabei erfolgt in vertikaler Richtung eine Kollimation wohingegen die Divergenz in der Horizontale ähnlich der geforderten Horizontalverteilung des Scheinwerfers nur verringert wird. Vorzugsweise besteht diese Sekundäroptik aus einer radialsymmetrischen Asphäre (2) zur Divergenzverringerung und einem nachfolgenden Zylinderlinsenkolimator (3). Falls die LED bzw. der LED-cluster eine Primäroptik (Dom) besitzt und diese bereits
25 eine der Abstrahlungsverteilung ähnlich der geforderten horizontalen Lichtstärkeverteilung des Scheinwerfers erzeugen, kann auf die Asphäre zur Divergenzverringerung (2) verzichtet werden.

In Fig. 1 bilden somit die Lichtquelle 1, der zylindrische Kolimator 3 und die dazwischen
30 befindliche asphärische Linse 2 eine Lichtquellenanordnung 10 zur Erzeugung eines Lichtkegels 12 aus Licht, das in einer ersten Transversalrichtung y weniger divergent ist als in einer zu der ersten Transversalrichtung y senkrechten zweiten Transversalrichtung x. Bei Verbau des Abblendlichts von Fig. 1 in ein Kraftfahrzeug entspricht die zweite Transversalrichtung x der Horizontalen, wovon im Folgenden weiter ausgegangen werden
35 soll. Es sei aber darauf hingewiesen, dass die Ausgestaltung der Lichtquellenanordnung 10 von Fig. 1 nur exemplarisch ist und auch Alternativen existieren. Beispielsweise könnte

- anstelle eines Zylinderlinsenkolimators 3 ein azyklischer Kollimator oder ein toroidaler Kollimator verwendet werden. Insgesamt kann die Lichtquellenanordnung so ausgebildet sein, dass das Licht des Lichtkegels 12 eine Divergenz aufweist, die in der Horizontalen x um mehr als das 10-Fache größer ist als in der Senkrechten y. Die asymmetrische Divergenz wird von den Linsenarrays ausgenutzt, die der Lichtkegel 12 ausleuchtet, wie es im Folgenden beschrieben wird. Dabei kann beispielsweise die Divergenz in horizontale Richtung so sein, dass der Öffnungswinkel des Lichtkegels 12 zwischen 20 und 50 Grad liegt.
- 10 Die nachfolgende Mikrooptik zur Strahlformung besteht aus drei horizontal nebeneinander angeordneten Segmenten 4a-c, nämlich Linsenarrays, welche wie in Fig. 5 gezeigt den Bereichen 14a und 14b rechts und links zur Fahrtrichtung sowie dem Bereich 14c in Fahrtrichtung zugeordnet sind bzw. zur Ausleuchtung desselben vorgesehen sind.
- 15 Zur Erzielung der geforderten kontinuierlichen vertikalen Verteilung rechts und links der Fahrtrichtung dienen gemäß vorliegendem Ausführungsbeispiel irreguläre Wabenkondensoren, vorzugsweise Zylinderlinsen-Wabenkondensoren 4a und 4b jeweils mit unterschiedlichen vertikalen Höhen entlang der Achse y der projizierten Hell-Dunkelgrenze 16. Hierzu dienen irreguläre Eingangslenslets bzw. -wabenlinsen 5 mit unterschiedlichen Aperturhöhen bzw. unterschiedlichen großen Linsenöffnungen in y, welche zum Teil aus dezentrierten Zylinderlinsensegmenten bestehen. Die Ausgangslenslets 6 besitzen eine konstante Aperturhöhe, können aber ebenfalls zum Teil aus dezentrierten Linsensegmenten bestehen, wie es in Figur 2 gezeigt ist. Durch kontrollierte Dezentrierung des Ausgangsarrays zum Eingangsarray kann die Höhe der
- 20 Hell-Dunkelgrenze 16 unterschiedlich für die Bereiche 14a,b links und rechts zur Fahrtrichtung eingestellt werden. Die gewünschte horizontale Lichtstärkeverteilung rechts und links zur Fahrtrichtung wird durch die Strahlformung der Asphäre 2 bzw. die Lichtquellenanordnung 10 erreicht.
- 30 In anderen Worten ausgedrückt weist das Abblendlicht 100 ein erstes Linsenarray 4a, ein zweites Linsenarray 4c und ein drittes Linsenarray 4b auf, die entlang der Horizontalen x nebeneinander angeordnet sind, um eingangsseitig jeweils von einem zugeordneten Segment des Lichtkegels 12 durchstrahlt zu werden, in das letzterer entlang der Horizontalen segmentiert ist. Ausgangsseitig geben die Linsenarrays das Abblendlicht wie
- 35 in Fig. 5 gezeigt mit einer gegenüber dem Lichtkegel 12 veränderten Lichtstärkewinkelverteilung aus. Wie es in Fig. 2 gezeigt wurde, können dabei die beiden

