

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
22. Mai 2025 (22.05.2025)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2025/104166 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
B29D 11/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2024/082335

(22) Internationales Anmeldedatum:
14. November 2024 (14.11.2024)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2023 131 958.2
16. November 2023 (16.11.2023) DE

(71) Anmelder: **RODENSTOCK GMBH** [DE/DE]; Elsenheimerstr. 33, 80687 München (DE).

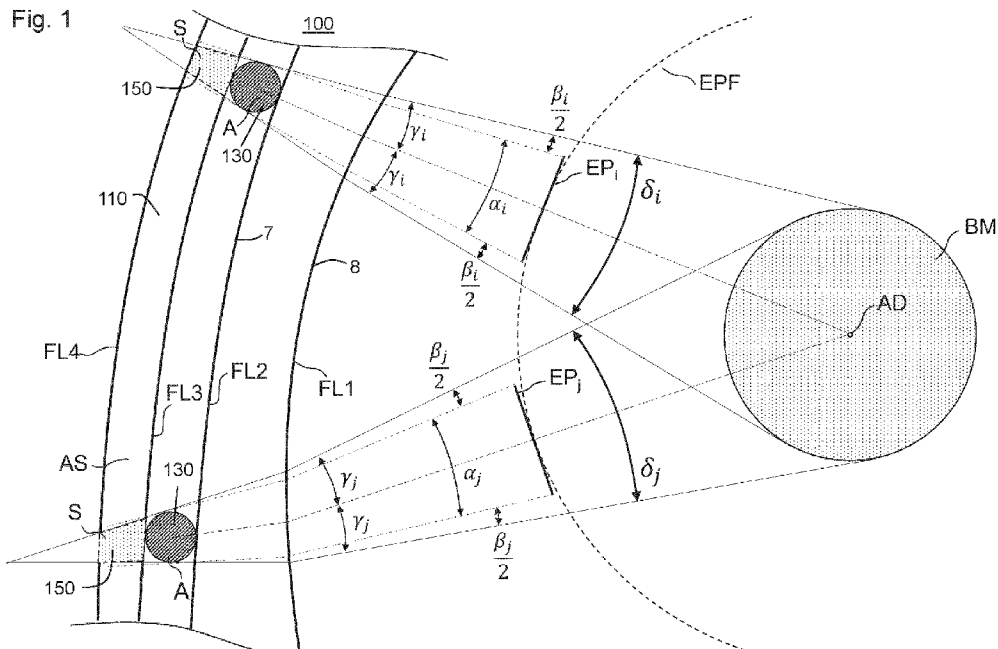
(72) Erfinder: **MUSCHIELOK, Adam**; Nelkenweg 14, 83714 Miesbach (DE).

(74) Anwalt: **MÜLLER-BORÉ & PARTNER PATENTANWÄLTE PARTG MBB**; Friedenheimer Brücke 21, 80639 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST,

(54) Title: PHOTOLITHOGRAPHIC METHOD FOR PRODUCING A SPECTACLE LENS FOR MYOPIA CONTROL, AND CORRESPONDING SPECTACLE LENS

(54) Bezeichnung: FOTOLITHOGRAFISCHES VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES BRILLENGLASES ZUR MYOPIEKONTROLLE, SOWIE EIN ENTSPRECHENDES BRILLENGLAS



(57) Abstract: The invention relates to a method, in particular a photolithographic method, for producing a spectacle lens (100) for myopia control for an eye of a wearer of spectacles, comprising the following steps: – providing a spectacle lens to be processed, having a multiplicity of microparticles (130) and a processing layer which is adjacent to the multiplicity of microparticles (130) or has the multiplicity of microparticles (130), the processing layer comprising at least one photoreactive layer (110); and – producing microstructures (150) in the photoreactive layer (110) by exposing the photoreactive layer (110) using an exposure means (BM), wherein at least some of the multiplicity of microparticles (130) act as a photomask for the exposure.

SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)
 - in Schwarz-Weiss; die internationale Anmeldung enthielt in ihrer eingereichten Fassung Farbe oder Graustufen und kann von PATENTSCOPE heruntergeladen werden.
-

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren, insbesondere ein fotolithografisches Verfahren, zur Herstellung eines Brillenglases (100) zur Myopiekontrolle für ein Auge eines Brillenträgers, umfassend die Schritte: - Bereitstellen eines zu bearbeitenden Brillenglases mit einer Vielzahl von Mikropartikeln (130) und einer Bearbeitungsschicht, welche an die Vielzahl von Mikropartikeln (130) angrenzt oder die Vielzahl von Mikropartikeln (130) aufweist, wobei die Bearbeitungsschicht zumindest eine fotoreaktive Schicht (110) umfasst; und - Erzeugen von Mikrostrukturen (150) in der fotoreaktiven Schicht (110) durch ein Belichten der fotoreaktiven Schicht (110) mit einem Belichtungsmittel (BM), wobei zumindest einige der Vielzahl von Mikropartikeln (130) als Fotomaske für das Belichten fungieren.

"Fotolithografisches Verfahren zur Herstellung eines Brillenglases zur Myopiekontrolle, sowie ein entsprechendes Brillenglas"

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren, insbesondere ein fotolithografisches Verfahren, zur Herstellung eines Brillenglases zur Myopiekontrolle bzw. zur Beeinflussung der Progression von Myopie für ein Auge eines Brillenträgers. Insbesondere betrifft die

5 Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines Brillenglases mit einer gesichtsfeldmodulierten Abbildungsqualität mittels Fotolithografie. Ferner betrifft die Erfindung ein Brillenglas, insbesondere ein Brillenglas mit einem Wirkungsbereich, der eine modulierte Abbildungsqualität, insbesondere zur Myopiekontrolle, aufweist.

10 Gerade bei Brillengläsern zur Korrektur von Myopie führt die oft merkliche Tendenz einer Progression der Myopie dazu, dass der Tragekomfort einmal angepasster Brillengläser und damit auch die Zufriedenheit des Brillenträgers und die Verträglichkeit der Brille nach kurzer Zeit wieder sinken.

15 Ganz generell nimmt Myopie weltweit, insbesondere im asiatischen Raum, dramatisch zu. Die WHO schätzt, dass 2050 über 50% aller Menschen myop sind. Mit Zunahme der Myopie des einzelnen Individuums nimmt auch das Risiko für damit verbundene Augenkrankheiten wie z.B. Netzhautablösung, Glaukom, Katarakt und Makula-Degeneration sehr stark zu. Deshalb besteht ein großes Interesse, die Zunahme der Myopie

20 zu verlangsamen. Hierzu gibt es einige Ansätze, um mit optischen Hilfsmitteln (Sehhilfen) die Myopieprogression zu verlangsamen. Allen diesen Ansätzen ist aber gemein, dass sie sehr aufwendig und teuer und außerdem recht unflexibel sind, um sich an den sich schnell ändernden Gegebenheiten (z.B. Änderung der Verordnung einer Brille, Anforderungen an das visuelle System) anzupassen.

25

Bisher wurden verschiedene optische Wirkungen bezüglich Verträglichkeit und Komfort ophthalmischer Linsen, insbesondere Brillengläser hinsichtlich ihres Einflusses auf

Myopie und/oder Hyperopie sowie deren Progression bzw. Entwicklung in Abhängigkeit der optischen und physiologischen Mechanismen, die eine Progression bzw. ein Voranschreiten, insbesondere Verschlechterung, erklären oder verlangsamen sollen, untersucht. Die bestehenden Ansätze basieren im Wesentlichen darauf, das Bild vor
5 die Netzhaut abzubilden, da dadurch das Längenwachstum des Auges gebremst werden soll. Hierbei hat sich gezeigt, dass es ausreichend (oder sogar besser ist), wenn dies nur in der Peripherie der Netzhaut geschieht.

Ein möglicher Ansatz ist die Verwendung von Bifokalbrillengläsern und/oder Progressivbrillengläsern (PAL). Dabei wird zum einen durch die Addition ein Bereich beim Blick
10 in die Ferne im peripheren Bereich vor die Netzhaut abgebildet und zum anderen wird beim Blick in die Nähe zumindest bei zu geringer Akkommodation das Bild nicht hinter der Netzhaut abgebildet. Dies funktioniert bei Kindern mit Akkommodationsinsuffizienz und/oder Konvergenzexzess besser. Bei solchen Ansätzen werden akzeptable Ergebnisse
15 allerdings nur bei einer kleineren Gruppe mit Konvergenzexzess erzielt. Bifokalbrillengläser sind insbesondere für Kinder kosmetisch nicht akzeptabel.

Ein weiterer Ansatz basiert auf speziellen PAL (oder radialsymmetrischen PAL) mit einer zentralen scharf abbildenden Wirkung und einer peripheren Addition (siehe z.B.
20 die Druckschrift DE 10 2009 053 467 A1).

PAL, wie in diesen beiden Ansätzen, weisen Bereiche mit großen Aberrationen auf. Wenn sich die Brillenglasstärke ändert, was bei Kindern häufig der Fall ist, muss aufwendig ein neues, teures Brillenglas hergestellt werden. Weiterhin ist das periphere
25 Sehen und auch das foveale Sehen, wenn durch die Peripherie der Brillengläser geschaut wird, durch die Aberrationen stark herabgesetzt. Sind hohe Anforderungen an das visuelle System gestellt (z.B. im Straßenverkehr), kann dies nur mit einer zweiten Einstärkenbrille gelöst werden. Dies erhöht den Aufwand und die Kosten bei Änderung der Verordnung nochmals. Die Akzeptanz solcher Lösungen ist daher oft gering.

30 Weitere Ansätze basieren beispielsweise auf speziellen Kontaktlinsen. Beispielsweise wurden progressive Kontaktlinsen mit einer in der Peripherie höheren Pluswirkung als

im zentralen Bereich untersucht. Damit ist allerdings bei Bewegung der Kontaktlinse auf dem Auge auch das foveale Sehen beeinträchtigt. Außerdem muss auch hier bei Stärkenänderung aufwendig eine neue Linse angefertigt werden. Weiterhin ist das Handling und die Zuverlässigkeit in der Handhabung bei Kindern beschränkt. Dies trifft
5 insbesondere bei kleinen Kindern zu, wobei erschwerend hinzukommt, dass man eigentlich den größten Effekt erreicht, wenn man gerade im frühen Kindesalter bereits mit den Maßnahmen zur Verlangsamung der Myopie beginnt.

Ein anderer Ansatz mit Kontaktlinsen nutzt sogenannte Ortho-K Kontaktlinsen, welche
10 über Nacht getragen werden und dabei die Hornhaut deformieren. Damit soll zentral die Myopie korrigiert werden und in der Peripherie auch eine Pluswirkung (gegenüber zentral) erzeugt werden. Hier ist aber ebenfalls jede Kontaktlinse eine Spezialanforderung und es muss auch hier aufwendig eine neue Linse z.B. im Falle einer neuen Verordnung hergestellt werden. Weiterhin ist, insbesondere bei kleinen Kindern, die Auswirkungen der Deformierungen der Cornea auf den Metabolismus und die Struktur der
15 Cornea ungeklärt.

Das sich aus einem Voranschreiten von Myopie ergebende Problem für einen Brillenträger ist der stetig sinkende Tragekomfort für eine einmal angepasste Brille. In einem
20 möglichen Ansatz werden zur Myopiekontrolle Brillengläser mit kleinen Zusatzlinsen (sog. Mikrolinsen) mit zusätzlicher positiver Brechkraft eingesetzt. Diese Zusatzlinsen werden aus noppenförmigen Strukturen gebildet. Die zusätzliche Wirkung führt zu einer lokalen Verschiebung des Brennpunktes vor die Netzhaut und soll damit gegen ein übermäßiges Längenwachstum des Auges wirken.

25 In der Zone mit den Mikrolinsen („aktive Zone“) ist die Wirkungsverteilung unstetig: Im Bereich der Mikrolinsen erfolgt die Abbildung unscharf, im Bereich dazwischen scharf. Beim Blick durch die aktive Zone irritieren diese Mikrolinsen, da sie lokal die scharfe Abbildung verhindern. Wenn sich das Auge blickend durch diese aktive Zone bewegt,
30 kommt es zu weiteren Irritationen, weil sich je nach Blickrichtung die Anordnung der Mikrolinsen vor der Pupille ändert.

Bekannte Brillengläser zur Myopiekontrolle besitzen deshalb in der Regel einen zentralen Bereich, in dem gute Sicht möglich ist, und einen oder mehrere periphere Bereiche, in dem die Bildqualität beim Betrachten von Objekten degradiert wird (z.B. durch eine sphärische und/oder astigmatische optische Zusatzwirkung oder diffuses Streulicht, wie es z.B. in der Druckschrift WO 2019 152438A1 oder WO 2020 014613A1 offenbart ist). Der tatsächliche Grund für die Myopieprogression hemmende Wirkung ist zurzeit noch Gegenstand der Forschung, scheint jedoch durch die im zeitlichen Mittel häufigere Nutzung des zentralen Brillenglasbereichs zum Betrachten von Objekten (zentrales Sehen) verursacht zu werden. Die durch den zentralen Bereich des Brillenglases betrachteten Objekte weisen eine bessere Bildqualität auf als gerade nicht fixierte Objekte im Gesichtsfeld (peripheres Sehen), die durch die degradierenden Bereiche des Brillenglases betrachtet werden.

Zusammenfassend ermöglichen somit bekannte Brillengläser zur Myopiekontrolle die Variation der Sehqualität über das Blickfeld hinweg, d.h. abhängig von der aktuellen Blickrichtung.

Im Rahmen der vorliegenden Erfindung hat sich herausgestellt, dass herkömmliche Brillengläser zur Myopiekontrolle insbesondere die folgenden Nachteile aufweisen:

- Herkömmliche Brillengläser zur Myopiekontrolle besitzen bei einer Fixation von Objekten durch die die Bildqualität degradierenden Bereiche des Brillenglases eine ähnlich schlechte oder teilweise sogar schlechtere Abbildungsqualität beim zentralen Sehen im Vergleich zum peripheren Sehen, und besitzen deshalb keine permanente Myopieprogression hemmende Wirkung.
- Herkömmliche Brillengläser zur Myopiekontrolle besitzen eine sich abhängig von der Blickrichtung ändernde Bildqualität beim zentralen Sehen, wodurch bei einer Fixation im Blickfeld peripher gelegener Objekte teilweise unbequeme Kopfhaltungen eingenommen werden müssen.

Um die obigen Nachteile zu vermeiden, wären z.B. aktive (insbesondere elektroaktive) Brillengläser denkbar, welche auf Basis eines Eyetrackers angesteuert werden, jedoch sind derartige Lösungen technisch sehr aufwendig und teuer.

- 5 Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine anhaltende Verträglichkeit einer Brille mit Myopiekontrolle zu verbessern und damit einen langfristigen Tragekomfort kostengünstig zu erreichen. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Gegenstände mit den in den unabhängigen Ansprüchen angegebenen Merkmalen gelöst. Bevorzugte Ausführungsformen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

10

Ein erster unabhängiger Aspekt zur Lösung der Aufgabe betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Brillenglases zur Myopiekontrolle für ein Auge eines Brillenglasnutzers bzw. Brillenträgers, umfassend die Schritte:

- Bereitstellen eines (weiter) zu bearbeitenden Brillenglases mit einer Vielzahl von Mikropartikeln und einer Bearbeitungsschicht, welche an die Vielzahl von Mikropartikeln angrenzt oder die Vielzahl von Mikropartikeln aufweist, wobei die Bearbeitungsschicht zumindest eine fotoreaktive Schicht umfasst; und
- Erzeugen von Mikrostrukturen in der fotoreaktiven Schicht durch ein Belichten der fotoreaktiven Schicht mit einem Belichtungsmittel, wobei zumindest einige der Vielzahl von Mikropartikeln als Fotomaske für das Belichten fungieren.

20

Das bereitgestellte (mit dem erfindungsgemäßen Verfahren zu bearbeitende) Brillenglas ist vorzugsweise ein herkömmliches Brillenglas, insbesondere ein Brillenglas ohne vorgesehene Myopiekontrolle bzw. ohne eine Gesichtsfeldmodulierte Abbildungsqualität, welches jedoch zusätzlich mit einer fotoreaktiven Schicht und einer Vielzahl von Mikropartikeln versehen ist bzw. wird. Das bereitgestellte (zu bearbeitende) Brillenglas kann z.B. auf einem Brillenglas-Rohling oder aber auch einem Brillenglas mit einer Wirkung zur Sehfehlerkorrektur basieren. Beispielsweise kann das zu bearbeitende Brillenglas auf einem (herkömmlichen) Brillenglas basieren, welches bereits

25

30 eine für den künftigen Brillenträger vorgesehene bzw. verordnete Refraktion aufweist. Das bereitgestellte Brillenglas kann also ein bereits bearbeitetes bzw. geschliffenes Brillenglas sein, welches mit dem erfindungsgemäßen Verfahren weiterbearbeitet wird,

um ein Brillenglas zur Myopiekontrolle herzustellen. Die Verwendung bzw. Bereitstellung eines bereits bearbeiteten bzw. geschliffenen Brillenglases ist dabei bevorzugt, da die Ausrichtung der in der fotoreaktiven Schicht entstehenden Strukturen von der Wirkung des Brillenglases abhängt. Bei Verwendung einer geeigneten Beleuchtung wird somit die gewünschte Ausrichtung der Strukturen in der fotoreaktiven Schicht vorteilhafterweise durch Brechung an den bereits konventionell gefertigten Flächen des Brillenglases erreicht.

Unter Mikropartikel werden Partikel verstanden, die Abmessungen (wie z.B. Durchmesser) im Mikrometerbereich, insbesondere zwischen 0,5 μm und 300 μm , aufweisen. Die Mikropartikel (z.B. Mikrokugeln) können z.B. aus Magnetit (Absorber) und/oder aus Titanoxid (Streuer) und/oder aus einem Metall wie z.B. Gold oder Silber (Reflektor) ausgebildet sein. Besonders vorteilhaft ist die Verwendung von absorbierenden und/oder reflektierenden Mikropartikeln, da diese einen relativ niedrigen Transmissionsgrad aufweisen und sich somit für die vorliegende Erfindung besonders eignen.

Beispielsweise können die Mikropartikel auf eine Vorderfläche (objektseitige Fläche) des Brillenglases aufgebracht und von einer Schicht aus einer noch nicht belichteten fotoreaktiven Schicht (z.B. einem noch nicht ausgehärteten Fotolack) bedeckt werden. Alternativ können sich die Mikropartikel auch bereits in einem Brillenglasrohling befinden oder in der fotoreaktiven Schicht homogen verteilt sein. Alternativ oder zusätzlich können die Mikropartikel in dem Brillenglasrohling und/oder der fotoreaktiven Schicht entstehen bzw. erzeugt werden (z.B. durch Kristallisations- und/oder Aggregationsprozesse). Dies kann Herstellungsprozesse vereinfachen, da Prozessschritte eingespart werden können. Hinsichtlich der Qualität des Brillenglases ist es von Vorteil, dass sich die Mikropartikel an der Grenzfläche zwischen dem Brillenglas und der fotoreaktiven Schicht befinden, da auf diese Weise das Volumen der während des lithografischen Prozesses in der fotoreaktiven Schicht entstehenden Strukturen pro Mikropartikel maximiert wird. Werden magnetische und/oder magnetisierbare Mikropartikel verwendet, z.B. absorbierende Mikropartikel aus Magnetit oder einem anderen Eisenoxid, so können diese aufgrund ihrer magnetischen Eigenschaften zunächst in einem

inhomogenen Magnetfeld aus einer Dispersion (z.B. Fotolack, insbesondere fotoaus-
härtbarer Lack) an die Vorderfläche des Brillenglases transportiert und dort angeordnet
werden. Insbesondere können die Mikropartikel an der Oberfläche bzw. Vorderfläche
des Brillenglases fixiert werden. Dies hat den Vorteil, dass keine zusätzliche Fixierung
5 (z.B. durch Härten eines Lackes) notwendig ist, da die Mikropartikel aufgrund der typi-
scherweise hohen Viskosität eines nicht ausgehärteten fotoaushärtbaren Materials
nicht weit diffundieren können. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass mit Hilfe eines
Magnetfelds die Möglichkeit einer Steuerung der lokalen Konzentration von Mikro-
partikeln besteht, da z.B. die Mikropartikel umso rascher aus der Dispersion an die Ober-
10 fläche herangezogen werden können, je größer der Magnetfeldgradient ist. Zusätzlich
oder alternativ kann die lokale Konzentration von Mikropartikeln an einer Oberfläche
durch eine variable Dicke der aufgetragenen Schicht und/oder die Volumen-Konzent-
ration der Mikropartikel in der Dispersion gesteuert werden. Ebenso können bei der
Herstellung eines Brillenglasrohrlings magnetische und/oder magnetisierbare Mikro-
15 partikel im noch nicht ausgehärteten Material des Brillenglasrohrlings dispergiert wer-
den. In einem zusätzlichen Schritt vor der Aushärtung des Materials des Brillenglas-
rohrlings können die magnetischen und/oder magnetisierbaren Mikropartikel mit Hilfe
eines inhomogenen Magnetfelds an die Vorderfläche des Brillenglasrohrlings gezogen
werden.