äußeren Linsenarrays 4a und 4b als Zylinderlinsenarrays ausgebildet sein, so dass diese das jeweilige Lichtsegment 12a und 12b des Lichtkegels 12, von dem sie durchstrahlt werden, in horizontaler Richtung x unabgelenkt hindurchlassen, was umgekehrt bedeutet, dass der durch die Linsenarrays 4a und 4b ausgeleuchtete Abschnitt bzw. Bereich 14b und 14a des Abblendlichts entlang der horizontalen Achse x einer geradlinigen Verlängerung des jeweiligen Lichtkegelsegments 12a und 12b entspricht, nämlich mit der horizontalen Divergenz des Lichtkegels 12. Insbesondere können die Linsenarrays 4a und 4b als Wabenkondensor mit eintrittsseitigen und austrittsseitigen zylindrischen Wabenlinsen 5 und 6 ausgebildet sein. Die eintrittsseitigen und austrittsseitigen zylindrischen Wabenlinsen, auch als Lenslets bezeichnet, bilden jeweils ein eindimensionales Array in der Richtung y. Die Linsenöffnungen bzw. Aperturen der Wabenlinsen 5 und 6 können rechteckig ausgestaltet und lückenlos aneinandergefügt sein, wie es in Fig. 2 gezeigt ist. Was den gegenseitigen Versatz der Anordnung mit eintrittsseitigen Lenslets bzw. Wabenlinsen 5 gegenüber den austrittsseitigen Lenslets 6 entlang der Richtung y angeht, so ist jener Versatz dazu da, die Lichtstärkewinkelverteilung in dem jeweils zugeordneten Abblendlichtabschnitt 14a und 14b zu bestimmen, nämlich insbesondere die Hell-Dunkel-Grenze 16. Dazu ist dieser gegenseitige Versatz für die beiden Linsenarrays 4a und 4b unterschiedlich gestaltet. Die austrittsseitigen zylindrischen Lenslets 6 können untereinander in y gleich große Linsenöffnungen aufweisen und zueinander wie gezeigt mit einem konstanten Wiederholabstand angeordnet sein. Die austrittsseitigen zylindrischen Wabenlinsen 6 können somit ein regelmäßiges Array bilden. Wie gezeigt können aber einige oder manche der austrittsseitigen zylindrischen Lenslets 6 einen in y dezentrierten Linsenscheitel aufweisen. Vorzugsweise existiert für jedes Linsenarray 4a und 4b eine paarweise Zuordnung zwischen eingangsseitigen Lenslets 5 und ausgangsseitigen Lenslets 6, so dass jedes Eingangslenslet 5 entlang der Richtung y das einfallende Licht des jeweiligen Segmentes 12a und 12b in das zugeordnete Ausgangslenslet 6 bündelt. Die Bündelung eines in y ausgedehnten Eingangslenslets 5 in ein in y kleineres Ausgangslenslet 6 bewirkt eine Divergenzvergrößerung und in dem umgekehrten Fall wird eine Divergenzverringerng in der y-Richtung erreicht. Die Ausgangslenslets 6 befinden sich in einer Fokalebene der Eingangslenslets 5. Es wird somit eine Köhler'sche Beleuchtung erzielt.

Das zentrale Segment (4c) der Mikrooptik besteht aus einem Tandemarray irregulärer, rechteckiger Lenslets, welches die Maximallichtstärke in Fahrtrichtung und den geneigten Teil der Hell-Dunkelgrenze bzw. Ellenbogen 18 erzeugt, wie es in Figur 3 gezeigt ist.

Eingangsarray und Ausgangsarray haben dabei in horizontaler Richtung jeweils konstante aber unterschiedliche Lensletgröße und –abstand: Die horizontale Richtung der optischen Achsen der individuellen Arraykanäle entsprechen der horizontalen Einstrahlrichtung der Lichtquelle für den jeweiligen Arraykanal. Der horizontale Abstand bzw. Pitch der Lenslets
5 7 des Ausgangsarrays ist deshalb größer als der der Lenslets 9 des Eingangsarrays.

In vertikaler Richtung weist das Eingangsarray unterschiedliche Lensletgrößen auf. Die Aperturen der Eingangslenslets können dabei relativ zum entsprechenden Ausgangslenslets dezentriert sein. Um auch in diesem Fall eine Köhlersche Beleuchtung
10 zu ermöglichen, werden die Eingangslenslets dann als dezentrierte Linsensegmente ausgebildet, so dass die Lichtquelle immer in das Zentrum des zugeordneten Ausgangslenslets abgebildet wird. Das Ausgangsarray besitzt rechteckige Lensletaperturen mit konstanter Breite und Höhe. Zur Erzielung der gewünschten Fernfeldverteilung können aber auch hier Lenslets als dezentrierte Linsensegmente
15 ausgebildet werden.

Die Berandung einer unter den Eingangslenslets 9 vergrabenen Blendenstruktur 8 wird als Hell-Dunkelgrenze durch die Ausgangslenslets 7 auf die Straße abgebildet. Diese Funktionsweise entspricht einem nach Unendlich abbildenden Mehrkanalprojektor, wobei
20 für weitere Details auf [3] verwiesen wird.

In anderen Worten ausgedrückt, kann auch das zweite mittlere Linsenarray 4c als Wabenkondensor mit eintrittsseitigen Lenslets 9 und austrittsseitigen Lenslets 7 ausgestaltet sein. In der Horizontalen x kann dabei der Inter-Wabenlinsen-Abstand der
25 austrittsseitigen Lenslets 7 größer sein als für die eintrittsseitigen Lenslets 9, und zwar entsprechend der Divergenz des Lichts des einfallenden Lichtkegels 12 in dieser Richtung x. Der Wabenkondensor, der das mittlere Linsenarray 4c bildet, ist ein zweidimensionaler Wabenkondensor mit einem zweidimensionalen Array aus Wabenlinsen bzw. Lenslets 9 auf der Eintrittsseite und einem entsprechenden zweidimensionalen Array von
30 Wabenlinsen bzw. Lenslets 7 auf der Austrittsseite. Wieder kann eine paarweise bzw. 1-zu-1-Zuordnung zwischen den Lenslets 7 und 9 bestehen: Jedes Paar aus Eingangslenslet 9 und Ausgangslenslet 7 bildet einen Kanal, wobei das Eingangslenslet 9 einfallendes Licht auf das jeweilige Ausgangslenslet bündelt. Es entsteht somit eine Köhlersche Beleuchtung. Das Array von Ausgangslenslets 7 kann regelmäßig in x und y
35 sein, d. h. die austrittsseitigen Lenslets können rechteckige Linsenöffnungen aufweisen, die lückenlos aneinandergesetzt sind, um in gleich breiten Spalten und in gleich breiten

Zeilen angeordnet zu sein. Die ausgangsseitigen Lenslets 7 könnten zentrierte Linsenscheitel aufweisen, wie es in Fig. 3 gezeigt ist, wobei allerdings auch eine Alternative existiert, wonach selbige dezentrierte Linsenscheitel aufweisen. Die austrittsseitigen Lenslets 7 befinden sich im Fokalabstand zu den eintrittsseitigen Lenslets 9 und umgekehrt gilt das Gleiche, d. h. die eintrittsseitigen Lenslets 9 befinden sich in der Fokalebene der austrittsseitigen Lenslets 7. In dieser Ebene befinden sich auch die Blendenabschnitte des Blendenarrays 8. Blendenkanten werden durch die austrittsseitigen Lenslets 7 nach unendlich abgebildet, um dort den Ellenbogen 16 zu definieren.

10

Eine alternative Realisierung des zentralen Segments ist auch ohne vergrabene Blenden mit irregulären Eingangslenslets 9, deren Kontur der Geometrie des Ellenbogens - bzw. den Blendenstrukturen aus Figur 3 - entspricht, möglich. Figur 4 zeigt eine entsprechende Realisierung.

15

In anderen Worten ausgedrückt, zeigt Fig. 4 eine Alternative, wonach es möglich ist, auf die Blenden 8 zu verzichten. Der Ellenbogen 18 wird hier dadurch realisiert, dass die Linsenöffnungen der eintrittsseitigen Lenslets nicht-rechteckig ausgestaltet werden. Insbesondere werden die unteren Kanten der Linsenöffnungen der eintrittsseitigen Lenslets 9 so gebildet, dass sie bei Abbildung dieser Linsenunterkanten durch die entsprechenden austrittsseitigen Lenslets 7 ins Unendliche den Ellenbogen 18 definieren. Die Abwesenheit einer Blende ermöglicht es, nicht nur die Lichtausbeute zu maximieren, sondern auch durch den verringerten Wärmeeintrag des Linsenarray 4c aus einem weniger hitzebeständigen Material herzustellen wie z. B. aus Kunststoff.