20 Die Bearbeitungsschicht umfasst zumindest eine fotoreaktive Schicht. Dies bedeutet,
dass die Bearbeitungsschicht z.B. ausschließlich die fotoreaktive Schicht umfassen
kann bzw. die fotoreaktive Schicht sein kann. In diesem Fall grenzt die fotoreaktive
Schicht an die Vielzahl von Mikropartikeln an oder die fotoreaktive Schicht weist die
25 Vielzahl von Mikropartikeln auf. Es ist aber auch möglich, dass die Bearbeitungs-
schicht neben der fotoreaktiven Schicht noch eine oder mehrere zusätzliche Schichten,
beispielsweise eine Abstandsschicht, umfasst. Dabei wird unter einer Abstandsschicht
insbesondere eine Schicht verstanden, welche zwischen den Mikropartikeln und der
fotoreaktiven Schicht angeordnet ist.

30 Die fotoreaktive Schicht ist insbesondere eine Polymerschicht. Die fotoreaktive Schicht
kann eine fotoaushärtbare Schicht oder eine fotosensitive Schicht (welche analog zu

der Entwicklung eines Positiv-Films in der Fotografie entwickelt wird) bzw. ein fotografischer Positiv-Film sein. Beispielsweise kann die fotoreaktive Schicht einen Fotolack (Negativlack oder Positivlack) umfassen oder ein solcher sein. Ein Negativlack polymerisiert beim Belichten und härtet aus. Eventuell kann noch ein nachfolgender Ausheizschritt erforderlich sein. Nach der Entwicklung des belichteten Negativlacks bleiben die belichteten Bereiche des Negativlacks stehen. Bereiche des Negativlacks, welche durch eine Maske vor der Belichtung geschützt wurden, werden durch das Entwickeln entfernt. Bei einem Positivlack dagegen wird ein bereits verfestigter Lack durch Belichten für bestimmte Entwicklerlösungen wieder löslich. Nach der Entwicklung bleiben nur diejenigen Bereiche des Positivlacks übrig, welche durch eine Maske vor der Belichtung geschützt wurden.

Durch ein Belichten der fotoreaktiven Schicht mit einem Belichtungsmittel werden in der fotoreaktiven Schicht Mikrostrukturen erzeugt, indem zumindest einige der Vielzahl von Mikropartikeln, insbesondere alle Mikropartikel, als Fotomaske für das Belichten fungieren. Die erzeugten Mikrostrukturen bewirken insbesondere optische Störungen (wie z.B. eine Streuung). Die Mikrostrukturen können Abmessungen (z.B. einen Durchmesser senkrecht zu einer Längsachse der Mikrostruktur) im Mikrometerbereich, insbesondere zwischen 0,5 μm und mehreren Hundert Mikrometern (z.B. 500 μm , 700 μm oder 900 μm) aufweisen. Die Länge einer Längsachse der Mikrostruktur kann z.B. in einem Bereich von ca. 0,5 μm bis hin zur Dicke der fotoreaktiven Schicht liegen. Die Mikrostrukturen können ein Aspektverhältnis (d.h. Verhältnis der Länge entlang der Längsachse zum Durchmesser senkrecht dazu) von über 5, vorzugsweise über 10, und noch mehr bevorzugt über 100, aufweisen.

Um streuende Mikrostrukturen zu erzeugen, wird als fotoreaktive Schicht vorzugsweise eine fotoaushärtbare Schicht verwendet. Um absorbierende anstatt streuende Mikrostrukturen zu erzeugen, wird anstatt einer fotoaushärtbaren Schicht vorzugsweise eine fotosensitive Schicht verwendet, welche analog zu der Entwicklung eines Positiv-Films in der Fotografie entwickelt wird, so dass an den bei der Belichtung abgeschatteten Stellen absorbierende Mikrostrukturen entstehen. Alternativ können z.B. die zur Abschattung verwendeten Mikropartikel durch Aufbringen einer geeigneten

Lösung auf das (noch nicht mit einer Schutzschicht) versehene Brillenglas weitergewachsen werden. So können z.B. aus einer Silbersalzlösung durch epitaktisches Wachstum die bereits zur Abschattung verwendete Mikropartikel aus Silber weitergewachsen werden. Es können auch absorbierende Mikrostrukturen aus einer Disper-

5 sion von Magnetit-Nanopartikeln gebildet werden, wenn zur Abschattung Magnetit-Mikropartikeln verwendet wurden. Die Aggregation der Magnetit-Nanopartikel an die Magnetit-Mikropartikel in deren lokalen Magnetfeldgradienten kann durch Einbringen des Brillenglases in ein homogenes Magnetfeld beschleunigt werden.

10 Ferner können mögliche Schrumpfungsprozesse der belichteten Schichten und die damit verbundenen veränderten Orientierungen der Mikrostrukturen im Rahmen des Herstellungsprozesses berücksichtigt werden, indem Prozessparameter entsprechend angepasst werden. So können z.B. fotoaushärtbare Schichten mit einer geringen Schrumpfung verwendet werden. Alternativ oder zusätzlich können unerwünschte

15 durch Schrumpfung verursachte Effekte im Herstellungsprozess berücksichtigt und durch dessen Anpassung (z.B. Anpassung des Belichtungsprozesses durch Veränderung der Position und/oder der Größe des Belichtungsmittels) kompensiert werden.

Insbesondere weist der Brechungsindex der fotoreaktiven Schicht einen geringen Un-

20 terschied zum Brechungsindex eines an die fotoreaktive Schicht angrenzenden Materials des Brillenglases auf, wobei dieser geringe Unterschied bevorzugt kleiner 1, noch mehr bevorzugt kleiner 0,5 und am meisten bevorzugt kleiner 0,1 ist. Auf diese Weise können störende Reflexe und/oder Interferenzerscheinungen an der Grenzfläche zwischen Material und fotoreaktiver Schicht vermieden werden.

25 Insbesondere wird zum Belichten der fotoreaktiven Schicht das Belichtungsmittel derart angeordnet, dass die als Fotomaske fungierenden Mikropartikel einen Schatten in der fotoreaktiven Schicht werfen. Vorzugsweise erfolgt das Belichten der fotoreaktiven Schicht mit Hilfe des Belichtungsmittels und den als Fotomaske fungierenden Mikro-

30 partikel von einer der Rückfläche (augenseitigen Fläche) des Brillenglases zugewandten Seite. Mit anderen Worten wird das Belichtungsmittel zum Belichten der

fotoreaktiven Schicht auf einer der Rückfläche des Brillenglases zugewandten Seite positioniert.

Insbesondere umfasst das Verfahren ferner ein Entfernen von nicht ausgehärtetem Material, d.h. unbelichtetem oder belichtetem Material der fotoreaktiven Schicht (je nachdem welche Art der fotoreaktiven Schicht verwendet wird). Nach dem Entfernen des nicht ausgehärteten Materials verbleiben Mikrostrukturen in der ausgehärteten Schicht, die insbesondere ein anisotropes Streu- und/oder Absorptionsverhalten aufweisen. Um nicht ausgehärtete und/oder nicht entfernte Reste der fotoreaktiven Schicht auszuhärten, kann anschließend die Schicht wiederholt (typischerweise mit UV-Strahlung) belichtet bzw. bestrahlt werden. Alternativ kann auch eine Schutzschicht, wie z.B. ein Schutzlack, aufgebracht werden, um Öffnungen an der Oberfläche der fotoreaktiven (insbesondere fotoaushärtbaren) Schicht zu schließen.

In einer bevorzugten Ausführungsform sind die Mikropartikel lichtabsorbierend und/oder lichtreflektierend und/oder lichtstreuend. Insbesondere können die Mikropartikel lichtabsorbierend sein, während die erzeugten Mikrostrukturen lichtstreuend, insbesondere anisotrop streuend, sind. Mit anderen Worten können die Mikropartikel als Absorber und die erzeugten Mikrostrukturen als Streuer fungieren. Es ist jedoch auch möglich, dass die Mikrostrukturen lichtabsorbierend (insbesondere vollständig lichtabsorbierend) sind. Solche lichtabsorbierenden Mikrostrukturen können Vorteile in Umgebungen bieten, in denen Streulicht möglichst vermieden werden soll (z.B. beim Autofahren). Besonders bevorzugt ist eine Kombination aus lichtstreuenden Mikrostrukturen und lichtabsorbierenden Mikrostrukturen, wobei die lichtstreuenden Mikrostrukturen in einer Gebrauchsstellung des Brillenglases vorzugsweise weiter weg vom Auge angeordnet sind als die lichtabsorbierenden Mikrostrukturen. Insbesondere sind die lichtstreuenden Mikrostrukturen weiter von einer Brillenglasrückfläche (d.h. einer augenseitigen Fläche des Brillenglases) entfernt als die lichtabsorbierenden Mikrostrukturen.

30

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform werden zum Belichten der fotoreaktiven Schicht (vom Belichtungsmittel) Lichtstrahlen erzeugt, die derart auf die

Mikropartikel einfallen, dass die Mikropartikel (jeweils) zylinderförmige, kegelförmige oder kegelstumpfförmige Abschattungen der Lichtstrahlen in der fotoreaktiven Schicht bewirken. In Folge dieser Abschattungen durch die Mikropartikel können somit jeweils entsprechende zylinderförmige, kegelförmige oder kegelstumpfförmige Mikrostruktu-

5 ren erzeugt werden.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird das Brillenglas für eine bestimmte Gebrauchsstellung relativ zu einem Augendrehpunkt des Auges des Brillenträgers hergestellt. Das Zentrum bzw. der Mittelpunkt des Belichtungsmittels (z.B. eines kugelför-

10 migen Belichtungsmittel) und/oder ein Zentrum eines vom Belichtungsmittel erzeugten (insbesondere virtuellen) Lichtobjekts (z.B. wenn das Belichtungsmittel eine Lichtfeldanzeige oder eine Hologrammerzeugungseinheit ist) und/oder ein vom Belichtungs-

mittel erzeugtes Lichtfeldzentrum befindet bzw. befinden sich vorzugsweise an einem Punkt relativ zum Brillenglas, welcher in der Gebrauchsstellung des Brillenglases dem

15 Augendrehpunkt entspricht.

Als „Augendrehpunkt“ wird in sehr einfachen Augenmodellen ein einzelner Punkt verstanden, der sowohl relativ zum Kopf als auch relativ zum Auge fix ist. Es ist jedoch bekannt, dass dieses Konzept eines Augendrehpunktes als echter Fixpunkt die physi-

20 ologische Realität einer Augenbewegung höchstens näherungsweise, nicht jedoch exakt beschreibt. Vielmehr bleibt bei Blickbewegungen des Auges kein einziger Punkt ständig ortsfest relativ zum Kopf. Dennoch könnte als Augendrehpunkt, je nach Modell bzw. Augenmodell ein Punkt oder Bereich verstanden werden, der sich bei Blickbewe-

25 gungen nur wenig beziehungsweise am wenigsten verlagert. Insbesondere bleibt ein derart oder ähnlich bezeichneter Augendrehpunkt (als einzelner Punkt oder kleiner Bereich) auch bei Blickbewegungen innerhalb kleiner räumlicher Abweichungen zu-

mindest näherungsweise ortsfest. Es ist in diesem Sinne somit auch möglich, einen solchen Bereich als das Modellkonzept einer „Augendrehpunkts“ im Sinne diese Beschreibung zu verstehen.

Beispielsweise wird im Rahmen dieser Beschreibung unter dem Begriff „Augendrehpunkt“ insbesondere ein Fixierlinienkonvergenzbereich verstanden. Der

Fixierlinienkonvergenzbereich kann z.B. ein Volumen (Fixierlinienkonvergenzvolumen), eine Fläche (Fixierlinienkonvergenzfläche) oder ein Punkt (Fixierlinienkonvergenzpunkt) sein, wobei insbesondere alle durch das Brillenglas (bzw. durch relevante Teile des Brillenglases) verlaufenden Blicke das Fixierlinienkonvergenzvolumen bzw. die Fixierlinienkonvergenzfläche bzw. den Fixierlinienkonvergenzpunkt passieren. Je nach Augenmodell kann der „Augendrehpunkt“ somit nicht nur ein Punkt sein, sondern vielmehr als eine Fläche oder ein Volumen (mit einer jeweils begrenzten Ausdehnung) definiert sein. Lediglich bei einem einfachen (bzw. dem einfachsten) Augenmodell stellt der „Augendrehpunkt“ tatsächlich nur einen Punkt dar. Beispielsweise kann der „Augendrehpunkt“ ein mechanischer Augendrehpunkt sein, d.h. insbesondere ein Bereich (z.B. Punkt) im Auge, der sich bei Blickbewegungen am wenigsten verlagert. Der Fixierlinienkonvergenzbereich kann insbesondere mit dem weiter unten definierten Primärstrahlschnittbereich bzw. Primärstrahlschnittpunkt zusammenfallen bzw. diesem entsprechen.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist bzw. wird zum Belichten der foto-reaktiven Schicht das Belichtungsmittel derart ausgelegt und/oder angeordnet, dass für jeden Durchblickspunkt i einer Vielzahl von Durchblickspunkten des Brillenglases das Belichtungsmittel und/oder ein vom Belichtungsmittel erzeugtes (insbesondere virtuelles) Lichtobjekt am jeweiligen Durchblickspunkt i unter einem Belichtungserscheinungswinkel δ_i erscheint, welcher einen Wert kleiner als 90° , mehr bevorzugt kleiner als 80° , noch mehr bevorzugt kleiner als 70° , noch mehr bevorzugt kleiner als 60° und am meisten bevorzugt kleiner als 50° aufweist. Vorzugsweise ist der Belichtungserscheinungswinkel δ_i ebenfalls größer als 5° , mehr bevorzugt größer als 10° , noch mehr bevorzugt größer als 15° und am meisten bevorzugt größer als 20° . Im Rahmen der Erfindung hat sich herausgestellt, dass der Belichtungserscheinungswinkel δ_i in einem Bereich liegen sollte, der nicht zu groß, aber auch nicht zu klein ist. Zu große Winkel würden die Länge der Mikrostrukturen unnötig begrenzen und zu einem zu geringen Anteil gestreuten Lichts führen. Dies bewirkt eine zu geringe Wirksamkeit der gewünschten Hemmung von Myopieprogression. Zu kleine Winkel würden dagegen zu einer fehlenden Abschattung des Streulichts führen und folglich zu einer möglichen Blendung, vor allem wenn der Brillenträger große Pupillen hat. Vorzugsweise liegt der

Belichtungserscheinungswinkel δ_i somit im Bereich von 5° bis 70° , mehr bevorzugt im Bereich von 10° bis 65° , noch mehr bevorzugt im Bereich von 15° bis 60° , und am meisten bevorzugt im Bereich von 20° bis 50° .

- 5 In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist bzw. wird zum Belichten der foto-reaktiven Schicht das Belichtungsmittel derart ausgelegt (insbesondere dimensioniert) und/oder angeordnet (insbesondere wird vom Belichtungsmittel ein Lichtfeld und/oder ein Strahlenbündel derart erzeugt), dass für jeden Durchblickspunkt i einer Vielzahl von Durchblickspunkten des Brillenglases das Belichtungsmittel (insbesondere ein
- 10 Rand des Belichtungsmittels) und/oder ein vom Belichtungsmittel erzeugtes (insbesondere virtuelles) Lichtobjekt am (jeweiligen) Durchblickspunkt i unter einem (entsprechenden) Belichtungserscheinungswinkel δ_i erscheint, welcher größer ist als ein für den (entsprechenden) Durchblickspunkt i ermittelter und/oder vorgegebener Eintrittspupillenerscheinungswinkel α_i . Dabei wird, wie oben bereits erwähnt, unter dem
- 15 Belichtungserscheinungswinkel δ_i im Rahmen dieser Beschreibung ein Winkel (insbesondere Sehwinkel) verstanden, unter dem das Belichtungsmittel (insbesondere ein Rand des Belichtungsmittels) und/oder ein vom Belichtungsmittel erzeugtes (insbesondere virtuelles) Lichtobjekt am jeweiligen Durchblickspunkt i erscheint. Entsprechend bezeichnet der Eintrittspupillenerscheinungswinkel α_i einen Winkel, unter dem
- 20 eine Eintrittspupille des Auges des Brillenträgers (beim Blick des Auges in Richtung des entsprechenden Durchblickspunkts i) am jeweiligen Durchblickspunkt i erscheint. Beim Blick des Auges in Richtung des jeweiligen Durchblickspunkts i ist die Eintrittspupille insbesondere um einen Lichtstrahl zentriert, welcher den bevorzugten Fixationslocus auf der Netzhaut des Auges mit dem jeweiligen Durchblickspunkt i auf
- 25 dem Brillenglas verbindet. Näherungsweise ist dieser Lichtstrahl, um den die Eintrittspupille zentriert ist, der durch den (optischen) Augendrehpunkt und den jeweiligen Durchblickspunkt i verlaufende Lichtstrahl. Der Belichtungserscheinungswinkel δ_i entspricht dem Zweifachen eines für den jeweiligen Durchblickspunkt i ermittelten und/oder vorgegebenen maximalen Winkels γ_i .

30

Die für jeweils einen Durchblickspunkt i definierten Eintrittspupillenerscheinungswinkel α_i können jeweils einen für das Auge eines Brillenglasträgers individuell

ermittelten Wert aufweisen. Es ist jedoch auch möglich, für die jeweiligen Eintrittspupillenerscheinungswinkel α_i Standardwerte zu verwenden. Die Eintrittspupillenerscheinungswinkel α_i können für unterschiedliche Durchblickspunkte i verschieden sein. Alternativ kann jedoch auch für jeden der Vielzahl von Durchblickspunkten i derselbe Wert (insbesondere Standardwert) für den entsprechenden Eintrittspupillenerscheinungswinkel α_i verwendet werden.

Als „Durchblickspunkt“ wird im Rahmen der vorliegenden Beschreibung insbesondere ein beliebiger (geometrischer) Punkt des Brillenglases verstanden, durch den ein Betrachter bzw. Brillenträger hindurchblicken kann. Insbesondere kann das Brillenglas formal als die Menge aller Durchblickspunkte angesehen werden. Dabei kann sich ein Durchblickspunkt grundsätzlich auf ein Volumen des Brillenglases, auf eine Vorderfläche des Brillenglases, auf eine Rückfläche des Brillenglases, oder auf eine innere Fläche bzw. Schicht des Brillenglases beziehen. So kann sich im Rahmen der vorliegenden Beschreibung ein Durchblickspunkt z.B. auf einen Ort (bzw. eine Stelle und/oder einen Punkt) des Brillenglases beziehen, an dem bzw. der sich ein Mikropartikel befindet. Zum Zwecke einer eindeutigen Definition wird ein Durchblickspunkt im Rahmen dieser Beschreibung jedoch insbesondere auf die Brillenglasrückfläche (d.h. die augenseitige Brillenglasoberfläche) bezogen.

Als „Erscheinungswinkel“ eines Objekts an einem Beobachtungsort (bzw. einer Beobachtungsposition) wird im Rahmen dieser Beschreibung insbesondere der größte Winkel zwischen den auf das Objekt fallenden bzw. vom Objekt abgestrahlten Lichtstrahlen, welche zusätzlich durch den Beobachtungsort verlaufen, verstanden. Insbesondere entspricht der Beobachtungsort, d.h. der Ort eines (insbesondere virtuellen) Beobachters, dem Schnittpunkt zweier Geraden, die von zwei gegenüberliegenden Randpunkten des Objekts zum Beobachtungsort verlaufen (d.h. eine erste der zwei Geraden verläuft von einem ersten Randpunkt der zwei gegenüberliegenden Randpunkte zum Beobachtungsort und eine zweite der zwei Geraden verläuft von dem zweiten Randpunkt der zwei gegenüberliegenden Randpunkte zum Beobachtungsort). Mit anderen Worten beschreibt der Erscheinungswinkel eines Objekts an einem Beobachtungsort den größten Winkel, der sich vom Beobachtungsort zu zwei

Endpunkten bzw. zwei vom Beobachtungsort aus gesehen am weitesten voneinander entfernten Randpunkten des Objektes durch virtuelle Linien aufzieht. Insbesondere kann der Erscheinungswinkel als ein Öffnungswinkel eines Kegels angesehen werden, wobei sich die Spitze des Kegels am Beobachtungsort befindet, wobei sich die Grundfläche (z.B. Kreisscheibe) des Kegels am Ort des Objekts befindet, und wobei die Grundfläche des Kegels insbesondere einen Schnitt bzw. Querschnitt des Objekts darstellt. Für den Fall, dass der Kegel eine unregelmäßige Grundfläche aufweist (die Grundfläche des Kegels muss nicht unbedingt eine Kreisscheibe sein, sondern kann eine beliebig andere Fläche sein), so kann der Erscheinungswinkel z.B. als der Öffnungswinkel des kleinsten Kreiskegels definiert werden, in den das Objekt eingepasst werden kann und dessen Spitze am Beobachtungsort liegt. Der Erscheinungswinkel ergibt sich insbesondere aus dem Verhältnis von Objektgröße und Entfernung des Objekts vom Beobachtungsort. Der Beobachtungsort ist im Rahmen dieser Beschreibung insbesondere ein Durchblickspunkt des Brillenglases. Vorzugsweise befindet sich dieser Durchblickspunkt auf der Rückfläche des Brillenglases. Alternativ oder zusätzlich kann der Beobachtungsort der Ort eines Mikropartikels des Brillenglases bzw. ein Durchblickspunkt am Ort eines Mikropartikels des Brillenglases sein. Insbesondere entspricht der im Rahmen dieser Beschreibung verwendete „Erscheinungswinkel“ dem in der Physik (insbesondere Astronomie) und Ophthalmologie bekannten „Sehwinkel“.