25

Das beschriebene Leuchtensystem kann einzeln oder bestehend aus mehreren Teilmodulen zur Erzielung der geforderten Lichtstärke in einen Autoscheinwerfer integriert werden.

30 Durch die mikrooptische Realisierung als Multiapertursystem zur Strahlformung ist eine drastische Verringerung der Baulänge verglichen mit herkömmlichen Systemen möglich. Durch die nur im zentralen Bereich vorhandenen Blenden, welche außerdem nur eine minimale Fläche einnehmen, ermöglicht das vorgeschlagene Design eine gegenüber [1] vergrößerte Transmission und verringerte thermische Belastung des Blendenarrays.

35

Das gezeigte Abblendlicht ist als Kfz-Abblendlicht einsetzbar oder aber zur Erzeugung beliebiger Fernfeldverteilungen bei Scheinwerfern.

Obige Ausführungsbeispiele umfassen somit insbesondere ein Abblendlicht mit z.B:

5 verringerter Baulänge in z bzw. längs der Strahlrichtung bestehend aus einer strahlgeformten Lichtquelle und einer nachfolgenden aus drei horizontal nebeneinander angeordneten irregulären Mikrolinsenarrays bestehenden Strahlformungsoptik, welche jeweils einen Bereich rechts, links bzw. in Fahrtrichtung ausleuchten. Eine Ausführung als Tandem-Array ist möglich. Die Strahlformung der Lichtquelle kann eine Kollimation in

10 vertikaler Richtung umfassen. Die Strahlformung der Lichtquelle kann eine Divergenzverringerung in horizontaler und eine Kollimation in vertikaler Richtung durch eine Asphäre und einen nachfolgenden Zylinderlinsenkolimator umfassen. Die Strahlformung kann insbesondere wie gezeigt durch eine Asphäre und einen azyklindrischen Kolimator realisiert werden. Ein Strahlformung durch eine Asphäre und

15 einen toroidalen Kolimator wäre aber ebenfalls möglich. Die beiden äußeren Linsenarrays können als irreguläre Zylinderlinsenarrays ausgebildet sein. Eine identische Ausbildung der Lenslets der beiden äußeren Linsenarrays mit aber unterschiedlicher vertikaler Dezentrierung der Ausgangsarrays zu den Eingangsarrays ist möglich. Die beiden äußeren Linsenarrays können zudem als irreguläre Linsenarrays mit rechteckigen

20 Lenslets ausgebildet sein, wobei der horizontale Abstand der Lenslets des Ausgangsarrays größer ist als der Abstand der Lenslets des Eingangsarrays. Eine Ausbildung des zentralen Linsenarrays als irreguläres Array rechteckiger Lenslets ist möglich, wobei der horizontale Abstand der Lenslets des Ausgangsarrays größer sein kann als der des Eingangsarrays. Dabei kann ein unter dem Eingangsarray vergrabenes

25 Blendenarray durch dessen Abbildung mittels der Ausgangsarrays den zentralen Bereich der Hell-Dunkelgrenze erzeugen. Mittels geeignet konturierten Eingangslenslets und Abbildung dieser Lensletkonturen kann der zentrale Bereich der Helldunkelgrenze auch blendenfrei erzeugt werden. Die Linsenarrays können als Tandem-arrays erzeugt werden. Eine Realisierung der drei Tandemarrays als monolithisches Element auf einem

30 gemeinsamen Substrat ist möglich.

Literatur

[1] F. Bauer, G. Böhm, „Mikroprojektions-Lichtmodul für einen Kraftfahrzeugscheinwerfer“, AT 514967 B1.

- [2] C. Li, P. Schreiber, D. Michaelis, Ch. Wächter, St. Fischer, U. D. Zeitner: "Etendue conserving light shaping using microlens arrays with irregular lenslets", SPIE 10693 (2018) 1069304.
- [3] P. Schreiber, M. Sieler, E. Förster, "Projektionsdisplay und dessen Verwendung",
5 DE 10 2009 024 894 A1.

Patentansprüche

1. Abblendlichtscheinwerfer mit
- 5 einer Lichtquellenanordnung (10) zur Erzeugung eines Lichtkegels (12) aus Licht, das in einer ersten Transversalrichtung (y) weniger divergent ist als in einer zu der ersten Transversalrichtung senkrechten zweiten Transversalrichtung (x);
- 10 einem ersten, zweiten und dritten Linsenarray (4a, 4b, 4c), die entlang der zweiten Transversalrichtung (x) nebeneinander angeordnet sind, um eingangsseitig jeweils von einem zugeordneten Segment von in der zweiten Transversalrichtung nebeneinander angeordneten Segmenten (12a, 12b, 12c) des Lichtkegels (12) durchstrahlt zu werden und ausgangsseitig Abblendlicht (102) mit einer gegenüber dem Lichtkegel (12) veränderten Lichtstärkewinkelverteilung auszugeben.
- 15 2. Abblendlichtscheinwerfer gemäß Anspruch 1 zum Verbau in ein Kraftfahrzeug, so dass die zweite Transversalrichtung (x) einer Horizontalen entspricht.
- 20 3. Abblendlichtscheinwerfer gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei die Lichtquellenanordnung (10) eine in die erste und zweite Transversalrichtung (y, x) divergent abstrahlende Lichtquelle (1) und einen Kollimator (3) zum Kollimieren divergenten Lichts von der Lichtquelle (1) mit einem in der ersten Transversalrichtung (y) gegenüber der zweiten Transversalrichtung (x) erhöhten Kollimationsgrad aufweist.
- 25 4. Abblendlichtscheinwerfer gemäß Anspruch 3, bei dem die Lichtquellenanordnung (10) eine asphärische Linse (2) zwischen Lichtquelle (1) und Kollimator (3) zur Vorkollimation aufweist.
- 30 5. Abblendlichtscheinwerfer gemäß Anspruch 3 oder 4, bei dem der Kollimator (3) einen Zylinderlinsenkolimator oder einen azylindrischen Kollimator oder einen toroidalen Kollimator aufweist.
- 35 6. Abblendlichtscheinwerfer gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem die Lichtquellenanordnung (10) so ausgebildet ist, dass das Licht des Lichtkegels (12) eine Divergenz aufweist, die in der zweiten Transversalrichtung (x) um mehr als das 10-fache größer ist als in der ersten Transversalrichtung (y).

7. Abblendlichtscheinwerfer gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das zweite Linsenarray (4c) zwischen dem ersten und dritten Linsenarray (4a, 4b) angeordnet ist, und das erste und das dritte Linsenarray (4a, 4b) als Zylinderlinsenarrays ausgebildet sind, so dass für jedes des ersten und dritten Linsenarrays (4a, 4b) das Segment (12a, 12b, 12c) des Lichtkegels (12), das das jeweilige Linsenarray (4a, 4b) durchstrahlt, ausgangsseitig einen Abschnitt (14a, 14b) des Abblendlichts (102) ausleuchtet, der entlang der zweiten Transversalrichtung (x) einer geradlinigen Verlängerung des jeweiligen Segments (12a, 12b) entspricht.
8. Abblendlichtscheinwerfer gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das zweite Linsenarray (4c) zwischen dem ersten und dritten Linsenarray (4a, 4b) angeordnet ist, und jedes des ersten und dritten Linsenarrays (4a, 4b) als Wabenkondensor mit eintrittsseitigen und austrittsseitigen zylindrischen Wabenlinsen (5, 6) ausgebildet ist.
9. Abblendlichtscheinwerfer gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das zweite Linsenarray (4c) zwischen dem ersten und dritten Linsenarray (4a, 4b) angeordnet ist, und jedes des ersten und dritten Linsenarrays (4a, 4b) als Wabenkondensor mit einem ersten eindimensionalen, sich entlang der ersten Transversalrichtung erstreckenden Array von eintrittsseitigen zylindrischen Wabenlinsen (5) und einem zweiten eindimensionalen, sich entlang der ersten Transversalrichtung erstreckenden Array von austrittsseitigen zylindrischen Wabenlinsen ausgebildet ist.
10. Abblendlichtscheinwerfer gemäß Anspruch 9, bei dem ein gegenseitiger Versatz einer Anordnung der eintrittsseitigen zylindrischen Wabenlinsen (5) gegenüber den austrittsseitigen zylindrischen Wabenlinsen (6) in der ersten Transversalrichtung (y) für das erste und das dritte Linsenarray (4a, 4b) hinsichtlich Linsenöffnung und/oder Linsenscheitel unterschiedlich ist, so dass eine Änderung der Lichtstärkewinkelverteilung des das erste Linsenarray (4a) durchstrahlenden Segments (12a) des Lichtkegels (12) in der ersten Transversalrichtung (y) gegenüber einer Änderung der Lichtstärkewinkelverteilung des das dritte Linsenarray (4b) durchstrahlenden Segments (12b) des Lichtkegels (12) in der ersten Transversalrichtung (y) unterschiedlich ist.
11. Abblendlichtscheinwerfer gemäß Anspruch 10, bei dem für das erste und das dritte Linsenarray (4a, 4b) die austrittsseitigen zylindrischen Wabenlinsen (6) untereinander in