Die obigen Ausführungen zum „Erscheinungswinkel“ beziehen sich insbesondere jeweils auf den „Belichtungserscheinungswinkel“ und den „Eintrittspupillenerscheinungswinkel“. Dabei wird unter dem „Belichtungserscheinungswinkel“ ein gemäß den obigen Ausführungen definierter Erscheinungswinkel des Belichtungsmittels bzw. eines von dem Belichtungsmittel erzeugten (insbesondere virtuellen) Lichtobjekts verstanden. Entsprechend wird unter dem „Eintrittspupillenerscheinungswinkel“ ein gemäß den obigen Ausführungen definierter Erscheinungswinkel einer (insbesondere virtuellen) Eintrittspupille (des Auges eines Probanden bzw. Brillenträgers) verstanden. Zum Zwecke einer eindeutigen Definition beziehen sich die im Rahmen dieser Beschreibung verwendeten „Belichtungserscheinungswinkel“ und „Eintrittspupillenerscheinungswinkel“ insbesondere jeweils auf einen entsprechenden Winkel außerhalb des Brillenglases (insbesondere auf einen entsprechenden Winkel in Luft). Bei

bekannter Geometrie (z.B. Dicke und Krümmungen der Flächen) des Brillenglases und bekanntem Brechungsindex können diese Winkel selbstverständlich auf Winkel an einem innerhalb des Brillenglases liegenden Beobachtungsort umgerechnet werden.

5 In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird der Belichtungserscheinungswinkel δ_i bzw. der maximale Winkel γ_i in Abhängigkeit von einem oder mehreren der folgenden Parameter vorgegeben bzw. gewählt:

- einem Durchmesser $d_{pup,i}$ der Eintrittspupille des Brillenträgers beim Blick durch entsprechende Durchblickspunkte i bzw. bei einer zu dem Durchblickspunkt i zugehörigen Blickrichtung; und
- einer größten Krümmung $\Delta S_{pup,i}^{max}$ einer gedachten Lichtwellenfront, welche durch eine gedachte Punktlichtquelle in einem dem Auge am nächsten liegenden Punkt einer Mikrostruktur an dem Durchblickspunkt i erzeugt wurde und bis zur Eintrittspupille durch das Brillenglas propagiert und gebrochen wurde.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird der (für einen entsprechenden Durchblickspunkt i definierte) Belichtungserscheinungswinkel δ_i als eine Summe des jeweiligen (für den entsprechenden Durchblickspunkt i definierten) Eintrittspupillenerscheinungswinkels α_i und eines zusätzlichen (für den entsprechenden Durchblickspunkt i definierten) Winkels β_i , welcher im Rahmen dieser Beschreibung als Zusatzabschattungswinkel (am jeweiligen Durchblickspunkt i) bezeichnet wird, vorgegeben. Der Zusatzabschattungswinkel β_i kann sich für verschiedene Durchblickspunkte i unterscheiden. Alternativ kann β_i für alle Durchblickspunkte gleich groß gewählt werden (d.h. $\beta_i = \beta$ für alle i),

Vorzugsweise weisen die Zusatzabschattungswinkel β_i jeweils einen Wert zwischen 0.5° und 50° auf und mehr bevorzugt einen Wert zwischen 10° und 35° auf. Insbesondere können die Zusatzabschattungswinkel β_i abhängig von individuellen Parametern des Auges des Brillenträgers gewählt werden. Es können für die jeweiligen Zusatzabschattungswinkel β_i jedoch auch entsprechende Standardwerte (insbesondere ein gemeinsamer Standardwert) verwendet werden.

Sollen die beim Belichten gebildeten Mikrostrukturen, welche sich direkt auf der Blicklinie befinden, für den späteren Brillenglasträger kaum oder kein Licht ins Auge streuen, so muss für den maximalen Winkel $\gamma_i = \frac{1}{2} \delta_i$ gelten:

5

$$\gamma_i(\Delta S_{pup,i}^{max}, d_{pup,i}) > \frac{1}{2} \alpha_i(\Delta S_{pup,i}^{max}, d_{pup,i}) \quad (1)$$

Dabei ist $\alpha_i(\Delta S_{pup,i}^{max}, d_{pup,i}) = 2 \arcsin(\Delta S_{pup,i}^{max} \cdot d_{pup,i} / 2)$ der volle Winkel des Zerstreuungsscheibchens in der geometrisch-optischen Näherung, welches beim Betrachten des an einer Mikrostruktur gestreuten Lichts vom Brillenglasträger wahrgenommen wird, und gleichzeitig der volle Winkel, unter dem die Eintrittspupille aus der Position des Durchblickspunkts i (z.B. aus der Position einer Mikrostruktur) erscheint. Alternativ kann für $\alpha_i(\Delta S_{pup,i}^{max}, d_{pup,i})$ auch eine wellenoptische Näherung verwendet werden, z.B. indem aus der Punktspreizfunktion bei Defokus $\Delta S_{pup,i}^{max}$, Pupillendurchmesser $d_{pup,i}$ und der Wellenlänge λ (z.B. $\lambda = 550$ nm) der kleinste volle Winkel berechnet wird, der einem Kreis entspricht, in welchem ein vorbestimmter Anteil der Energie bzw. Intensität der Punktspreizfunktion eingeschlossen ist (z.B. 90%).

Gemäß Bedingung (1) gilt somit für den Belichtungserscheinungswinkel $\delta_i = 2\gamma_i$:

$$\delta_i(\Delta S_{pup,i}^{max}, d_{pup,i}) = \alpha_i(\Delta S_{pup,i}^{max}, d_{pup,i}) + \beta_i > \alpha_i(\Delta S_{pup,i}^{max}, d_{pup,i}),$$

mit $\alpha_i(\Delta S_{pup,i}^{max}, d_{pup,i}) = 2 \arcsin(\Delta S_{pup,i}^{max} \cdot d_{pup,i} / 2)$;

wobei β_i ein vorgegebener positiver Winkel (Zusatzabschattungswinkel) ist.

Ist die obige Bedingung (1) erfüllt, bilden sich in der fotoaushärtbaren Schicht durch Schattenwurf der Mikropartikel Mikrostrukturen aus, deren Längsachse entlang der durch einen Mikropartikel verlaufenden Blicklinie des Auges verläuft. Auf diese Weise blickt das Auge auf die Schmalseite der Mikrostruktur. Licht, welches vom in Blickrichtung hinter dem Mikropartikel liegenden Teil der direkt auf der Blicklinie liegenden Mikrostruktur gestreut wird, wird vom Mikropartikel abgeschattet und fällt auf diese Weise nicht in die Eintrittspupille.

Ist der maximale Winkel γ_i , die einfallende Beleuchtungslichtstrahlen mit der Normalen einer Eintrittspupillenfläche einschließen, größer als der volle Winkel des Zerstreuungsscheibchens

$$\gamma_i(\Delta S_{pup,i}^{max}, d_{pup,i}) > \alpha_i(\Delta S_{pup,i}^{max}, d_{pup,i}), \quad (2)$$

so verbessert sich die Qualität beim zentralen Sehen noch weiter, da nun auch Mikrostrukturen, welche unter einem Winkel zwischen 0 und $\alpha_i/2$ zur Blicklinie liegen, kein Licht in die Eintrittspupille streuen können. Da das von den Mikrostrukturen gestreute Licht beim Betrachten als Zerstreuungsscheibchen wahrgenommen wird, welches unter dem vollen Winkel α_i zu sehen ist, erfährt der Punkt des schärfsten Sehens (d.h. die Richtung der Blicklinie) auf diese Weise gerade keine Verschlechterung der Sehqualität durch das Brillenglas. Die Sehqualität beim peripheren Sehen fällt hingegen ausgehend von der Blickrichtung in einem Winkelbereich von $\alpha_i/2$ (halber Winkel) ab. Die Eintrittspupillenfläche stellt insbesondere eine Fläche dar, welche eine Vielzahl von möglichen Positionen von Zentroiden einer Eintrittspupille des Auges des Brillenträgers (insbesondere in der Gebrauchsstellung) beschreibt. Dabei hängen die möglichen Positionen von Zentroiden der Eintrittspupille des Auges des Brillenträgers von einer Augenstellung des Auges des Brillenträgers ab.

20

Bevorzugt wird der maximale Winkel $\gamma_i(\Delta S_{pup,i}^{max}, d_{pup,i})$ noch größer gewählt. Um eine um die Blicklinie zentrierte Zone freier Sicht mit dem vollen Winkel ϵ_i (Freisichtzonwinkel) zu erzeugen, muss für den maximalen Winkel γ_i bzw. für den Belichtungswinkel δ_i gelten:

25

$$\gamma_i(\Delta S_{pup,i}^{max}, d_{pup,i}) = \alpha_i(\Delta S_{pup,i}^{max}, d_{pup,i}) + \epsilon_i/2 \quad (3a)$$

$$\delta_i(\Delta S_{pup,i}^{max}, d_{pup,i}) = 2\alpha_i(\Delta S_{pup,i}^{max}, d_{pup,i}) + \epsilon_i \quad (3b),$$

wobei ϵ_i ein vorgegebener positiver Winkel ist.

30

Bei größeren Exzentrizitäten von der Blicklinie als $\gamma_i(\Delta S_{pup,i}^{max}, d_{pup,i})$ fällt die Sehqualität kontinuierlich ab.

- Der Winkel ϵ_i bzw. ϵ , welcher im Rahmen dieser Beschreibung als Freisichtzonenwinkel bezeichnet wird, ist der volle Winkel einer Zone freier Sicht. Der Freisichtzonenwinkel ϵ_i kann sich für verschiedenen Durchblickspunkte i unterscheiden. Bevorzugt wird er so gewählt, dass die Zone freier Sicht bei beliebigen Durchblickspunkten gleich groß ist. Alternativ oder zusätzlich kann ϵ_i für alle Durchblickspunkte gleich groß gewählt werden (d.h. $\epsilon_i = \epsilon$ für alle i), z.B. wenn der Pupillendurchmesser sich nicht wesentlich als Funktion der Durchblickspunkte i ändert. Wie bereits erwähnt, kann der volle Winkel der Zone freier Sicht ϵ_i bzw. ϵ (Freisichtzonenwinkel) abhängig von Parametern des Brillen- bzw. Brillenglasträgers gewählt werden. So kann z.B. ϵ_i bzw. ϵ umso kleiner gewählt werden, je stärker das festgestellte Fortschreiten der Myopie ist. Alternativ oder zusätzlich kann ϵ_i bzw. ϵ als Funktion des Abfalls der Sehschärfe in der Peripherie gewählt werden, z.B. indem die Differenz der Sehschärfe bei Exzentrität $\epsilon_i/2$ und der Sehschärfe beim zentralen Sehen in logMAR, $VA_{\epsilon/2} - VA_{0^\circ} = \Delta VA$, einem vorgegebenen Wert entspricht. Vorzugsweise weist der Freisichtzonenwinkel ϵ bzw. weisen die Freisichtzonenwinkel ϵ_i jeweils einen Wert zwischen 0.5° und 20° , mehr bevorzugt einen Wert zwischen 2° und 15° , und noch mehr bevorzugt einen Wert zwischen 4° und 10° auf.
- Generell kann sowohl der Freisichtzonenwinkel als auch der erwartete größte Pupillendurchmesser $d_{pup,i}$ so gewählt werden, dass sowohl eine Myopiefortschritthemmende Wirkung entsteht als auch dass das Tragen des Brillenglases zu keinen Beschwerden führt, indem die Parameter im Rahmen von Trageversuchen und/oder klinischen Studien variiert und die optimalen Parameter bestimmt werden.
- Aufgrund der Variabilität der Pupillengröße kann es sinnvoll sein, für $d_{pup,i}$ unabhängig vom Durchblickspunkt i einen maximalen erwarteten Pupillendurchmesser $d_{pup,max}$ anzunehmen, welcher z.B. unter schwacher Beleuchtung nach einer vorausgegangenen Blendung des Brillenträgers gemessen worden ist. Insbesondere können die Werte von $d_{pup,max}$ zwischen 3 mm und 6 mm liegen. Generell können die verwendeten Modelle für Pupillendurchmesser, Augenstellung und/oder Position der Eintrittspupille unter Hinzunahme von anderen bekannten Parametern des Brillenträgers

verbessert werden, wie z.B. Refraktion, Abstand der Pupillen des linken und rechten Auges (die sogenannte Pupillendistanz), dem Durchmesser der Cornea und/oder von anderen biometrischen Größen. Vorzugsweise werden solche Modelle mit Hilfe gängiger Verfahren des maschinellen Lernens erstellt und an einen gemessenen Datensatz angepasst (Training).

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform umfasst oder ist das Belichtungsmittel eine diffus leuchtende Kugel oder eine diffus leuchtende Kugelschale mit einem variablen Radius r_{BM} . Der Radius r_{BM} wird beim Belichten vorzugsweise auf den folgenden Wert eingestellt:

$$r_{BM} = \sin(\gamma^{max}) \left(\frac{1}{\Delta S_{pup,i}^{max}} + s_{ADEP} \right). \quad (4)$$

Dabei bezeichnet $\gamma^{max} = \max_i \left(\gamma_i(\Delta S_{pup,i}^{max}, d_{pup,i}) \right)$ einen vorgegebenen größten Winkel γ_i , unter dem das Belichtungsmittel bzw. ein vom Belichtungsmittel erzeugtes (insbesondere virtuelles) Lichtobjekt am Durchblickspunkt $i^* = \arg\max_i \left(\gamma_i(\Delta S_{pup,i}^{max}, d_{pup,i}) \right)$ erscheinen soll. Dabei bezeichnet weiter $\Delta S_{pup,i}^{max}$ die betragsmäßig größte Krümmung aller gedachten von den am nächsten zum Auge gelegenen Punkten der Mikrostrukturen (z.B. von den Mikropartikeln) ausgehenden sphärischen bis zur Eintrittspupillenfläche propagierenden Lichtwellenfronten, s_{ADEP} die Entfernung der Eintrittspupille vom Augendrehpunkt, und $d_{pup,i}$ den Durchmesser einer Eintrittspupille des Brillenträgers bei einer zu dem Durchblickspunkt i zugehörigen Blickrichtung.

Alternativ kann das Belichtungsmittel eine diffus streuende Kugel mit festem Radius sein, welche zur Belichtung ein reales Bild erzeugt, dessen Position und/oder Durchmesser mit Hilfe einer abbildenden Optik eingestellt werden kann.

Im Falle eines einstellbaren Radius des Belichtungsmittels bzw. der diffus leuchtenden Kugel oder Kugelschale wird dieses bzw. diese beim Belichten insbesondere derart angeordnet, dass sich der Mittelpunkt des Belichtungsmittels bzw. der diffus

leuchtenden Kugel oder Kugelschale an einem Punkt relativ zum Brillenglas befindet, welcher in der Gebrauchsstellung des Brillenglases dem Augendrehpunkt entspricht.

Alternativ oder zusätzlich kann das Belichtungsmittel eine Lichtfeldanzeige und/oder eine Hologrammerzeugungseinheit umfassen. Mit Hilfe einer solchen Lichtfeldanzeige und/oder Hologrammerzeugungseinheit lassen sich (für die Erfindung verwendbare) Lichtfelder ohne bewegliche optische oder mechanische Komponenten erzeugen.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform werden eine Dicke der fotoreaktiven Schicht und eine Größe der Mikropartikel derart im Verhältnis zueinander gewählt, dass von den Mikropartikeln bei der Belichtung geworfene Schatten eine außenliegende Oberfläche der fotoreaktiven Schicht erreichen. Dadurch kann z.B. das nach der Belichtung an den von den Mikropartikeln abgeschatteten Stellen verbliebene nicht ausgehärtete Material entfernt werden. Dieses kann z.B. mit Hilfe eines die ausgehärtete Schicht nicht angreifenden Lösungsmittels ausgespült werden. Das nicht ausgehärtete Material kann alternativ unter Temperatur- und/oder Druckbedingungen, welche das Brillenglas nicht schädigen, verdampft werden. So kann beispielsweise die Schichtdicke der fotoaushärtbaren Schicht, l_{AS} , und der Radius r_A der an der Grenzschicht zum Brillenglas vorhandenen absorbierenden Mikropartikel (insbesondere Mikrosphären) im folgenden Zusammenhang stehen: $\frac{r_A}{l_{AS} \pm r_A} > \frac{n_{Luft}}{n_{AS}} \sin \gamma^{max}$, wobei das Vorzeichen „+“ und „-“ den Fällen entsprechen, in denen die Mikrostrukturen (insbesondere Mikrosphären) gerade außerhalb der fotoaushärtbaren Schicht („+“) bzw. gerade innerhalb dieser Schicht („-“) liegen. So gilt für die Schichtdicke l_{AS} bei Verwendung von Mikrokugeln mit 50 μm Durchmesser und einem Brechungsindex der fotoaushärtbaren Schicht von $n_{AS} = 1.5$, sowie $\gamma^{max} = 22^\circ$:

$$l_{AS} < r_A \left(1 + \frac{n_{AS}}{n_{Luft} \sin \gamma^{max}} \right) = 25 \mu m \left(1 + \frac{1.5}{1 \cdot \sin(22^\circ)} \right) = 125 \mu m \quad (5).$$

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform erfolgt das Belichten der fotoreaktiven Schicht mit sichtbarem Licht. Das zur Belichtung verwendete Licht kann zwar alternativ auch ultraviolette (UV) Licht sein, wie es typischerweise bei der Fotolithografie verwendet wird. Wird jedoch UV-Licht verwendet, so kann es durch die unterschiedlichen

Brechungsindizes notwendig sein, das erzeugte Lichtfeld derart anzupassen, dass der in der fotoreaktiven Schicht bei Verwendung von UV-Licht erzeugte Schattenwurf dem Schattenwurf entspricht, der bei Verwendung von sichtbarem Licht (VIS) entstehen würde. Aus diesen Gründen ist es vorteilhaft, sichtbares Licht zum Belichten der fotoreaktiven Schicht (z.B. zum Aushärten einer fotoaushärtbaren Schicht) zu verwenden. So kann z.B. blaues/violettes Licht (Wellenlänge 400 nm bis zu 420 nm) verwendet werden. Die Zusammensetzung der fotoreaktiven Schicht muss entsprechend geeignet sein, um durch das verwendete sichtbare Licht gelöst oder ausgehärtet zu werden. So kann z.B. ein mit sichtbarem Licht aushärtbares Harz gebildet aus 1,6-Hexandiol-
diacrylat, Pentaerythritetraacrylat und dem Photoinitiator Diphenyl(2,4,6-trimethylbenzoyl)phosphinoxid verwendet werden. Besonders vorteilhaft ist es, gepulstes Licht mit einer Wellenlänge um 550 nm zu verwenden, welches den Fotoinitiator für die Polymerisation über Zweiphotonenabsorption aktiviert. Durch die Verwendung von sichtbarem Licht zur Fotolithografie ergeben sich mehrere Vorteile. So kann die Belichtung der fotoreaktiven Schicht und damit das Entstehen der gewünschten anisotropen optischen Eigenschaft vorteilhafterweise auch bei Brillengläsern ausgebildet werden, welche beim normalerweise für Fotolithografie verwendeten UV-Licht absorbieren. Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass der Brechungsindex des Materials für das zur Belichtung verwendete Licht mit dem des für den späteren Verwendungszweck des Brillenglases verwendeten Lichts übereinstimmt, und entsprechend auch die erzeugten Mikrostrukturen eine korrekte Ausrichtung entlang der Blicklinien aufweisen. Ein dritter Vorteil ist ein aufgrund von geringerer Wellenlänge und nichtlinearen Effekten schärferer Rand der entstehenden Mikrostrukturen und damit eine verbesserte Wirkung als Streuer.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform umfasst das Verfahren ferner den Schritt:

- Strukturieren der fotoreaktiven Schicht,

wobei das Strukturieren insbesondere ein Belichten der fotoreaktiven Schicht mit

Hilfe einer weiteren Fotomaske und/oder ein (insbesondere holografisches) Belichten der fotoreaktiven Schicht mit einem Interferenzmuster umfasst, wobei das Belichten der fotoreaktiven Schicht mit Hilfe der weiteren Fotomaske und/oder dem

Interferenzmuster vorzugsweise von einer der Vorderfläche des Brillenglases zugewandten Seite erfolgt. Vorzugsweise erfolgt das zusätzliche Belichten derart, dass die Mikropartikel keine Schatten auf die fotoreaktive Schicht werfen können bzw. dass die zuvor abgeschatteten Stellen potenziell von Licht erreicht werden können (sofern sie nicht in einem Interferenzminimum liegen und/oder von der weiteren Fotomaske abgeschattet werden).

Die fotoreaktive Schicht kann insbesondere zusätzlich strukturiert werden, so dass es Bereiche auf dem Brillenglas gibt, die anisotrop streuende und/oder anisotrop absorbierende Eigenschaften aufweisen, und andere Bereiche, die keine anisotrop streuenden und/oder anisotrop absorbierende Eigenschaften aufweisen. Alternativ kann die Stärke der anisotrop streuenden bzw. absorbierenden Eigenschaft als Funktion der Position auf der Brillenglasoberfläche moduliert werden. Die Strukturen können dabei derart gestaltet sein, dass sie eine diffraktive Wirkung aufweisen, die zur Hemmung des Fortschreitens der Myopie verwendet werden kann. Eine typische diffraktive Wirkung liegt zwischen 1 dpt bis 3 dpt. Vorteilhaft ist eine Wirkung, mit der Objekte in einem mittleren bis nahen Abstand scharf auf die periphere Netzhaut bzw. unscharf vor die periphere Netzhaut abgebildet werden können, z.B. 0.75 dpt bis 1.5 dpt.

Aufgrund der anisotropen Streu- und/oder Absorptionseigenschaften ist die diffraktive dioptrische Wirkung ebenfalls anisotrop: sie ist nicht vorhanden beim direkten Hindurchsehen durch das Brillenglas (d.h. in zentraler Sicht) und besteht für Licht, welches zur peripheren Sicht genutzt wird, umso stärker, je größer die Exzentrizität ist. Solche Strukturen können insbesondere als diffraktive Gitter, Fresnel-Zonenplatten oder Photonensiebe ausgebildet sein.

Insbesondere können die diffraktiven Strukturen durch eine Variation der Länge der hinter den Mikropartikeln gebildeten Mikrostrukturen erzeugt werden. Die Variation der Länge der Mikrostrukturen kann dabei binär oder kontinuierlich sein, so dass binäre und/oder kontinuierliche Gitter und/oder Fresnel-Zonenplatten und/oder Photonensiebe entstehen.

Bei binärer Variation der Länge der Mikrostrukturen gibt es als Funktion der Position auf dem Brillenglas abrupte Übergänge zwischen Gebieten, in denen z.B. keine oder nur sehr kurze Mikrostrukturen vorhanden sind, und Gebieten, in denen Mikrostrukturen einer durch die Dicke der fotoaushärtbaren Schicht vorgegebenen Länge vorhanden sind. Solche Strukturen können mittels Belichtung der fotoreaktiven (insbesondere fotoaushärtbaren) Schicht von der Vorderseite des Brillenglases (also nicht durch die Mikropartikel hindurch) erzeugt werden. Es kann hierfür z.B. UV-Licht verwendet werden. Die Belichtung kann durch eine Maske mit binär oder kontinuierlich variierender, die auszubildenden Strukturen vorgegebender Absorption, ausgeführt werden. Dabei kann eine Optik verwendet werden, welche die Maske auf die Oberfläche des Brillenglases bzw. auf die fotoreaktive (insbesondere fotoaushärtbare) Schicht abbildet. Der zusätzliche Belichtungsvorgang kann vor, während oder nach dem Belichten der fotoreaktiven Schicht von der Rückseite des Brillenglases (durch die Mikropartikel hindurch) durchgeführt werden.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird die fotoreaktive Schicht mit Hilfe einer Gießform und/oder mit Hilfe zumindest eines Stempels derart auf das Brillenglas aufgebracht, dass die fotoreaktive Schicht eine variierende Dicke aufweist. Somit ist es möglich, die Dicke der fotoreaktiven (insbesondere fotoaushärtbaren) Schicht mit Hilfe eines strukturierten Stempels und/oder einer Gießform einzustellen, bevor die fotoreaktive Schicht von der Brillenglasrückfläche durch die Mikropartikel hindurch belichtet wird. Auf diese Weise lassen sich beide Arten der Variation der Länge der Mikrostrukturen herstellen, nämlich binär und kontinuierlich.

Alternativ oder zusätzlich zu einer Belichtung durch Masken können Strukturen mit kontinuierlich variierenden Streu- bzw. Absorptionseigenschaften holographisch hergestellt werden, indem die fotoreaktive Schicht mit einem geeigneten Interferenzmuster von der Vorderseite des Brillenglases belichtet wird. Das so erzeugte Hologramm erzeugt bei Betrachtung durch das Brillenglas die gewünschte Myopiefortschritt-hemmende Wirkung.

Bei der Erzeugung von diffraktiven Strukturen ist es insbesondere vorteilhaft, dass die kürzeste Dimension dieser Strukturen erheblich größer ist als der Durchmesser der Mikropartikel. Entsprechend können der Durchmesser der Mikropartikel und/oder ihre Konzentration und/oder eine Dicke der fotoreaktiven Schicht angepasst werden, z.B. durch eine Verkleinerung der Durchmesser der Mikropartikel bei einer gleichzeitigen Vergrößerung ihrer Konzentration.

Ein weiterer unabhängiger Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft ein Brillenglas mit einem derartigen Wirkungsbereich, dass für jeden Durchblickspunkt auf einer Brillenglasrückfläche innerhalb des Wirkungsbereichs eine Abbildungsqualität des Brillenglases in einer Strahlrichtung eines zum jeweiligen Durchblickspunkt gehörigen Primärstrahls maximal ist und sich die Primärstrahlen aller Durchblickspunkte im Wirkungsbereich im Wesentlichen in einem gemeinsamen augenseitigen Primärstrahlschnittbereich bzw. Primärstrahlschnittpunkt schneiden, wobei das Brillenglas im Wirkungsbereich eine Vielzahl von lichtabsorbierenden Mikropartikeln und eine Vielzahl von zu den lichtabsorbierenden Mikropartikeln korrespondierenden lichtstreuenden Mikrostrukturen aufweist, wobei für jedes Paar aus einem lichtabsorbierenden Mikropartikel und einer zu diesem lichtabsorbierenden Mikropartikel korrespondierenden lichtstreuenden Mikrostruktur gilt, dass sowohl der lichtabsorbierende Mikropartikel des Paares als auch die korrespondierende lichtstreuende Mikrostruktur des Paares entlang einer Richtung zumindest eines und desselben Primärstrahls angeordnet sind, und wobei die Vielzahl von Mikrostrukturen durch einen (insbesondere ausgehärteten) fotolithografischen Lack ausgebildet ist.

Mit anderen Worten weist das Brillenglas einen Wirkungsbereich auf, wobei der Wirkungsbereich insbesondere derart beschaffen ist, dass für jeden Durchblickspunkt im Wirkungsbereich des Brillenglases zumindest ein zugehöriger Primärstrahl existiert, für den eine Abbildungsqualität des Brillenglases ein Maximum aufweist, wobei sich für alle Durchblickspunkte im Wirkungsbereich die jeweiligen zugehörigen Primärstrahlen in einem (spezifizierten) augenseitigen Primärstrahlschnittbereich bzw. Primärstrahlschnittpunkt im Wesentlichen schneiden.

Der „Wirkungsbereich“ des Brillenglases kann sich über zumindest einen Teil (insbesondere einen zusammenhängenden Teil) des Brillenglases erstrecken. Beispielsweise kann sich der Wirkungsbereich des Brillenglases über etwa 50%, vorzugsweise etwa 80%, mehr bevorzugt etwa 90% und am bevorzugtesten mehr als 90% einer Fläche bzw. der Flächen des Brillenglases erstrecken. Insbesondere kann der Wirkungsbereich einen im Wesentlichen kreisförmigen Bereich, vorzugsweise mit einem Durchmesser von etwa 10 mm, mehr bevorzugt von etwa 20 mm, noch mehr bevorzugt von etwa 40 mm, aufweisen. Es ist aber auch möglich, dass der Wirkungsbereich einen ovalen Querschnitt oder einen Querschnitt mit einer beliebig anderen Geometrie aufweist. Insbesondere kann der Wirkungsbereich einfach zusammenhängend oder mehrfach zusammenhängend (z.B. ringförmig) sein. Ein mehrfach zusammenhängender Wirkungsbereich kann dabei einen oder mehrere nicht zum Wirkungsbereich gehörende Bereiche umschließen, von denen insbesondere jeder eine Fläche zwischen 0.2 mm² und 700 mm² abdeckt. Alternativ oder zusätzlich kann der Wirkungsbereich eine Form bzw. einen Querschnitt aufweisen, die/der an die Form bzw. den Querschnitt des Brillenglases, insbesondere an den Rand des (eingeschliffenen) Brillenglases, angepasst ist. Beispielsweise kann der Wirkungsbereich an eine typische oder bevorzugt eine individuelle Form des Brillenglases angepasst sein. Insbesondere kann der Wirkungsbereich an ein Brillenglas (bzw. die Form und/oder den Rand des Brillenglases) angepasst sein, welches in eine von Kindern oder Jugendlichen getragene Brillenfassung eingeschliffen ist. Der Wirkungsbereich kann sich auch über das gesamte Brillenglas erstrecken. Der Wirkungsbereich ist vorzugsweise derart positioniert, dass dieser ein oder mehrere Durchblickstellen umfasst, welche während typischer Sehaufgaben häufig auf die periphere Netzhaut (d.h. in der Regel nicht in die Sehgrube) fallende Lichtbündel durchqueren. Bevorzugt kann der Wirkungsbereich zusätzlich auch Durchblickstellen umfassen, welche während typischer Sehaufgaben häufig auf die zentrale Netzhaut fallende Lichtbündel durchqueren. Insbesondere dient der Wirkungsbereich bei dem erfindungsgemäßen Brillenglas zur Myopiekontrolle bzw. zur Hemmung einer Myopieprogression. Insbesondere weist das Brillenglas bzw. der Wirkungsbereich des Brillenglases eine modulierte (insbesondere Gesichtsfeldmodulierte) Abbildungsqualität auf. Dabei hängt die Abbildungsqualität insbesondere von einer Lichteinfallrichtung und/oder Strahlrichtung ab. Mit anderen Worten ist

insbesondere für jeden Durchblickspunkt im Wirkungsbereich des Brillenglases die Abbildungsqualität für unterschiedliche Lichtstrahlen bzw. Lichtstrahlen mit unterschiedlichen Einfallsrichtungen im Allgemeinen unterschiedlich. Für die Primärstrahlen (welche sich alle im Wesentlichen im Primärstrahlschnittpunkt schneiden bzw. durch die virtuelle Schnittkugel verlaufen) bzw. für Strahlenbündel, deren Hauptstrahl ein Primärstrahl ist, weist die Abbildungsqualität des Brillenglases (insbesondere bezüglich der Einfallsrichtung der Primärstrahlen bzw. des jeweiligen Primärstrahls) ein Maximum auf. Dieses Maximum kann ein lokales Maximum oder ein globales Maximum sein. Für zumindest einige (insbesondere sämtliche) Strahlen, welche durch den Durchblickspunkt verlaufen und welche sich nicht im Wesentlichen im Primärstrahlschnittpunkt schneiden bzw. welche nicht durch die virtuelle Schnittkugel verlaufen, ist die Abbildungsqualität des Brillenglases geringer als die maximale Abbildungsqualität. Solche Strahlen werden im Rahmen der vorliegenden Beschreibung als Sekundärstrahlen bezeichnet. Insbesondere ist für ein Strahlenbündel, dessen Hauptstrahl ein solcher Sekundärstrahl ist (also ein Strahlbündel, dessen Richtung von der Richtung des Primärstrahls abweicht), die Abbildungsqualität des Brillenglases geringer als die für denselben Durchblickspunkt erreichte maximale Abbildungsqualität (also für die Strahlrichtung entlang des Primärstrahls).

Der Wirkungsbereich ist derart beschaffen, dass für jeden Durchblickspunkt auf einer Brillenglasrückfläche innerhalb des Wirkungsbereichs eine Abbildungsqualität des Brillenglases in einer Strahlrichtung eines zum jeweiligen Durchblickspunkt gehörigen Primärstrahls maximal ist. Mit anderen Worten ist der Wirkungsbereich insbesondere derart beschaffen, dass für jeden Durchblickspunkt im Wirkungsbereich zumindest ein zugehöriger Primärstrahl, insbesondere eine zugehörige Strahlrichtung (im Rahmen dieser Beschreibung auch als Primärstrahlrichtung bezeichnet), existiert, für den eine Abbildungsqualität des Brillenglases, insbesondere am jeweiligen Durchblickspunkt, ein Maximum, insbesondere ein lokales Maximum, aufweist. Die Abbildungsqualität des Brillenglases hängt somit im Wirkungsbereich des Brillenglases insbesondere von der Strahlrichtung ab.

Zu jedem Durchblickspunkt im Wirkungsbereich des Brillenglases wird im Rahmen der vorliegenden Beschreibung derjenige Lichtstrahl als „Primärstrahl“ verstanden, entlang dessen Strahlrichtung (Primärstrahlrichtung) das Brillenglas in diesem Durchblickspunkt ein (lokales oder globales) Maximum der Abbildungsqualität erreicht. Die Abbildungsqualität des Brillenglases ist für keine von der Primärstrahlrichtung abweichende Strahlrichtung besser und für zumindest einige von der Primärstrahlrichtung abweichende Strahlrichtungen schlechter als die Abbildungsqualität entlang der Primärstrahlrichtung. Mit anderen Worten steigt die Abbildungsqualität des Brillenglases für von der Primärstrahlrichtung abweichende Strahlrichtungen nicht und sinkt für zumindest einige von der Primärstrahlrichtung abweichende Strahlrichtungen. Jedem Durchblickspunkt im Wirkungsbereich ist zumindest ein bestimmter Primärstrahl (bzw. zumindest eine bestimmte Primärstrahlrichtung) zugeordnet. Sofern nichts anderes angegeben ist, werden unter dem Begriff „Strahlen“ im Rahmen der vorliegenden Beschreibung stets Lichtstrahlen verstanden.

Die Primärstrahlen aller Durchblickspunkte, welche dadurch charakterisiert bzw. definiert sind, dass sie im Wirkungsbereich ein (lokales oder globales) Maximum der Abbildungsqualität des Brillenglases kennzeichnen, schneiden sich im Wesentlichen in einem gemeinsamen augenseitigen Primärstrahlschnittbereich bzw. Primärstrahlschnittpunkt. Mit anderen Worten schneiden sich für alle Durchblickspunkte im Wirkungsbereich die jeweiligen zugehörigen Primärstrahlen im Wesentlichen im Primärstrahlschnittpunkt. Unter Strahlen, die sich in einem Primärstrahlschnittbereich bzw. Primärstrahlschnittpunkt „im Wesentlichen schneiden“ wird im Rahmen der vorliegenden Beschreibung insbesondere verstanden, dass diese Strahlen durch eine virtuelle Kugel (Schnittkugel) verlaufen, dessen Mittelpunkt der Primärstrahlschnittpunkt ist und die einen vordefinierten Durchmesser aufweist. Mit anderen Worten verlaufen somit für alle Durchblickspunkte im Wirkungsbereich die jeweiligen zugehörigen Primärstrahlen durch eine gemeinsame virtuelle Schnittkugel, welche den Primärstrahlschnittpunkt als Mittelpunkt sowie einen vorbestimmten Durchmesser aufweist. Der Ausdruck „im Wesentlichen“ bedeutet in diesem Zusammenhang also, dass sich die Strahlen bzw. Primärstrahlen nicht exakt im Primärstrahlschnittpunkt schneiden müssen, sondern dass eine gewisse Abweichung von dieser Vorgabe innerhalb von wohldefinierten

bzw. vorbestimmten Grenzen erlaubt ist. Dabei sind die definierten bzw. vorbestimmten Grenzen vorliegend insbesondere durch einen vordefinierten Durchmesser der virtuellen Schnittkugel festgelegt. Der Durchmesser der virtuellen Schnittkugel ist vorzugsweise kleiner als 6 mm, mehr bevorzugt kleiner als 5 mm, noch mehr bevorzugt kleiner als 4 mm, und am bevorzugtesten kleiner als 3 mm. Beispielsweise kann der Durchmesser der virtuellen Schnittkugel 2 mm betragen.

Insbesondere ist der Wirkungsbereich ferner derart beschaffen, dass für jeden Durchblickspunkt im Wirkungsbereich zugehörige Sekundärstrahlen existieren, für welche die Abbildungsqualität des Brillenglases jeweils geringer als das (lokale) Maximum ist, wobei sich die Sekundärstrahlen im Gegensatz zu den Primärstrahlen (nach dem Durchtritt durch das Brillenglas) nicht im Wesentlichen im Primärstrahlschnittbereich bzw. Primärstrahlschnittpunkt schneiden. Mit anderen Worten verlaufen die Sekundärstrahlen im Gegensatz zu den Primärstrahlen (nach dem Durchtritt durch das Brillenglas) nicht durch die virtuelle Schnittkugel.

Der Primärstrahlschnittbereich bzw. Primärstrahlschnittpunkt kann für ein Brillenglas unabhängig von einem Benutzer des Brillenglases bzw. einem Auge des Benutzers, und auch unabhängig von einer Gebrauchsstellung des Brillenglases spezifiziert sein bzw. werden. Der Primärstrahlschnittbereich bzw. Primärstrahlschnittpunkt ist also insbesondere ein Bereich bzw. Punkt, welcher anhand der Eigenschaften des Brillenglases selbst definiert ist bzw. wird. Der Primärstrahlschnittbereich bzw. Primärstrahlschnittpunkt liegt insbesondere außerhalb des Brillenglases, und insbesondere bezüglich einfallender Lichtstrahlen hinter dem Brillenglas. Je nach Verlauf aller Primärstrahlen kann als Primärstrahlschnittpunkt insbesondere der Schnittpunkt aller Primärstrahlen verstanden werden. Soweit sich die Primärstrahlen nicht alle exakt in einem Punkt schneiden, kann als Primärstrahlschnittpunkt auch der Mittelpunkt der kleinsten Kugel (Schnittkugel) verstanden werden, durch die alle Primärstrahlen laufen. Alternativ kann in diesem Fall als Primärstrahlschnittpunkt auch derjenige Punkt verstanden werden, der zu allen Primärstrahlen die kleinste Summe der Abstandsquadrate aufweist.

Mit Hilfe des erfindungsgemäßen Brillenglases ist es vorteilhafterweise möglich, eine Modulation der Bildqualität über das Gesichtsfeld unabhängig von einer aktuellen Blickrichtung eines Benutzers zu erzeugen, ähnlich wie bei Kontaktlinsen. Insbesondere kann mit dem erfindungsgemäßen Brillenglas zum einen eine bessere Bildqualität für das zentrale Sehen als für das periphere Sehen erreicht werden, um eine permanente Myopieprogression hemmende Wirkung zu erzielen. Zum anderen kann eine gleichbleibende Bildqualität beim zentralen Sehen gewährleistet werden, um das natürliche Zusammenspiel von Kopf- und Augenbewegungen beim Blicken nicht zu stören, wie es bei herkömmlichen Einstärkengläsern existiert.

Insbesondere stellt ein Primärstrahl einen Hauptstrahl eines Lichtstrahlenbündels des zentralen Sehens (im Folgenden kurz mit „Hauptstrahl des zentralen Sehens“ bezeichnet) dar. Und insbesondere stellt ein Sekundärstrahl einen Hauptstrahl eines Lichtstrahlenbündels des peripheren Sehens (im Folgenden kurz mit „Hauptstrahl des peripheren Sehens“ bezeichnet) dar.

Vorzugsweise ist für jeden Durchblickspunkt im Wirkungsbereich des Brillenglases die Abbildungsqualität des Brillenglases für Strahlrichtungen, welche von der Strahlrichtung des jeweiligen Primärstrahls abweichen, durch Absorption und/oder diffuse Streuung und/oder Kontrastminderung im Vergleich zur maximalen Abbildungsqualität des Brillenglases im jeweiligen Durchblickspunkt zumindest teilweise herabgesetzt. Insbesondere ist für jeden Durchblickspunkt im Wirkungsbereich des Brillenglases die Abbildungsqualität des Brillenglases für am jeweiligen Durchblickspunkt in das Brillenglas einfallende Sekundärstrahlen, welche sich nicht im Wesentlichen im Primärstrahlschnittpunkt schneiden (bzw. welche nicht durch die virtuelle Schnittkugel verlaufen), durch eine für diese Sekundärstrahlen bewirkte Absorption und/oder (diffuse) Streuung und/oder Kontrastminderung im Vergleich zur maximalen Abbildungsqualität des jeweiligen Durchblickspunkts (welche für den zugehörigen Primärstrahl erzielt wird) herabgesetzt. Mit anderen Worten basiert die Abbildungsqualität des Brillenglases insbesondere auf einer Lichtdurchlässigkeit (Transmissionsfähigkeit) und/oder einer Streuung und/oder einem Kontrast.