der ersten Transversalrichtung (y) gleich große Linsenöffnungen aufweisen und zueinander mit einem konstanten Wiederholabstand angeordnet sind.

12. Abblendlichtscheinwerfer gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das zweite Linsenarray (4c) zwischen dem ersten und dritten Linsenarray (4a, 4b) angeordnet ist und als Wabenkondensor mit eintrittsseitigen und austrittsseitigen Wabenlinsen (7, 9) ausgebildet ist, wobei ein Inter-Wabenlinsen-Abstand in der zweiten Transversalrichtung für die austrittsseitigen Wabenlinsen (7) größer als für die eingangsseitigen Wabenlinsen (9) ist.

10

13. Abblendlichtscheinwerfer gemäß Anspruch 12, bei dem der Wabenkondensor des zweiten Linsenarrays (4c) ein von der Lichtquellenanordnung aus gesehen hinter den eintrittsseitigen Wabenlinsen (9) vergrabenes Blendenarray (8) aufweist, dessen Abbildung durch die austrittsseitigen Wabenlinsen (7) eine Hell-Dunkel-Kante (18) in einem zentralen Abschnitt (14c) des Abblendlichts (102) erzeugt.

15

14. Abblendlichtscheinwerfer gemäß Anspruch 12, bei dem der Wabenkondensor des zweiten Linsenarrays (4c) blendenfrei gestaltet ist.

15. Abblendlichtscheinwerfer gemäß Anspruch 12, bei dem der Wabenkondensor des zweiten Linsenarrays (4c) blendenfrei gestaltet ist und so, dass eine Abbildung von Linsenrändern der eintrittsseitigen Wabenlinsen (9) durch die austrittsseitigen Wabenlinsen (7) in einem zentralen Abschnitt (14c) des Abblendlichtes (102) eine Hell-Dunkel-Kante (18) erzeugen.

25

16. Abblendlichtscheinwerfer gemäß einem der Ansprüche 1 bis 15, wobei

die Lichtstärkewinkelverteilung des Abblendlichts (102) in einem ersten Abschnitt (14a), der von dem das erste Linsenarray (4a) durchstrahlenden Segment (12a) des Lichtkegels (12) ausgeleuchtet wird, in der ersten Transversalrichtung (y) durch das erste Linsenarray (4a) eine in der zweiten Transversalrichtung (x) verlaufende erste Hell-Dunkel-Kante (16) aufweist,

30

die Lichtstärkewinkelverteilung des Abblendlichts (102) in einem zweiten Abschnitt (14b), der von dem das dritte Linsenarray (4b) durchstrahlenden Segment (12b) des Lichtkegels (12) ausgeleuchtet wird, in der ersten Transversalrichtung (y) durch das dritte Linsenarray

35

eine in der zweiten Transversalrichtung verlaufende dritte Hell-Dunkel-Kante (16) mit einer in der ersten Transversalrichtung (y) anderen Lage als der der ersten Hell-Dunkel-Kante (16) aufweist,

- 5 die Lichtstärkewinkelverteilung des Abblendlichts (102) in einem dritten Abschnitt (14c),
der von dem das zweite Linsenarray (4c) durchstrahlenden Segment (12c) des
Lichtkegels (12) ausgeleuchtet wird, in der ersten Transversalrichtung (y) durch das
zweite Linsenarray (4c) eine bezüglich der ersten und zweiten Transversalrichtung (x, y)
schräg verlaufende zweite Hell-Dunkel-Kante (18) aufweist, die von der ersten zu der
10 dritten Hell-Dunkel-Kante verläuft.

17. Abblendlichtscheinwerfer gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem
das erste, zweite und dritte Linsenarray monolithisch auf einem gemeinsamen Substrat
gebildet sind.

15

18. Kraftfahrzeug mit einem Abblendlichtscheinwerfer gemäß einem der
vorhergehenden Ansprüche.