Insbesondere wird im Rahmen der vorliegenden Beschreibung unter dem Begriff „Abbildungsqualität“ eine Größe verstanden, die von einer Lichtdurchlässigkeit (Transmissionsfähigkeit) und/oder einer Streuung (bzw. diffusen Streuung) und/oder einem Kontrast abhängt. Beispielsweise ist die Abbildungsqualität umso höher, je höher die Lichtdurchlässigkeit und/oder je höher der Kontrast und/oder je niedriger die Streuung (bzw. diffuse Streuung) ist. Alternativ oder zusätzlich kann die Abbildungsqualität auch auf einer Abbildungsschärfe und/oder einer Refraktion, insbesondere einem Astigmatismus, basieren. Mit anderen Worten kann die Abbildungsqualität eine Größe sein, welche alternativ oder zusätzlich von einer Abbildungsschärfe und/oder einer Refraktion, insbesondere einem Astigmatismus, abhängt. Beispielsweise kann die Abbildungsqualität umso höher sein, je höher die Abbildungsschärfe und/oder je niedriger der Astigmatismus ist. Alternativ oder zusätzlich kann somit die Abbildungsqualität des Brillenglases für die auf das Brillenglas einfallenden Sekundärstrahlen durch eine für diese Strahlen bewirkte zusätzliche Refraktion, insbesondere durch einen zusätzlichen Astigmatismus, herabgesetzt sein.

Vorzugsweise entspricht der Primärstrahlschnittpunkt einem Augendrehpunkt in einer Gebrauchsstellung des Brillenglases. Im Rahmen der Erfindung hat sich herausgestellt, dass sich hierzu vor allem der optische Augendrehpunkt eignet. Der optische Augendrehpunkt ist der ungefähre Schnittpunkt der Fixierlinien bei einer Vielzahl von Blickrichtungen. Als Fixierlinie wird dabei die Verlängerung des unmittelbar ins Auge fallenden Abschnitts des Lichtstrahls verstanden, der während der Fixation eines Objekts bzw. Objektpunkts durch die Pupillenmitte und den Objektpunkt verläuft. Blickt das Auge durch eine Brille, ist die Fixierlinie also die Gerade, welche den Abschnitt des Lichtstrahls zwischen Brillenglasrückfläche und Cornea verlängert. Gleichbedeutend kann daher die Fixierlinie auch als die Verlängerung des nicht im Auge (sondern insbesondere zwischen Brillenglas und Auge) verlaufenden Abschnitts des Lichtstrahls aufgefasst werden, der vom bevorzugten Fixationsort auf der Retina ausgeht, durch die optischen Komponenten des Auges gebrochen wird, und durch die Pupillenmitte verläuft. Der optische Augendrehpunkt kann beispielsweise mit Hilfe eines Optimierungsverfahrens bestimmt werden als derjenige Punkt, der die geringste Summe der Abstandsquadrate zu den Fixierlinien aufweist. Alternativ oder zusätzlich kann der

optische Augendrehpunkt als Zentroid eines kleinsten Volumens (z.B. eine Kugel) definiert sein, welches von allen Primärstrahlen (die im Wirkungsbereich des Brillenglases die Brillenglasrückfläche schneiden und in Richtung eines Maximums der Abbildungsqualität verlaufen) durchquert wird. Es wird angemerkt, dass der Primärstrahlschnittpunkt grundsätzlich auch einem mechanischen Augendrehpunkt (in einer Gebrauchsstellung des Brillenglases) entsprechen kann. Der mechanische Augendrehpunkt ist der Punkt des Augeninneren, welcher sich in einem kopffesten Bezugssystem bei Augenbewegungen näherungsweise nicht bewegt.

Dabei ist der Primärstrahlschnittpunkt nicht unbedingt von einem Brillenträger oder einem Auge des Brillenträgers abhängig, sondern stellt vielmehr eine (festgelegte) Eigenschaft des Brillenglases selbst dar, oder kann aus Eigenschaften des Brillenglases ermittelt werden. Insbesondere ist der Primärstrahlschnittpunkt ein mit Hilfe eines parametrisierten Modells vorbestimmter oder ermittelter Punkt. Unter einem „parametrisierten Modell“ wird im Rahmen der vorliegenden Beschreibung insbesondere ein Modell verstanden, welches durch einen oder mehrere Parameter festgelegt ist. Das parametrisierte Modell kann sich insbesondere auf Parameter des Brillenglassträgers beziehen, die aber oft zur Glasberechnung verwendet werden. Beispielsweise kann die Position des Zentrierpunktes sowie der Hornhautscheitelabstand (HSA) ein solcher Parameter sein. Alternativ oder zusätzlich kann/können das sphärische Äquivalent des Auges des Brillenglassträgers (bzw. das sphärische Äquivalent des Brillenglases), die Augenlänge und/oder der äußere Durchmesser der Cornea Parameter des parametrisierten Modells sein.

Insbesondere ist der Primärstrahlschnittbereich bzw. Primärstrahlschnittpunkt ein in Bezug auf die Eigenschaften des Brillenglases spezifizierter Bereich bzw. Punkt, der mit Hilfe des parametrisierten Modells unabhängig von einem Brillenträger oder einem Auge des Brillenträgers und/oder unabhängig von einer Gebrauchsstellung des Brillenglases definiert ist.

Insbesondere weist das Brillenglas im Wirkungsbereich eine Vielzahl von optisch wirksamen Elementen auf, die im Rahmen dieser Beschreibung auch als optisch wirksame

Bestandteile bezeichnet werden. Dabei umfasst ein optisches Element jeweils einen Mikropartikel und eine zu dem Mikropartikel korrespondierende Mikrostruktur. Insbesondere weisen die optisch wirksamen Elemente eine zur (beispielsweise verordneten) optischen Funktion des Brillenglases beitragende richtungsabhängige zusätzliche optische Funktion auf. Die optisch wirksamen Elemente sind insbesondere derart ausgelegt und angeordnet (bzw. ausgerichtet), dass die Abbildungsqualität für das zentrale Sehen weniger stark als für das periphere Sehen verschlechtert wird.

Damit das Brillenglas die korrekte Richtung der Achse(n) der optisch wirksamen Elemente in Abhängigkeit von der Position im Brillenglas aufweist, ist vorzugsweise bei der Herstellung des Brillenglases die relative Lage des Auges zum Brillenglas (oder umgekehrt) bekannt. Wie bereits weiter oben erwähnt, kann dies z.B. im Rahmen eines parametrisierten Modells erfolgen, welches einen Fixierlinienkonvergenzbereich bzw. im einfachsten Fall einen (optischen) Augendrehpunkt umfasst oder beschreibt.

Der optische Augendrehpunkt ist derjenige Punkt, der die geringste Entfernung zur Verlängerung der augenseitigen außerhalb des Auges verlaufenden Hauptstrahlen der auf den bevorzugten Fixationslocus treffenden Lichtstrahlenbündel (im Folgenden Blickrichtung oder Fixierlinie genannt) für alle durch das Brillenglas verlaufenden augenseitigen Blickrichtungen aufweist. Realistischerweise wird der optische Augendrehpunkt eher durch eine Kugel beschrieben, die insbesondere einen Durchmesser aufweist, welcher kleiner als 6 mm, vorzugsweise kleiner als 5 mm, noch mehr bevorzugt kleiner als 4 mm und am bevorzugtesten kleiner als 3 mm ist. Beispielsweise kann der Durchmesser dieser Kugel etwa 2 mm betragen. Es versteht sich, dass grundsätzlich auch andere Modelle ohne weiteres möglich sind, wie z.B. eine Interpolation der Blickrichtungen.

Ein Träger des Brillenglases kann einem individuellen Betrachter entsprechen, bei welchem die individuell möglichen Augenstellungen oder zumindest Blickrichtungen, sowie Pupillengrößen bekannt sind (z.B. durch Messung). Der Träger des Brillenglases kann auch einem modellhaften Betrachter entsprechen, dessen Augenstellungen oder zumindest Blickrichtungen stellvertretend für eine Vielzahl an Individuen stehen und z.B. aus der Literatur bekannt sind, oder aus Messungen einer Vielzahl von Individuen

bestimmt worden sind. Der Träger des Brillenglases kann auch einem teilindividualisierten Betrachter entsprechen, bei dem bestimmte Messgrößen individuell gemessen worden sind (z.B. individuelle Fassungsparameter wie Hornhaut-Scheitel-Abstand, Vorneigung und Fassungsseibenwinkel), andere aber mit Hilfe von Modellen bestimmt werden (z.B. der Augendrehpunktstand).

Vorzugsweise hängt eine (insbesondere die Abbildungsqualität vermindernde) optische Wirkung eines jeden der optisch wirksamen Elemente von einer Richtung eines auf das jeweilige optisch wirksame Element einfallenden Lichtstrahls ab. Alternativ oder zusätzlich ist eine (insbesondere die Abbildungsqualität vermindernde) optische Wirkung eines jeden der optisch wirksamen Elemente eine Funktion des Winkels zwischen einer Propagationsrichtung eines auf das jeweilige optisch wirksame Element auftreffenden Lichtstrahls und der Richtung einer Längsachse des jeweiligen optisch wirksamen Elements. Dieser Winkel wird im Rahmen der vorliegenden Beschreibung auch als „Abweichungswinkel“ bezeichnet, da von ihm eine Abweichung der Abbildungsqualität von der für die Primärstrahlen erreichten maximalen Abbildungsqualität abhängt. Bei kleinen Abweichungswinkeln ist der Beitrag einer richtungsabhängigen optischen Funktion zur (z.B. verordneten) optischen Funktion des Brillenglases vorzugsweise derart ausgestaltet, dass die optische Funktion des Brillenglases eine gute, insbesondere maximale, Abbildungsqualität ermöglicht, und diese sich bei größeren Abweichungswinkeln verschlechtert. Vorzugsweise ist eine richtungsabhängige optische Wirkung eines jeden des zumindest einen optisch wirksamen Elements bei besagten Abweichungswinkeln, welche kleiner als ein vordefinierter Schwellenwinkel (z.B. 5° , 10° , 15° oder 20°) sind, im Wesentlichen konstant. Vorzugsweise steigt die optische Wirkung eines jeden des zumindest einen optisch wirksamen Elements bei besagten Abweichungswinkeln oberhalb des vordefinierten Schwellenwinkels kontinuierlich bis zu einem vorbestimmten Wert an. Dies ermöglicht vorteilhafterweise eine gleichbleibende Bildqualität in einem gewissen Sehwinkelbereich um die Richtung, die dem schärfsten Sehen entspricht, sowie sich allmählich verschlechternden Abbildungseigenschaften beim peripheren Sehen, was für einen Brillenträger als angenehm empfunden wird. Dadurch, dass, unabhängig von einer Augenstellung, die Sekundärstrahlen (bzw. die Hauptstrahlen der für das periphere Sehen genutzten

Lichtstrahlenbündel bzw. Wellenfronten), d.h. solche Strahlen, die nicht auf den bevorzugten Fixationslocus auftreffen, größere Winkel zur Achse des zumindest einen optisch wirksamen Elements an den jeweiligen Positionen des Brillenglases einschließen als die Primärstrahlen (bzw. die Hauptstrahlen der für das zentrale Sehen genutzten Lichtstrahlenbündel), werden auf diese Weise unabhängig von der Augenstellung für das zentrale und das periphere Sehen unterschiedliche optische Funktionen des Brillenglases und damit eine unterschiedliche Bildqualität bzw. Abbildungsqualität erzeugt.

Vorzugsweise weist jedes optisch wirksame Element eine Längsachse auf bzw. legt eine Längsachse fest, und eine optische Wirkung eines jeden optisch wirksamen Elements auf einen auf das optisch wirksame Element treffenden Lichtstrahl hängt vom Winkel zwischen einer Strahlrichtung (d.h. Propagationsrichtung) des Lichtstrahls (beim Auftreffen auf das optisch wirksame Element) und der Längsachse ab. Vorzugsweise ist die Längsachse eines jeden wirksamen Elements jeweils im Wesentlichen parallel zur Strahlrichtung des jeweils im Bereich des entsprechenden optisch wirksamen Elements verlaufenden Primärstrahls ausgerichtet.

Vorzugsweise ist die optische Wirkung eines jeden optisch wirksamen Elements für Lichtstrahlen, deren Winkel zwischen der Strahlrichtung und der Längsachse des optisch wirksamen Elements kleiner als ein vordefinierter Schwellenwinkel sind, im Wesentlichen konstant. Ferner steigt die optische Wirkung eines jeden optisch wirksamen Elements für Lichtstrahlen, deren Winkel zwischen der Strahlrichtung und der Längsachse oberhalb des vordefinierten Schwellenwinkels liegt, mit zunehmendem Winkel kontinuierlich an.

Vorzugsweise umfasst jedes optisch wirksame Element ein lichtabsorbierendes Element (kurz: Absorptionselement oder Absorber) als Mikropartikel und ein lichtstreuendes Element (kurz: Streuelement oder Streuer) als eine zu dem Mikropartikel korrespondierende Mikrostruktur. Insbesondere hängt eine lichtabsorbierende Wirkung eines Absorbers von einer Lichteinfallsrichtung relativ zu einer Längsachse des Absorbers ab. Und insbesondere hängt eine lichtstreuende Wirkung eines Streuers von einer Lichteinfallsrichtung relativ zu einer Längsachse des Streuers ab. Alternativ oder

zusätzlich hängt insbesondere eine lichtabsorbierende Wirkung der Anordnung eines Absorbers und eines Streuers von einer Lichteinfallsrichtung relativ zu einer Linie ab, entlang derer der Absorber und Streuer angeordnet sind.

- 5 Vorzugsweise weist das Brillenglas für jeden aus einer vorbestimmten Vielzahl von Durchblickspunkten im Wirkungsbereich ein optisch wirksames Element auf, welches derart angeordnet ist, dass eine Längsachse des optisch wirksamen Elements im Wesentlichen parallel zur Einfallsrichtung des für den jeweiligen Durchblickspunkt zugehörigen Primärstrahls ist. Mit anderen Worten ist eine Längsachse des optisch wirksamen Elements im Wesentlichen parallel zur Primärstrahlrichtung.

- Vorzugsweise weist das Brillenglas eine Vielzahl von optisch wirksamen Elementen auf, welche derart über den Wirkungsbereich verteilt sind, dass Projektionen der Positionen der optisch wirksamen Elemente jeweils entlang des jeweils im Bereich des jeweiligen optisch wirksamen Elements verlaufenden Primärstrahls auf einen entsprechenden Durchblickspunkt auf der Rückfläche des Brillenglases dort eine Flächendichteverteilung ergeben, welche proportional zu $\frac{\cos \theta}{d^2}$ ist, wobei d den Abstand des jeweiligen Durchblickspunkts vom Primärstrahlschnittpunkt und θ den Winkel zwischen der augenseitigen Strahlrichtung des zum jeweiligen Durchblickspunkt gehörenden Primärstrahls und einer Flächennormalen zur Rückfläche des Brillenglases im jeweiligen Durchblickspunkt bezeichnen. Mit anderen Worten ist eine lokale Dichte der optisch wirksamen Elemente in einem Durchblickspunkt im Wirkungsbereich des Brillenglases proportional zu $\frac{\cos \theta}{d^2}$, wobei θ den Winkel zwischen einer sich im Durchblickspunkt schneidenden Flächennormalen des Brillenglases und dem zu dem Durchblickspunkt zugehörigen Primärstrahl bezeichnet, und wobei d den Abstand des Primärstrahlschnittpunkts vom Durchblickspunkt des Brillenglases bezeichnet. Vorteilhafterweise kann somit erreicht werden, dass die beim zentralen Sehen verursachte Absorption und/oder Streuung bei Änderung der Blickrichtung konstant bleibt. Sind die optisch wirksamen Elemente gleich groß, so kann bei nahe am Primärstrahlschnittpunkt gelegenen Bereichen des Brillenglases eine höhere Dichte von optisch wirksamen Elementen als bei weiter davon entfernten Bereichen des Brillenglases angeordnet sein.

Insbesondere kann somit vorteilhafterweise erreicht werden, dass bezogen auf eine Augenstellung (bezogen auf das Haar-Maß) bzw. einen Blickwinkel (bezogen auf die isotrope Verteilung von Richtungen auf einer Einheitskugel) sich im Schnitt dieselbe Anzahl von optisch wirksamen Elementen (z.B. Absorbern) befindet. Die Dichte der optisch wirksamen Elemente (d.h. deren Anzahl pro Fläche des Brillenglases) hängt somit vorzugsweise von der Position im Brillenglas ab. Insbesondere ist die lokale Dichte der optisch wirksamen Elemente in einem Durchblickspunkt im Wirkungsbereich des Brillenglases proportional zu $\cos \theta(x, y)/d(x, y)^2$, wobei x und y die Koordinaten des Durchblickspunkts bezeichnen.

Beispielsweise kann die Brillenglasoberfläche speziell so beschichtet werden, dass die Mikropartikel nur an vorgegebenen Stellen binden können. So könnten die Partikel z.B. mit Avidin beschichtet werden und die Brillenglasoberfläche könnte nur an vorbestimmten Stellen biotinyliert sein. Damit kann erreicht werden, dass die Mikropartikel nur an vorbestimmten Stellen binden. Es versteht sich, dass hierzu auch andere gängige Bindungssysteme verwendet werden können, oder dass eine Hydrophobizität geeignet gewählt werden kann. Die Mikropartikel können z.B. auch mit Hilfe eines Druckverfahrens aufgebracht werden (z.B. mit einem Inkjet). Alternativ oder zusätzlich kann bei konstanter Dichte der Mikropartikel dem Effekt der bei größer werdendem Winkel der Fixierlinie zur fotoaushärtbaren Schicht größer werdenden Absorption oder Streuung (für das Betrachten der Stelle beim peripheren Sehen) entgegengewirkt werden, indem die Schichtdicke der fotoreaktiven Schicht abhängig von der Entfernung des Durchblickspunkts vom Primärstrahlschnittpunkt geeignet verkleinert wird. Dies kann z.B. mit Hilfe von geeigneten Spincoating-Prozessparametern durchgeführt werden, und/oder mit Hilfe von Stempeln, welche am Rande dünnere Schichten erzeugen.

Vorzugsweise weist das Brillenglas im Wirkungsbereich eine Vielzahl von optisch wirksamen Elementen auf, deren Anordnung unregelmäßig (bzw. zufällig) ist oder zumindest eine unregelmäßige (bzw. zufällige) Komponente aufweist. Beispielsweise kann die Anordnung der optisch wirksamen Elemente grundsätzlich regelmäßig sein, aber eine unregelmäßige bzw. zufällige Komponente aufweisen. Eine regelmäßige Anordnung mit zufälliger Komponente kann z.B. durch Bindung der Mikropartikel an

vorbestimmten Stellen erzeugt werden, die eine endlich große Ausdehnung aufweisen. Auf der Skala dieser Ausdehnung kann die Position nicht kontrolliert werden, so dass sie zufällig ist. Eine zufällige oder zufällige Komponenten enthaltende Anordnung ist gegenüber regelmäßigen Anordnungen zu bevorzugen, da durch die fehlende regelmäßige Anordnung keine störenden Muster entstehen. Bei einer regelmäßigen Anordnung kann zudem bei bestimmten Richtungen im Gesichtsfeld ein ungewollter Überlapp von optisch wirksamen Elementen entstehen, die für benachbarte Blickrichtungen ausgelegt wurden. Dies kann bei zufälligen oder zufällige Komponenten enthaltenen Anordnungen vorteilhafterweise vermieden werden.

In einer bevorzugten Ausführungsform gilt für jedes Paar aus einem lichtabsorbierenden Mikropartikel und einer zu diesem lichtabsorbierenden Mikropartikel korrespondierenden lichtstreuenden Mikrostruktur, dass die korrespondierende Mikrostruktur des Paares näher an einer Vorderfläche des Brillenglases angeordnet ist als der lichtabsorbierende Mikropartikel des Paares. Unter Vorderfläche des Brillenglases wird die objektseitige Fläche des Brillenglases verstanden, also die Oberfläche des Brillenglases, welche in einer Gebrauchsstellung einem zu betrachtenden Objekt zugewandt und/oder dem Auge eines Brillenträgers abgewandt ist. In der Regel ist diese Vorderfläche des Brillenglases eine konvexe Fläche. Dagegen wird unter der Rückfläche des Brillenglases eine in Gebrauchsstellung augenseitige Oberfläche des Brillenglases verstanden. In der Regel ist diese Rückfläche des Brillenglases eine konkave Fläche.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform gilt für jedes Paar aus einem lichtabsorbierenden Mikropartikel und einer zu diesem lichtabsorbierenden Mikropartikel korrespondierenden lichtstreuenden Mikrostruktur, dass Licht, das von der korrespondierenden lichtstreuenden Mikrostruktur des Paares in eine Strahlrichtung des jeweils im Bereich der entsprechenden korrespondierenden lichtstreuenden Mikrostruktur des Paares verlaufenden Primärstrahls ausgeht, vom lichtabsorbierenden Mikropartikel des Paares zumindest teilweise, und vorzugsweise im Wesentlichen vollständig, absorbiert wird.

Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachfolgend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in Alleinstellung oder in anderen Kombinationen verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

5

Für die oben genannten weiteren unabhängigen Aspekte und insbesondere für diesbezügliche bevorzugte Ausführungsformen gelten auch die vor- oder nachstehend gemachten Ausführungen zu den Ausführungsformen des ersten Aspekts. Insbesondere gelten für einen unabhängigen Aspekt der vorliegenden Erfindung und für diesbezügliche bevorzugte Ausführungsformen auch die vor- und nachstehend gemachten Ausführungen zu den Ausführungsformen der jeweils anderen unabhängigen Aspekte.

Im Folgenden werden einzelne Ausführungsformen zur Lösung der Aufgabe anhand der Figuren beispielhaft beschrieben. Dabei weisen die einzelnen beschriebenen Ausführungsformen zum Teil Merkmale auf, die nicht zwingend erforderlich sind, um den beanspruchten Gegenstand auszuführen, die aber in bestimmten Anwendungsfällen gewünschte Eigenschaften bereitstellen. So sollen auch Ausführungsformen als unter die beschriebene technische Lehre fallend offenbart angesehen werden, die nicht alle Merkmale der im Folgenden beschriebenen Ausführungsformen aufweisen. Ferner werden, um unnötige Wiederholungen zu vermeiden, bestimmte Merkmale nur in Bezug auf einzelne der im Folgenden beschriebenen Ausführungsformen erwähnt. Es wird darauf hingewiesen, dass die einzelnen Ausführungsformen daher nicht nur für sich genommen, sondern auch in einer Zusammenschau betrachtet werden sollen. Anhand dieser Zusammenschau wird der Fachmann erkennen, dass einzelne Ausführungsformen auch durch Einbeziehung von einzelnen oder mehreren Merkmalen anderer Ausführungsformen modifiziert werden können. Es wird darauf hingewiesen, dass eine systematische Kombination der einzelnen Ausführungsformen mit einzelnen oder mehreren Merkmalen, die in Bezug auf andere Ausführungsformen beschrieben werden, wünschenswert und sinnvoll sein kann und daher in Erwägung gezogen und auch als von der Beschreibung umfasst angesehen werden soll.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand bevorzugter Ausführungsformen mit Bezug auf die beigefügten Zeichnungen weiter beschrieben. Dabei zeigen:

- 5 Figur 1 zeigt eine schematische Darstellung zur Veranschaulichung des Verfahrens gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung;
- 10 Figur 2 zeigt eine schematische Zeichnung von Zerstreuungsscheibchen für verschiedene Exzentrizitäten und verschiedene Belichtungserscheinungswinkel;
- 15 Figuren 3a-3e zeigen jeweils eine schematische Darstellung zum Bereitstellen eines Brillenglases 100 mit einer Vielzahl von Mikropartikeln 130 und einer fotoreaktiven Schicht 110 gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung;
- 20 Figuren 4a-4c zeigen jeweils eine schematische Darstellung zum Belichten einer fotoreaktiven Schicht 110 eines Brillenglases 100 gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung;
- 25 Figuren 5a-5c zeigen schematische Darstellungen von Brillengläsern aus den Figuren 4a bis 4c gemäß bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung nach einem Aufbringen einer zusätzlichen Schutzschicht;
- 30 Figur 6 zeigt eine schematische Darstellung eines Brillenglases 100 gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung;
- 30 Figur 7 zeigt eine schematische Darstellung eines weiteren Brillenglases 100 gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung;
- 30 Figur 8a zeigt eine schematische Darstellung eines Brillenglases 100 gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung bei einer augenseitigen Blickauslenkung von 0°;

Figur 8b zeigt eine schematische Darstellung eines Brillenglases 100 gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung bei einer augenseitigen Blickauslenkung von $16,5^\circ$;

5

Figur 9 zeigt für ein Brillenglas 100, welches mit Hilfe des hierin beschriebenen Verfahrens hergestellt werden kann, die Abhängigkeit des Winkels zwischen zentralen und peripheren Hauptstrahlen von der Position im Brillenglas 100 bei einer augenseitigen Blickrichtung von 0° und einer augenseitigen Blickrichtung von $16,5^\circ$.

10

In der folgenden Beschreibung werden der Einfachheit halber alle Brillengläser, also sowohl ein mit dem erfindungsgemäßen Verfahren zu bearbeitendes (herkömmliches) Brillenglas als auch ein mit dem Verfahren hergestelltes Brillenglas mit dem Bezugs-

15 zeichen 100 versehen. Das Bezugszeichen 100 bezieht sich im Folgenden also lediglich auf ein Brillenglas unabhängig von dessen Bearbeitungszustand.

15

Die **Figur 1** zeigt eine schematische Darstellung zur Veranschaulichung des Verfahrens gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung. Das hierin beschriebene Verfahren dient der Herstellung eines Brillenglases 100 zur Myopiekontrolle für ein Auge eines künftigen Brillenglasnutzers bzw. Brillenträgers. Zunächst wird ein Brillenglas 100 mit einer Vielzahl von Mikropartikeln 130 und einer fotoreaktiven Schicht 110, welche an die Vielzahl von Mikropartikeln 130 angrenzt oder die Vielzahl von Mikropartikeln 130 aufweist, bereitgestellt. Beispielhafte bzw. bevorzugte Verfahren zur Bereitstellung eines solchen Brillenglases 100 sind in den Figuren 3a bis 3e schematisch dargestellt. Die Mikropartikel 130 können grundsätzlich lichtabsorbierende und/oder lichtreflektierende und/oder lichtstreuende Eigenschaften aufweisen. Im Hinblick auf die Figuren werden im Folgenden hauptsächlich Ausführungsformen beschrieben, bei denen die Mikropartikel 130 lichtabsorbierend, also Absorber A, und die erzeugten Mikrostrukturen 150 lichtstreuend, also Streuer S, sind.

25

30

Die Mikrostrukturen 150 werden durch ein Belichten der fotoreaktiven Schicht 110 mit einem Belichtungsmittel BM in der fotoreaktiven Schicht 110 erzeugt. Dabei fungieren zumindest einige (insbesondere alle) Mikropartikel 130 als Fotomaske für das Belichten. Insbesondere werden also auf diese Weise anisotrop streuende Objekte bzw. Mikrostrukturen 150 mit Hilfe eines fotolithografischen Verfahrens in einer fotoreaktiven Schicht 110 (z.B. einer fotoaushärtbaren Polymerschicht) erzeugt, indem beim fotolithografischen Verfahren Mikropartikel 130 und ein speziell angeordnetes und dimensioniertes Belichtungsmittel BM zum Aushärten der fotoreaktiven Schicht 110 verwendet werden, und darin die Mikrostrukturen 150 erzeugt werden.

Gemäß des Ausführungsbeispiels von Figur 1 wird zum Belichten der fotoreaktiven Schicht 110 mit Hilfe des kugelförmigen Belichtungsmittels BM ein Lichtfeld erzeugt, welches von der Oberfläche des Belichtungsmittels BM in alle Richtungen (auch nicht senkrecht zur Oberfläche des Belichtungsmittels BM) divergierende Lichtstrahlen aufweist. Das Zentrum bzw. der Mittelpunkt des kugelförmigen Belichtungsmittels BM befindet sich dabei an einem Punkt relativ zum Brillenglas 100, welcher in einer bestimmten Gebrauchsstellung des Brillenglases 100 dem Augendrehpunkt AD eines Auges des zukünftigen Brillenglästrägers entspricht. Somit kann das Brillenglas 100 bezüglich einer bestimmten Gebrauchsstellung relativ zum Augendrehpunkt AD des Auges des Brillenträgers optimiert werden.

Das in Figur 1 beispielhaft gezeigte Belichtungsmittel BM ist eine diffus leuchtende Kugel, deren Mittelpunkt im optischen Augendrehpunkt AD angeordnet ist. Das Belichtungsmittel BM beleuchtet ein herkömmliches, bereits bearbeitetes Brillenglas 100 mit einer ersten Fläche FL1, die eine Rückfläche 8 des Brillenglases 100 darstellt, und einer zweiten Fläche FL2, die eine Vorderfläche 7 des Brillenglases 100 darstellt. Außerhalb des Brillenglases 100 befinden sich auf dessen Vorderfläche FL2 eine Vielzahl von Absorbern A, z.B. Magnetit-Mikrokugeln. Diese können in einer weiteren Fläche FL3 bildenden Schicht an der Vorderfläche FL2 des Brillenglases 100 eingeschlossen und fixiert sein. Eine mit dem vom Belichtungsmittel BM ausgesandten Licht aushärtbare Schicht AS befindet sich vom Belichtungsmittel BM aus gesehen hinter dem herkömmlichen Brillenglas 100 und hinter den Mikropartikeln 130 bzw. Absorbern A

und bildet eine von außen zugängliche Oberfläche FL4. Das Belichtungsmittel BM erzeugt in Beleuchtungsrichtung hinter den Absorbern A kegelstumpfförmige Schatten S, innerhalb derer das Material der aushärtbaren Schicht AS nicht vom ausgesandten Licht beleuchtet wird und somit auch nicht aushärtet.

5

Zum Belichten der fotoreaktiven Schicht 110 bzw. der aushärtbaren Schicht AS wird ein Lichtfeld und/oder ein Strahlenbündel derart erzeugt, dass für jeden Durchblickspunkt i einer Vielzahl von Durchblickspunkten des Brillenglases 100 das Belichtungsmittel BM (und/oder ein vom Belichtungsmittel BM erzeugtes Lichtobjekt) am Durch-

10 blickspunkt i unter einem Belichtungserscheinungswinkel δ_i erscheint, welcher größer ist als ein für den Durchblickspunkt i ermittelter und/oder vorgegebener Eintrittspupillenerscheinungswinkel α_i , unter dem eine Eintrittspupille EP_i des Auges des Brillenträgers am Durchblickspunkt i erscheint. Wie in Figur 1 ersichtlich, ist der Belichtungserscheinungswinkel δ_i derjenige Winkel, unter dem das Belichtungsmittel

15 BM (insbesondere ein Rand des Belichtungsmittels BM) am Durchblickspunkt i erscheint. Es wird an dieser Stelle angemerkt, dass der Durchblickspunkt i in der schematischen Zeichnung der Figur 1 nicht explizit gekennzeichnet ist. Beispielsweise kann der Durchblickspunkt an der Rückfläche 8 des Brillenglases 100 definiert sein. Es ist aber auch möglich, den Durchblickspunkt des Brillenglases 100 am Ort eines Mikro-

20 partikels 130 zu definieren. Im letzteren Fall wäre dann der Belichtungserscheinungswinkel δ_i derjenige Winkel, unter dem das Belichtungsmittel BM am Ort eines Mikropartikels 130 erscheint. Ferner wird angemerkt, dass ein Mikropartikel 130 in der Regel viel kleiner ist als die Eintrittspupille EP_i bzw. das Belichtungsmittel BM. Somit entsprechen die in Figur 1 eingezeichneten Winkel α_i bzw. δ_i zwischen den Lichtstrahlen,

25 welche den Rand des Mikropartikels 130 mit dem Rand der Eintrittspupille EP_i bzw. des Belichtungsmittels BM verbinden, nahezu den Erscheinungswinkeln, unter denen die Eintrittspupille EP_i bzw. das Belichtungsmittel BM am Ort eines Mikropartikels 130 erscheint.

30 Der volle Öffnungswinkel der Schatten S beträgt beim i -ten Schatten $\delta_i = 2\gamma_i$ und ist um den Winkel β_i größer als der Winkel α_i , unter dem die Eintrittspupille EP_i des Auges des zukünftigen Betrachters beim direkten Blick auf die Mikrostruktur 150 bzw.

den Streuer erscheinen würde. Bei unterschiedlichen Blickrichtungen befinden sich die Eintrittspupillen EP_i und EP_j auf einer Kugeloberfläche, der sogenannten Eintrittspupillenfläche EPF, um den optischen Augendrehpunkt AD. Die kegelstumpfförmigen Schatten werden von der von außen zugänglichen Oberfläche FL4 geschnitten. Durch

5 Entfernen des sich in den Schatten S befindenden nach der Belichtung nicht ausgehärteten Materials entstehen Hohlräume, die Licht streuen. Alternativ können die Hohlräume auch mit einem anderen, streuenden und/oder absorbierendem Material aufgefüllt werden.

- 10 Insbesondere bei einem geeignet dimensionierten Belichtungsmittel BM können auf diese Weise Strukturen in der mit Licht aushärtbaren Schicht AS erzeugt werden, die beim direkten Anblicken (d.h. in zentraler Sicht) durch den Träger des Brillenglases die Sehqualität weniger beeinflussen als beim indirekten Anblicken (d.h. in peripherer Sicht). Durch eine geeignete Dimensionierung des Belichtungsmittels BM bzw. des
- 15 dadurch erzeugten Lichtfelds und/oder Strahlenbündels kann der Winkel β_i und damit die Größe des Bereichs um die Blickrichtung eingestellt werden, in welchem die Sehqualität gar nicht oder nur wenig verschlechtert wird.

- Das zum Herstellen der anisotrop streuenden Mikrostrukturen 150 verwendete Belich-
- 20 tungsmittel BM erzeugt ein zum Aushärten der fotoaushärtbaren Schicht 110 geeignetes Lichtfeld und/oder Strahlenbündel. Das Licht fällt dabei in den jeweiligen Durchstoßpunkten i der Lichtstrahlen unter Einfallswinkeln auf die Eintrittspupillenfläche EPF, die kleiner sind als der maximale Winkel γ_i . In anderen Worten ist der Winkel zwischen Lichtausbreitungsrichtung und dem Lot auf der Eintrittspupillenfläche EPF im Durch-
- 25 stoßpunkt i kleiner als γ_i . Die Eintrittspupillenfläche EPF ist dabei insbesondere als die Fläche zu verstehen, welche die Position der Zentroiden der Eintrittspupille (Definition aus zentraler Sicht) als Funktion der Augenstellung des zukünftigen Trägers des Brillenglases beschreibt. Der maximale Winkel zum Lot, γ_i , kann dabei abhängig vom erwarteten Durchmesser der Eintrittspupille des zukünftigen Brillenglasnutzers bei ge-
- 30 gebener Blickrichtung gewählt werden. Insbesondere kann der maximale Winkel zum Lot modellhaft von der Blickrichtung und anderen Parametern oder Messgrößen abhängen.

Die Eintrittspupillenfläche EPF kann individuell bestimmt werden, z.B. individuell gemessen werden. Alternativ kann sie auch anhand von Modellen bestimmt werden. In einem einfachen Modell kann die Eintrittspupillenfläche EPF eine Funktion des optischen Augendrehpunkts AD sein, der individuell gemessen oder anhand eines Modells berechnet wurde. Zum Beispiel kann die Eintrittspupillenfläche EPF eine Kugel mit dem Radius 10.7 mm um den optischen Augendrehpunkt AD des zukünftigen Brillenglasnutzers, welcher sich entgegengesetzt zur Blickrichtung beim Blicken durch den Zentrierpunkt des Brillenglases in einer Entfernung, welche dem Hornhaut-Scheitel-Abstand plus 13.5 mm entspricht, von der Brillenglas-Rückseite 8 befindet. Alternativ kann die Eintrittspupillenfläche EPF anhand eines komplexeren Modells bestimmt werden. So kann sie z.B. eine Funktion der Position von Drehachsen des Auges bei senkrechten und waagerechten Blickbewegungen (vgl. A. Ohlendorf, F. Schaeffel, S. Wahl: „Positions of the horizontal and vertical centre of rotation in eyes with different refractive errors“, OPO 2022, DOI: 10.1111/opo.12940) sein. In diesem Fall kann die Eintrittspupillenfläche EPF ein Ellipsoid oder ein Torus sein, welches bzw. welcher in einem vertikalen Schnitt den Krümmungsradius 9.7 mm und in einem horizontalen Schnitt den Krümmungsradius 12.5 mm aufweist, entsprechend der Entfernung der Drehachsen des Auges von der Eintrittspupille EP, die sich im Schnitt 2.8 mm hinter dem Hornhautscheitel befindet. Die Eintrittspupillenfläche EPF befindet sich dabei entgegengesetzt zur Blickrichtung des zukünftigen Brillenglasnutzers durch den Zentrierpunkt des Brillenglases 100 in einer Entfernung, welche dem Hornhaut-Scheitel-Abstand plus 2.8 mm entspricht, von der Brillenglasrückfläche 8.

Wird als Modell der Eintrittspupillenfläche EPF eine Kugel um den Augendrehpunkt AD verwendet, kann als Belichtungsmittel BM eine diffus leuchtende Kugel oder Kugelschale mit dem Augendrehpunkt AD als Mittelpunkt dienen. Die Kugel bzw. Kugelschale kann ein reales Objekt oder eine optische Abbildung eines realen Objekts, oder ein anderes Darstellungsmittel sein. Der Radius dieser Kugel bzw. Kugelschale kann aus der größten Krümmung von allen gedachten von den Mikropartikeln 130 ausgehenden sphärischen bis zur Eintrittspupillenfläche EPF propagierten Lichtwellenfronten $\gamma^{max} = \max_i \left(\gamma_i (\Delta S_{pup,i}^{max}, d_{pup,i}) \right)$, der Entfernung der Eintrittspupille EP_i vom

Augendrehpunkt AD, s_{ADEP} , sowie dem Pupillendurchmesser d_{pup,i^*} an der Durchblicksstelle $i^* = \arg\max_i \left(\gamma_i(\Delta S_{pup,i}^{max}, d_{pup,i}) \right)$ mit dem größten Winkel γ . Der Radius der zur

Belichtung verwendeten Kugel bzw. Kugelfläche beträgt

$$5 \quad r_{BM} = \sin(\gamma^{max}) \left(\frac{1}{\Delta S_{pup,i^*}^{max}} + s_{ADEP} \right).$$

Beispielhaft soll ein freier Sichtbereich von $\epsilon = 10^\circ$ Durchmesser um die Blicklinie realisiert werden. Das Brillenglas 100 weist z.B. einen Hornhaut-Scheitel-Abstand von etwa 10 mm auf, einen Brechungsindex von $n = 1.5$ und eine Mittendicke von 1.5 mm.

- 10 Die Entfernung des optischen Augendrehpunkts AD vom Brillenglassscheitel beträgt z.B. $z' = 23.2 \text{ mm}$ bei einer Verkippung gegenüber der Blickrichtung durch den Zentrierpunkt von 0° . Der kleinste Abstand der Eintrittspupille EP zu einem Mikropartikel 130 beträgt beispielsweise 13.5 mm. Der Abstand zwischen Eintrittspupille EP und optischem Augendrehpunkt AD beträgt z.B. $s_{ADEP} = 10.7 \text{ mm}$. Die größte Krümmung einer Wellenfront beträgt beispielsweise $\Delta S_{pup,i^*}^{max} = 74 \text{ dpt}$. Bei einem Pupillendurchmesser von z.B. $d_{pup,i} = 4 \text{ mm}$ erscheint das Zerstreuungsscheibchen unter dem Winkel $\alpha_{i^*} = 2 \arcsin(74 \text{ dpt} \cdot 4 \text{ mm} / 2) = 17^\circ$. Der maximale Winkel, unter dem Belichtungslicht auf die Einfallspupillenfläche EPF treffen soll, ergibt sich dann zu $\gamma^{max} = \alpha_{i^*} + \frac{\epsilon}{2} = 17^\circ + 5^\circ = 22^\circ$. Der Radius einer zur Belichtung verwendeten im Augendrehpunkt AD zentrierten Kugel beträgt somit

$$20 \quad r_{BM} = \sin(22^\circ) \left(\frac{1}{74 \cdot 1/m} + 10.7 \text{ mm} \right) = 9.1 \text{ mm}.$$

Das zur Belichtung verwendete Belichtungsobjekt kann aufgrund der bei verschiedenen Brillenträgern unterschiedlichen Pupillendurchmesser einen einstellbaren Radius aufweisen. Sie kann z.B. als eine Kugel aus einem mit einer das Belichtungslicht streuenden Flüssigkeit gefüllt sein, welche in einer Blase oder einem Ballon eingeschlossen ist und von dem Belichtungslicht, z.B. über eine Glasfaser oder eine Linse, beleuchtet wird. Durch Änderung des Volumens der streuenden Flüssigkeit kann der Radius der Blase bzw. des Ballons gesteuert werden.

Die zur Beleuchtung verwendete Kugel bzw. Kugel­fläche weist zudem vorzugsweise eine relativ zum Brillenglas einstellbare Position, mit der sie am Augendrehpunkt AD des zukünftigen Brillenglasträgers positioniert werden kann. Alternativ kann als ein zur Belichtung verwendetes Belichtungsobjekt das reale Bild einer diffus streuenden Kugel mit festem Radius dienen. Sowohl Position als auch Durchmesser des Bildes können in diesem Fall mit Hilfe der abbildenden Optik eingestellt werden, um diese auf unterschiedliche Augendrehpunktlagen, Zentrierungen und Pupillendurchmesser von Brillenträgern einzustellen.

Wird ein komplexeres Modell des blickenden Auges verwendet, so kann auch eine Lichtfeldanzeige als Belichtungsmittel BM dienen. Das von der Lichtfeldanzeige erzeugte Lichtfeld stellt ein (zum Belichten geeignetes) Lichtobjekt (insbesondere virtuelles Lichtobjekt) dar, welches abhängig von der Beleuchtungsrichtung unterschiedliche Lichteinfallrichtungen auf die Eintrittspupillenfläche EPF realisieren kann. Das Lichtfeld kann z.B. von Parametern des Brillenglases 100 (wie z.B. Lage des Zentrierpunkts, Vorneigung, Fassungsscheibenwinkel, Hornhaut-Scheitel-Abstand, Basis­kurve und/oder Refraktion) und/oder der Lage des Augendrehpunkts AD und/oder einem als Funktion des Durchblickspunkts variierenden erwarteten Pupillendurchmesser abhängen.

Alternativ kann z.B. bei einem festen Abstand der optischen Drehachsen des Auges das Belichtungsmittel bzw. ein vom Belichtungsmittel erzeugtes Lichtobjekt als Hologramm ausgeführt sein, welches günstiger hergestellt werden kann als eine Lichtfeld­anzeige. Es können unterschiedliche Hologramme für unterschiedliche Winkel γ^{max} verwendet werden. Die Position des Hologramms kann entsprechend der Lage des Augendrehpunkts AD eingestellt werden.

Die **Figur 2** zeigt eine schematische Skizze von Zerstreuungsscheibchen für verschiedene Exzentrizitäten und verschiedene Belichtungserscheinungswinkel, welche zur Erläuterung des im Rahmen dieser Beschreibung verwendeten Freisichtzonenwinkels ϵ dient. Insbesondere ist in Figur 2 der Eindruck eines Brillenträgers veranschaulicht, den ein streuender Teil einer einzeln für sich betrachteten Mikrostruktur bei

unterschiedlichen Exzentrizitäten (dargestellt in den „Zeilen“ der Figur 2) und verschiedenen Belichtungserscheinungswinkeln $\delta_i = 2\gamma_i$ (dargestellt in den „Spalten“ A bis D der Figur 2) erzeugt. Dabei gilt für die Spalte A: $\gamma_i < \frac{1}{2}\alpha_i$, die Spalte B: $\frac{1}{2}\alpha_i < \gamma_i < \alpha_i$, die Spalte C: $\gamma_i > \alpha_i$, und für die Spalte D: $\gamma_i > \alpha_i + \epsilon$. Das in Figur 2 dargestellte Kreuz kennzeichnet jeweils die Richtung der Fixationslinie und damit die Blickrichtung. Die Mikrostruktur liegt jeweils in Richtung des Zentrums des Zerstreuungsscheibchens (große Kreise). Ist der Kreis gestrichelt, so wird der streuende Teil der Mikrostruktur komplett von deren absorbierenden Teil abgeschattet und das Zerstreuungsscheibchen ist nicht erkennbar. Erst bei zunehmender Exzentrizität (in der Figur 2 von oben nach unten) wird das Zerstreuungsscheibchen erkennbar (schraffierte Kreise mit durchgezogenem Rand), wobei umso mehr Licht ins Auge fällt, je dunkler die Schraffur in der Skizze ist. In der Spalte D gibt es einen Bereich der Größe ϵ um die Blickrichtung (punktierte kleine Kreise), der aufgrund der Abschattung des streuenden Teils der Mikrostruktur nicht von dessen Zerstreuungsscheibchen überdeckt werden kann. Mit Hilfe des Freisichtzonenwinkels ϵ kann somit eine um die Blicklinie zentrierte Zone freier Sicht gewählt bzw. festgelegt werden. Insbesondere kann für jede Blickrichtung i ein zugehöriger Freisichtzonenwinkel ϵ_i gewählt bzw. festgelegt werden. Vorzugsweise gilt für den in der Figur 1 gezeigten Zusatzabschattungswinkel β_i : $\beta_i = \alpha_i + \epsilon_i$.

Die **Figuren 3a bis 3e** zeigen schematische Darstellungen zum Bereitstellen eines Brillenglases 100 mit einer Vielzahl von Mikropartikeln 130 und einer fotoreaktiven Schicht 110 gemäß bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung. Insbesondere zeigen die Figuren 3a bis 3e ein Auf- und/oder Einbringen von Mikropartikeln 130 bzw. Absorbern A sowie ein Aufbringen der fotoaushärtbaren Schicht 110.

Gemäß **Figur 3a** wird ausgehend von einem konventionellen Brillenglasrohling zunächst die benötigte refraktive Wirkung durch Bearbeitung zumindest einer der Flächen erzeugt (Schritt S1). In einem weiteren Schritt werden die Mikropartikel bzw. Absorber 130 in einer die Vorderfläche des Brillenglases 100 bedeckenden Schicht aufgebracht und ggf. ausgehärtet (Schritt S2), bzw. es werden Absorber 130 auf die Vorderfläche des Brillenglases 100 aufgebracht und fixiert. In einem weiteren Schritt (Schritt S3) wird die fotoaushärtbare Schicht 110 aufgebracht.

Gemäß **Figur 3b** wird ausgehend von einem Brillenglasrohling, welcher die Mikropartikel bzw. Absorber 130 in der Nähe der Vorderfläche 7 des Brillenglases 100 enthält, zunächst die benötigte refraktive Wirkung durch Bearbeitung der Fläche erzeugt, die
5 weiter von den Absorbern entfernt ist (Schritt 1). In einem weiteren Schritt (Schritt 3) wird die fotoaushärtbare Schicht 110 aufgebracht.

Gemäß **Figur 3c** wird ausgehend von einem konventionellen Brillenglasrohling zunächst die benötigte refraktive Wirkung durch Bearbeitung zumindest einer der Flächen erzeugt (Schritt 1). In einem weiteren Schritt werden die Mikropartikel bzw. Ab-
10 sorber 130 in der fotoaushärtbaren Schicht 110 auf die Vorderfläche 7 des bearbeiteten Brillenglases aufgebracht (Schritte S2 und S3).

Das Verfahren gemäß **Figur 3d** basiert auf dem Verfahren gemäß Figur 3c, wobei
15 magnetische und/oder magnetisierbare Mikropartikel bzw. Absorber 130 verwendet werden, mit einem zusätzlichen Schritt S4, in dem die magnetisierbaren Absorber in einem inhomogenen Magnetfeld an die Grenzfläche zwischen dem bearbeiteten Brillenglas 100 und der fotoaushärtbaren Schicht 110 gezogen werden.

20 Gemäß **Figur 3e** wird ausgehend von einem Brillenglasrohling, welcher die Mikropartikel bzw. Absorber 130 im gesamten Inneren enthält, zunächst die benötigte refraktive Wirkung durch Bearbeitung zumindest einer Fläche erzeugt (Schritt S1). In einem weiteren Schritt (Schritt S3) wird die fotoaushärtbare Schicht 110 aufgebracht.

25 Die **Figuren 4a bis 4c** zeigen schematische Darstellungen zum Belichten einer fotoreaktiven Schicht 110 eines Brillenglases 100 gemäß bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung. Insbesondere zeigen die Figuren 4a bis 4c schematische Darstellungen zum Aushärten einer fotoaushärtbaren Schicht 110.

30 Gemäß **Figur 4a** wird das bearbeitete Brillenglas 100, welches eine Vielzahl von Mikropartikeln 130 (z.B. Absorber) und die fotoreaktive Schicht 110 (z.B. fotoaushärtbare Schicht AS) enthält, wird mit dem Belichtungsmittel BM belichtet, so dass durch

Schattenwurf der Mikropartikel 130 die gewünschten Mikrostrukturen 150 in der foto-reaktiven Schicht 110 entstehen. Wie durch die Pfeile angedeutet, ist das Belichtungs-mittel BM verschiebbar. Die verbleibenden nicht ausgehärteten Reste der fotoaushärt-baren Schicht AS werden anschließend wieder entfernt.

5

Gemäß **Figur 4b** wird das bearbeitete Brillenglas 100, welches eine Vielzahl von Mikropartikeln 130 (z.B. Absorber) und die fotoreaktive Schicht 110 (z.B. fotoaushärtbare Schicht AS) enthält, zusätzlich zur Belichtung mit dem verschiebbaren Belichtungsmit-tel BM auch von der anderen Seite durch eine Maske MA belichtet. Diese Maske MA
10 wird über eine weitere Lichtquelle LI, einen Diffusor DI, eine Blende BL und eine ent-sprechende Beleuchtungsoptik aus Kondensor KO beleuchtet und mit Hilfe eines Ob-jektivs OB auf die fotoreaktive Schicht 110 bzw. fotoaushärtbare Schicht AS abgebildet. Dadurch werden durch die Maske MA vorgegebene Bereiche 160 der fotoaushärtba-ren Schicht AS belichtet. Insbesondere werden Teile der fotoaushärtbaren Schicht AS
15 belichtet und/oder gehärtet, welche ohne die zusätzliche Belichtungsvorrichtung durch den Schattenwurf der Absorber 130 nicht belichtet worden wären. Beide Belichtungs-vorgänge können unabhängig, d.h. gleichzeitig oder in einer beliebigen Reihenfolge stattfinden. Es bilden sich nur dort Mikrostrukturen 150, wo sowohl Schattenwurf durch die Absorber 130, welche als eine erste Maske fungieren, als auch durch die zweite
20 Maske MA entsteht. Die verbleibenden nicht ausgehärteten Reste der fotoaushärtba-ren Schicht AS werden anschließend wieder entfernt. Sollte danach noch nicht ausge-härtetes Material vorhanden sein, kann es in einem weiteren Belichtungsschritt ohne Maske gehärtet werden.

25 Gemäß **Figur 4c** wird die Dicke der auf dem bearbeiteten Brillenglas 100 aufgebrach-ten fotoaushärtbaren Schicht AS mit Hilfe einer Gießform GF oder eines Stempels ST kontrolliert. Dadurch werden abhängig von der Position auf dem Brillenglas 100 die Größen der beim Belichten durch das verschiebbare Belichtungsmittel BM erzeugten Mikrostrukturen 150 kontrolliert, insbesondere die Länge der durch die Absorber 130
30 abgeschatteten Bereiche der fotoaushärtbaren Schicht AS. Die verbleibenden nicht ausgehärteten Reste der fotoaushärtbaren Schicht AS werden anschließend wieder entfernt.

Die **Figuren 5a bis 5c** zeigen schematische Zeichnung von Brillengläsern aus den Figuren 4a bis 4c nach einem Aufbringen einer zusätzlichen Schutzschicht 180. Bei dem Brillenglas 100 in Figur 5a sind die Mikrostrukturen 150 gleichmäßig über die fotoreaktive Schicht 110 verteilt. Beim Brillenglas 100 in den Figuren 5b und 5c wurde die Bildung von Mikrostrukturen 150 durch Belichtung durch eine Maske (Figur 5b) bzw. mit Hilfe einer strukturierten Gießform und/oder eines Stempels (Figur 5c) zum Teil verhindert.

Die **Figur 6** zeigt eine schematische Darstellung eines Brillenglases 100 gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung. Das Brillenglas 100 weist eine Vorderfläche 7, eine Rückfläche 8, eine Vielzahl von Durchblickspunkten (in der Figur 6 nicht explizit dargestellt) und einen Wirkungsbereich 10 auf. Der Wirkungsbereich 10 ist derart beschaffen, dass für jeden Durchblickspunkt auf der Brillenglasrückfläche 8 innerhalb des Wirkungsbereichs 10 eine Abbildungsqualität des Brillenglases 100 in einer Strahlrichtung eines zum jeweiligen Durchblickspunkt gehörigen Primärstrahls 13 maximal ist. Mit anderen Worten ist der Wirkungsbereich 10 derart beschaffen, dass für jeden Durchblickspunkt im Wirkungsbereich 10 zumindest ein zugehöriger Primärstrahl 13 existiert, für den eine Abbildungsqualität des Brillenglases 100 ein Maximum aufweist. Die Primärstrahlen 13 sind dadurch charakterisiert, dass sie sich jeweils für alle Durchblickspunkte in einem (spezifizierten) augenseitigen Primärstrahlschnittpunkt 30 im Wesentlichen schneiden. Mit anderen Worten sind die Primärstrahlen 13 dadurch charakterisiert, dass sie jeweils für alle Durchblickspunkte durch eine gemeinsame virtuelle Schnittkugel 35 verlaufen. Dabei weist die virtuelle Schnittkugel 35 den Primärstrahlschnittpunkt 30 als Mittelpunkt sowie einen vorbestimmten Durchmesser auf. Die Primärstrahlen 13 entsprechen insbesondere den Hauptstrahlen HSz von zum zentralen Sehen genutzten Lichtbündeln. Der Primärstrahlschnittpunkt 30 kann z.B. mit Hilfe eines parametrisierten Modells vorbestimmt sein oder ermittelt werden. Insbesondere entspricht der Primärstrahlschnittpunkt 30 einem optischen Augendrehpunkt in einer Gebrauchsstellung des Brillenglases 100. Im Wirkungsbereich 10 weist das Brillenglas 100 eine Vielzahl von optisch wirksamen Elementen 20 auf, wobei jedes optisch wirksame Element 20 ein Paar aus einem Mikropartikel 130 (in Figur 6

nicht explizit gezeigt) und einer zu dem Mikropartikel 130 korrespondierenden Mikrostruktur 150 (in Figur 6 nicht explizit gezeigt) umfasst. Die optisch wirksamen Elemente 20 weisen jeweils eine sich mit der Position im Brillenglas 100 ändernde Achse Ax bzw. Achsausrichtung auf. Die Achse Ax eines jeden der optisch wirksamen Elemente 20 ist im Wesentlichen parallel zu den jeweiligen Primärstrahlen 13 bzw. Hauptstrahlen HSz von zum zentralen Sehen genutzten Lichtbündeln. Im Falle von im Allgemeinen geknickten Primär- bzw. Hauptstrahlen HSz von zum zentralen Sehen genutzten Lichtbündeln ist die Achse Ax eines jeden der optisch wirksamen Elemente 20 insbesondere im Wesentlichen parallel zu zumindest einem Abschnitt der jeweiligen Primärstrahlen bzw. Hauptstrahlen HSz von zum zentralen Sehen genutzten Lichtbündeln). Die Primärstrahlen bzw. Hauptstrahlen Hsz schneiden sich näherungsweise im Primärstrahlschnittpunkt 30.

Die optisch wirksamen Bestandteile 20 des Brillenglases 100 verschlechtern für das zentrale Sehen die Bild- bzw. Abbildungsqualität des Brillenglases 100 weniger stark als für das periphere Sehen. Ein optisch wirksamer Bestandteil 20 weist dabei eine zur optischen Funktion des Brillenglases 100 beitragende zusätzliche richtungsabhängige optische Funktion (insbesondere genau eine z.B. über eine gewöhnliche Gebrauchsoptimierung hinausgehende richtungsabhängige optische Funktion) auf, welche zumindest von der Richtung einer Achse Ax des optisch wirksamen Bestandteils 20 abhängt. Die Richtung der Achse Ax des optisch wirksamen Bestandteils hängt dabei derart von einer lateralen Position im Brillenglas 100 ab, dass — unabhängig von der Augenstellung eines durch das Brillenglas 100 blickenden Auges eines Trägers des Brillenglases 100 — die Einfallsrichtung eines an der besagten Position auf den optisch wirksamen Bestandteil 20 auftreffenden Hauptstrahls eines sowohl durch die Pupille des Auges tretenden als auch mittig auf den bevorzugten Fixationslocus der Retina (typischerweise eine sich individuell unterscheidende Position in der Foveola, und oft deren Zentrum) auftreffenden Lichtstrahlenbündels (bzw. äquivalent dazu einer Lichtwellenfront) möglichst parallel zur Richtung der Achse Ax des optisch wirksamen Bestandteils an der besagten Position des Brillenglases 100 ist. Ein solches Lichtstrahlenbündel entspricht dem zum zentralen Sehen genutzten Licht.

Die Richtungsabhängigkeit der optischen Funktion eines Partikels bzw. optisch wirksamen Bestandteils 20 ist dabei zumindest eine Funktion des Winkels zwischen der Propagationsrichtung des an einer gegebenen Position des Brillenglases 100 auf den optisch wirksamen Bestandteil 20 auftreffenden Lichts und der Richtung der Achse Ax

5 des optisch wirksamen Bestandteils an dieser Position. Bei kleinen Winkeln ist der Beitrag der richtungsabhängigen optischen Funktion zur optischen Funktion des Brillenglases vorzugsweise derart ausgestaltet, dass die optische Funktion des Brillenglases 100 eine gute Abbildungsqualität ermöglicht, und diese sich bei steigenden Winkeln verschlechtert. Dabei ist es von Vorteil, wenn die richtungsabhängige optische

10 Funktion sich bei kleinen Winkeln bis zu einer vorgegebenen Schwelle (z.B. 5° , 10° , 15° , 20°) nicht nennenswert ändert und sich oberhalb dieser Schwelle kontinuierlich einem vorbestimmten Wert nähert. Dies ermöglicht eine gleichbleibende Bildqualität in einem gewissen Sehwinkelbereich um die Richtung, die dem schärfsten Sehen entspricht, sowie sich allmählich verschlechternden Abbildungseigenschaften beim peripheren Sehen, was als angenehmer als eine abrupte Änderung der Bildqualität empfunden wird.

15

Die **Figur 7** zeigt eine schematische Darstellung eines Brillenglases 100 gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung. Das Brillenglas 100 weist geeignet segmentierte Oberflächen SO innerhalb des Brillenglases 100 auf, welche bei

20 einer beliebigen Blickrichtung (bzw. unabhängig von einer Blickrichtung) senkrecht auf den Primärstrahlen 13 bzw. den Hauptstrahlen der Lichtstrahlenbündel des zentralen Sehens HSz stehen. Sekundärstrahlen 15 bzw. Hauptstrahlen der Lichtbündel des peripheren Sehens HSp treffen unabhängig von der Blickrichtung nicht senkrecht auf die

25 Oberflächen OS auf. Dabei schließen Hauptstrahlen umso größere Winkel mit der Flächennormalen ein, je stärker sie von der aktuellen Blickrichtung abweichen. Dabei werden als Hauptstrahlen diejenigen Lichtstrahlen eines Lichtstrahlenbündels bezeichnet, die im Zentrum der Eintrittspupille 40 auftreffen. Näherungsweise schneiden sich die Primärstrahlen 13 bzw. die Hauptstrahlen des zentralen Sehens HSz im Primärstrahl-

30 schnittpunkt 30, welcher insbesondere dem optischen Augendrehpunkt entspricht.

Die **Figur 8a** zeigt eine schematische Darstellung eines Schnittes durch ein Brillenglas 100 gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung bei einer augenseitigen Blickauslenkung von 0° , wobei die Schnittebene einen Augendrehpunkt und die Pupillenmitte enthält. Zur Veranschaulichung der Verläufe von Primärstrahlen 13 bzw. Hauptstrahlen des zentralen Sehens HSz und Sekundärstrahlen 15 bzw. Hauptstrahlen des peripheren Sehens HSp sind auf der linken Seite der Figur 8a ein vergrößerter Brillenglasausschnitt 1 an einem beispielhaften ersten Durchblickspunkt im Wirkungsbereich 10 des Brillenglases 100 und ein vergrößerter Brillenglasausschnitt 2 an einem beispielhaften zweiten Durchblickspunkt im Wirkungsbereich 10 des Brillenglases 100 dargestellt.

Die **Figur 8b** zeigt eine schematische Darstellung des Brillenglases 100 von Figur 8a bei einer augenseitigen Blickauslenkung von 16.5° . Zur Veranschaulichung der Verläufe von Primärstrahlen 13 bzw. Hauptstrahlen des zentralen Sehens HSz und Sekundärstrahlen 15 bzw. Hauptstrahlen des peripheren Sehens HSp sind auf der linken Seite der Figur 8b wiederum ein vergrößerter Brillenglasausschnitt 1 an dem beispielhaften ersten Durchblickspunkt im Wirkungsbereich 10 des Brillenglases 100 und ein vergrößerter Brillenglasausschnitt 2 an dem beispielhaften zweiten Durchblickspunkt im Wirkungsbereich 10 des Brillenglases 100 dargestellt.

Bei der anhand der Eintrittspupille 40 erkennbaren Blickauslenkung von 0° (siehe Figur 8a) liegt der erste Durchblickspunkt in Blickrichtung bzw. auf der Fixierlinie, während bei der anhand der Eintrittspupille 40 erkennbaren Blickauslenkung von 16.5° (siehe Figur 8b) der zweite Durchblickspunkt in Blickrichtung bzw. auf der Fixierlinie liegt. Anhand der Figuren 8a und 8b ist insbesondere erkennbar, dass die segmentierten Oberflächen SO des Brillenglases 100 und somit auch die optisch wirksamen Elemente 20 (d.h. ein Paar aus Mikropartikel 130 und Mikrostruktur 150) des Brillenglases 100 jeweils derart angeordnet sind, dass sämtliche Primärstrahlen 13 bzw. sämtliche Hauptstrahlen HSz des zentralen Sehens senkrecht auf die segmentierten Oberflächen SO des Brillenglases 100 auftreffen und somit im Wesentlichen parallel zu den Achsen der dazugehörigen optisch wirksamen Elemente 20 verlaufen. Die Sekundärstrahlen 15 bzw. die Hauptstrahlen HSp des peripheren Sehens dagegen, welche sich

im Unterschied zu den Primärstrahlen 15 bzw. den Hauptstrahlen HSz des zentralen Sehens nicht im Wesentlichen im Primärstrahlschnittpunkt 30 bzw. optischen Augendrehpunkt schneiden (bzw. welche nicht durch die virtuelle Schnittkugel 35 mit dem Primärstrahlschnittpunkt 30 bzw. optischen Augendrehpunkt als Mittelpunkt verlaufen),
5 treffen nicht senkrecht auf die segmentierten Oberflächen SO des Brillenglases 100 auf und verlaufen somit nicht parallel zu den Achsen der dazugehörigen optisch wirksamen Elemente. Dies wird insbesondere bei einer Blickauslenkung von 0° (siehe Figur 8a) für den Brillenglasausschnitt 2 und bei einer Blickauslenkung von 16.5° (siehe Figur 8b) für den Brillenglasausschnitt 1 deutlich. Auf diese Weise kann erreicht werden,
10 dass das Brillenglases 100 unabhängig von der Blickrichtung eine bessere zentrale und eine schlechtere periphere Abbildungsqualität aufweist, was erwünscht ist, um eine Myopieprogression zu hemmen.

Die **Figur 9** zeigt für ein Brillenglas, welches mit Hilfe des hierin beschriebenen Verfahrens hergestellt werden kann, die Abhängigkeit des Winkels zwischen zentralen und peripheren Hauptstrahlen von der Position im Brillenglas 100 bei einer Blickrichtung von 0° und einer Blickrichtung von $16,5^\circ$. Dabei zeigt sich in Übereinstimmung mit den Figuren 8a und 8b jeweils ein minimaler Winkel an denjenigen Positionen bzw. Durchblickspunkten des Brillenglases 100, welche von der jeweiligen Blickrichtung
20 bzw. Fixierlinie geschnitten werden. Der in den Figuren 8a und 8b durch den Brillenglasausschnitt 1 dargestellte Durchblickspunkt liegt im Brillenglas bei der Position 0, während der durch den Brillenglasausschnitt 2 dargestellte Durchblickspunkt im Brillenglas in etwa bei der Position -8,5 mm liegt.

25 Insbesondere schlägt die vorliegende Erfindung vor, ein fotolithografisches Verfahren bei einem herkömmlichen Brillenglas zu verwenden, welches bereits eine für den künftigen Brillenträger vorgesehene Refraktion aufweist, um Schichten mit optisch anisotropen Absorptions- und/oder Streueigenschaften auf Brillengläsern herzustellen. Insbesondere weist das somit hergestellte Brillenglas optisch anisotrope Schichten zur
30 Hemmung der Myopieprogression auf. Ferner schlägt die Erfindung insbesondere vor, Elemente mit optisch anisotroper Wirkung auf Brillengläsern durch Mikrostrukturierung der Schichten mit anisotropen Absorptions- und/oder Streueigenschaften herzustellen.

Im Rahmen der vorliegenden Beschreibung wird insbesondere ein Herstellungsverfahren für ein Brillenglas vorgeschlagen, bei dem optisch anisotrope Eigenschaften des Brillenglases ohne sequenzielle Bearbeitung von einzelnen anisotropen Streuern bzw. Absorbern wie z.B. durch Mikrobohren, Laserablation oder ähnlichem erzeugt werden.

5

Das hierin beschriebene Verfahren ist deshalb besonders einfach, weil es auf Fotolithografie in Verbindung mit einer speziellen, im Brillenglas verbleibenden Maske beruht, welche aus Mikropartikeln besteht. Auf diese Weise lassen sich sehr viele anisotrope Streuer bzw. Absorber gleichzeitig erzeugen.

10

Bezugszeichenliste

	1	Brillenglasausschnitt an einem ersten Durchblickspunkt im Wirkungsbereich
	2	Brillenglasausschnitt an einem zweiten Durchblickspunkt im Wirkungsbereich
15	7	Brillenglasvorderfläche
	8	Brillenglasrückfläche
	10	Wirkungsbereich
	13	Primärstrahl
	15	Sekundärstrahl
20	20	Mikropartikel (optisch wirksames Element)
	30	Primärstrahlschnittpunkt (Primärstrahlschnittbereich)
	35	Virtuelle Schnittkugel
	40	Eintrittspupille
	100	Brillenglas
25	110	fotoreaktive Schicht
	130	Mikropartikel
	150	Mikrostruktur
	160	mit einer zusätzlichen Fotomaske MA belichtete Bereiche
	180	Schutzschicht
30	A	Absorber (lichtabsorbierendes Element)
	AD	Augendrehpunkt (Fixierlinienkonvergenzbereich)
	AS	fotoaushärtbare Schicht

	Ax	Achse
	BL	Blende
	BM	Belichtungsmittel
	DI	Diffusor
5	EPF	Eintrittspupillenfläche
	EP _i	Eintrittspupille für einen Blick in Richtung des Durchblickspunktes <i>i</i>
	EP _j	Eintrittspupille für einen Blick in Richtung des Durchblickspunktes <i>j</i>
	FL1	erste Fläche (Rückfläche)
	FL2	zweite Fläche (Vorderfläche)
10	FL3	dritte Fläche
	FL4	vierte Fläche
	GF	Gießform
	HSz	Hauptstrahlen von zum zentralen Sehen genutzten Lichtbündel
	HSp	Hauptstrahlen von zum peripheren Sehen genutzten Lichtbündel
15	<i>i, j</i>	Durchblickspunkte
	KO	Kondensor
	LI	Lichtquelle
	MA	Fotomaske
	OB	Objektiv
20	S	Schatten, Streuer
	SO	segmentierte Oberfläche
	ST	Stempel
	α_i	Eintrittspupillenerscheinungswinkel für den Durchblickspunkt <i>i</i> (Winkel, unter dem die Eintrittspupille am Durchblickspunkt <i>i</i> erscheint)
25	α_j	Eintrittspupillenerscheinungswinkel für den Durchblickspunkt <i>j</i> (Winkel, unter dem die Eintrittspupille am Durchblickspunkt <i>j</i> erscheint)
	β_i	Zusatzabschattungswinkel für den Durchblickspunkt <i>i</i>
	β_j	Zusatzabschattungswinkel für den Durchblickspunkt <i>j</i>
	γ_i	maximaler Winkel für den Durchblickspunkt <i>i</i>
30	γ_j	maximaler Winkel für den Durchblickspunkt <i>j</i>

δ_i Belichtungserscheinungswinkel für den Durchblickspunkt i (Summe aus α_i und β_i)

δ_j Belichtungserscheinungswinkel für den Durchblickspunkt j (Summe aus α_j und β_j)

5 ϵ_i Freisichtzonenwinkel für den Durchblickspunkt i

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Brillenglases (100) zur Myopiekontrolle für ein Auge eines Brillenträgers, umfassend die Schritte:
 - Bereitstellen eines zu bearbeitenden Brillenglases mit einer Vielzahl von Mikropartikeln (130) und einer Bearbeitungsschicht, welche an die Vielzahl von Mikropartikeln (130) angrenzt oder die Vielzahl von Mikropartikeln (130) aufweist, wobei die Bearbeitungsschicht zumindest eine fotoreaktive Schicht (110) umfasst; und
 - Erzeugen von Mikrostrukturen (150) in der fotoreaktiven Schicht (110) durch ein Belichten der fotoreaktiven Schicht (110) mit einem Belichtungsmittel (BM), wobei zumindest einige der Vielzahl von Mikropartikeln (130) als Fotomaske für das Belichten fungieren.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei
 - die Mikropartikel (130) lichtabsorbierend und/oder lichtreflektierend und/oder lichtstreuend sind, und wobei insbesondere
 - die Mikropartikel (130) lichtabsorbierend und die erzeugten Mikrostrukturen (150) lichtstreuend sind.
3. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei zum Belichten der fotoreaktiven Schicht (110) Lichtstrahlen erzeugt werden, die derart auf die Mikropartikel (130) einfallen, dass die Mikropartikel (130) zylinderförmige, kegelförmige oder kegelschaltförmige Abschattungen der Lichtstrahlen in der fotoreaktiven Schicht (110) bewirken.
4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei das Brillenglas (100) für eine bestimmte Gebrauchsstellung relativ zu einem Augendrehpunkt (AD) des Auges des Brillenträgers hergestellt wird, und wobei sich ein Zentrum des Belichtungsmittels (BM) und/oder ein Zentrum eines vom Belichtungsmittel (BM) erzeugten Lichtobjekts und/oder ein vom Belichtungsmittel erzeugtes Lichtfeldzentrum an einem Punkt relativ zum Brillenglas (100)

befindet bzw. befinden, welcher in der Gebrauchsstellung des Brillenglases (100) dem Augendrehpunkt (AD) entspricht.

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,

5 wobei zum Belichten der fotoreaktiven Schicht (110) das Belichtungsmittel (BM) derart ausgelegt und/oder angeordnet wird, dass für jeden Durchblickspunkt i einer Vielzahl von Durchblickspunkten des Brillenglases (100) das Belichtungsmittel (BM) und/oder ein vom Belichtungsmittel (BM) erzeugtes Lichtobjekt am jeweiligen Durchblickspunkt i unter einem Belichtungserscheinungswinkel δ_i erscheint, welcher im Bereich von 5° bis 70° , mehr bevorzugt im Bereich von 10° bis 65° , noch mehr bevorzugt im Bereich von 15° bis 60° , und am meisten bevorzugt im Bereich von 20° bis 50° liegt.

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,

15 wobei zum Belichten der fotoreaktiven Schicht (110) das Belichtungsmittel (BM) derart ausgelegt und/oder angeordnet wird, dass für jeden Durchblickspunkt i einer Vielzahl von Durchblickspunkten des Brillenglases (100) das Belichtungsmittel (BM) und/oder ein vom Belichtungsmittel (BM) erzeugtes Lichtobjekt am jeweiligen Durchblickspunkt i unter einem Belichtungserscheinungswinkel δ_i erscheint, welcher größer ist als ein für den Durchblickspunkt i ermittelter und/oder vorgegebener Eintrittspupillenerscheinungswinkel α_i , wobei der Eintrittspupillenerscheinungswinkel α_i einen Winkel bezeichnet, unter dem eine Eintrittspupille des Auges des Brillenträgers am Durchblickspunkt i erscheint.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, wobei der jeweilige Belichtungserscheinungswinkel δ_i in Abhängigkeit von einem oder mehreren der folgenden Parameter vorgegeben wird:

- einem Durchmesser $d_{pup,i}$ der Eintrittspupille des Brillenträgers bei einer zu dem Durchblickspunkt i zugehörigen Blickrichtung; und
 - einer größten Krümmung $\Delta S_{pup,i}^{max}$ einer gedachten Lichtwellenfront, welche
- 30 durch eine gedachte Punktlichtquelle in einem dem Auge am nächsten liegenden Punkt einer Mikrostruktur (150) an dem Durchblickspunkt i erzeugt wurde und bis zur Eintrittspupille durch das Brillenglas (100) propagiert und gebrochen wurde;
und/oder

wobei der jeweilige Belichtungserscheinungswinkel δ_i als eine Summe des doppelten Eintrittspupillenerscheinungswinkels α_i und eines Zusatzabschattungswinkels β_i vorgegeben wird, wobei der Zusatzabschattungswinkel β_i insbesondere von individuellen Parametern des Auges des Brillenträgers abhängt und vorzugsweise einen Wert zwischen 0.5° und 20° aufweist.

8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Belichtungsmittel (BM) eine diffus leuchtende Kugel oder eine diffus leuchtende Kugelschale mit einem variablen Radius umfasst.

9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei eine Dicke der fotoreaktiven Schicht (110) und eine Größe der Mikropartikel (130) derart im Verhältnis zueinander gewählt werden, dass von den Mikropartikeln (130) bei der Belichtung geworfene Schatten (S) eine außenliegende Oberfläche der fotoreaktiven Schicht (110) erreichen.

10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Belichten der fotoreaktiven Schicht (110) mit sichtbarem Licht erfolgt.

11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, ferner umfassend den Schritt:

- Strukturieren der fotoreaktiven Schicht (110),

wobei das Strukturieren insbesondere ein Belichten der fotoreaktiven Schicht (110) mit Hilfe einer weiteren Fotomaske (MA) und/oder ein Belichten der fotoreaktiven Schicht (110) mit einem Interferenzmuster umfasst, wobei das Belichten der fotoreaktiven Schicht (110) mit Hilfe der weiteren Fotomaske (MA) und/oder dem Interferenzmuster vorzugsweise von einer der Vorderfläche (7) des Brillenglases (100) zugewandten Seite erfolgt.

12. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die fotoreaktive Schicht (110) mit Hilfe einer Gießform (GF) und/oder mit Hilfe zumindest eines Stempels (ST) derart auf das Brillenglas (100) aufgebracht wird, dass die fotoreaktive Schicht (110) eine variierende Dicke aufweist.

13. Brillenglas (100) mit einem derartigen Wirkungsbereich (10), dass für jeden Durchblickspunkt auf einer Brillenglasrückfläche (8) innerhalb des Wirkungsbereichs (10) eine

- Abbildungsqualität des Brillenglases (100) in einer Strahlrichtung eines zum jeweiligen Durchblickspunkt gehörigen Primärstrahls (13) maximal ist und sich die Primärstrahlen (13) aller Durchblickspunkte im Wirkungsbereich (10) im Wesentlichen in einem gemeinsamen augenseitigen Primärstrahlschnittpunkt (30) schneiden, wobei das Brillenglas (100) im Wirkungsbereich (10) eine Vielzahl von lichtabsorbierenden Mikropartikeln (130) und eine Vielzahl von zu den lichtabsorbierenden Mikropartikeln (130) korrespondierenden lichtstreuenden Mikrostrukturen (150) aufweist, wobei für jedes Paar aus einem lichtabsorbierenden Mikropartikel (130) und einer zu diesem lichtabsorbierenden Mikropartikel (130) korrespondierenden lichtstreuenden Mikrostruktur (150) gilt, dass sowohl der lichtabsorbierende Mikropartikel (130) des Paares als auch die korrespondierende lichtstreuende Mikrostruktur (150) des Paares entlang einer Richtung zumindest eines und desselben Primärstrahls (13) angeordnet sind, und wobei die Vielzahl von Mikrostrukturen (150) durch einen Fotolack ausgebildet ist.
14. Brillenglas (100) nach Anspruch 13, wobei für jedes Paar aus einem lichtabsorbierenden Mikropartikel (130) und einer zu diesem lichtabsorbierenden Mikropartikel (130) korrespondierenden lichtstreuenden Mikrostruktur (150) gilt, dass die korrespondierende Mikrostruktur (150) des Paares näher an einer Vorderfläche (7) des Brillenglases (100) angeordnet ist als der lichtabsorbierende Mikropartikel (130) des Paares.
15. Brillenglas (100) nach Anspruch 13 oder 14, wobei für jedes Paar aus einem lichtabsorbierenden Mikropartikel (130) und einer zu diesem lichtabsorbierenden Mikropartikel (130) korrespondierenden lichtstreuenden Mikrostruktur (150) gilt, dass Licht, das von der korrespondierenden lichtstreuenden Mikrostruktur (150) des Paares in eine Strahlrichtung des jeweils im Bereich der entsprechenden korrespondierenden lichtstreuenden Mikrostruktur (150) des Paares verlaufenden Primärstrahls (13) ausgeht, vom lichtabsorbierenden Mikropartikel (130) des Paares zumindest teilweise absorbiert wird.

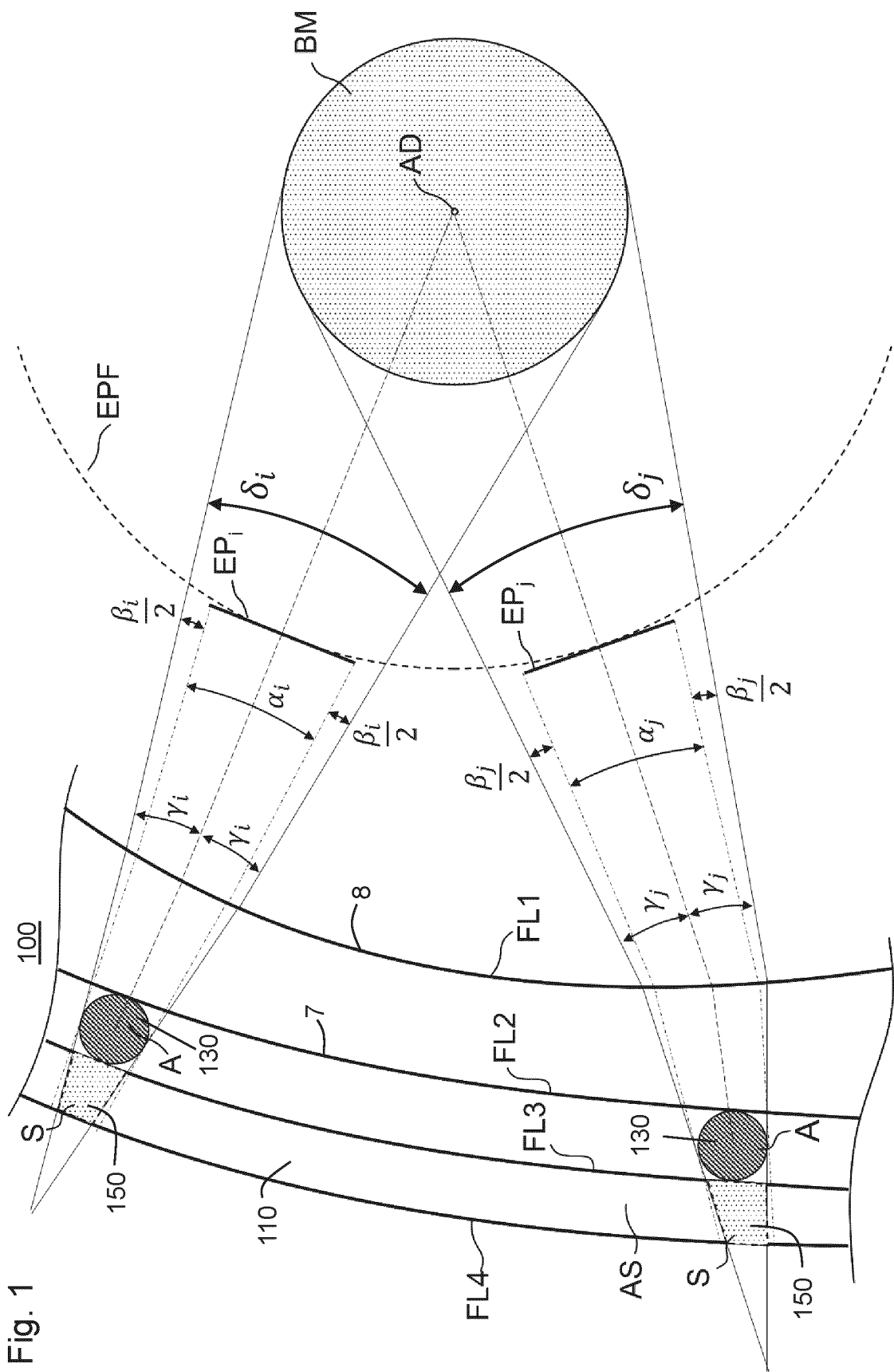


Fig. 1

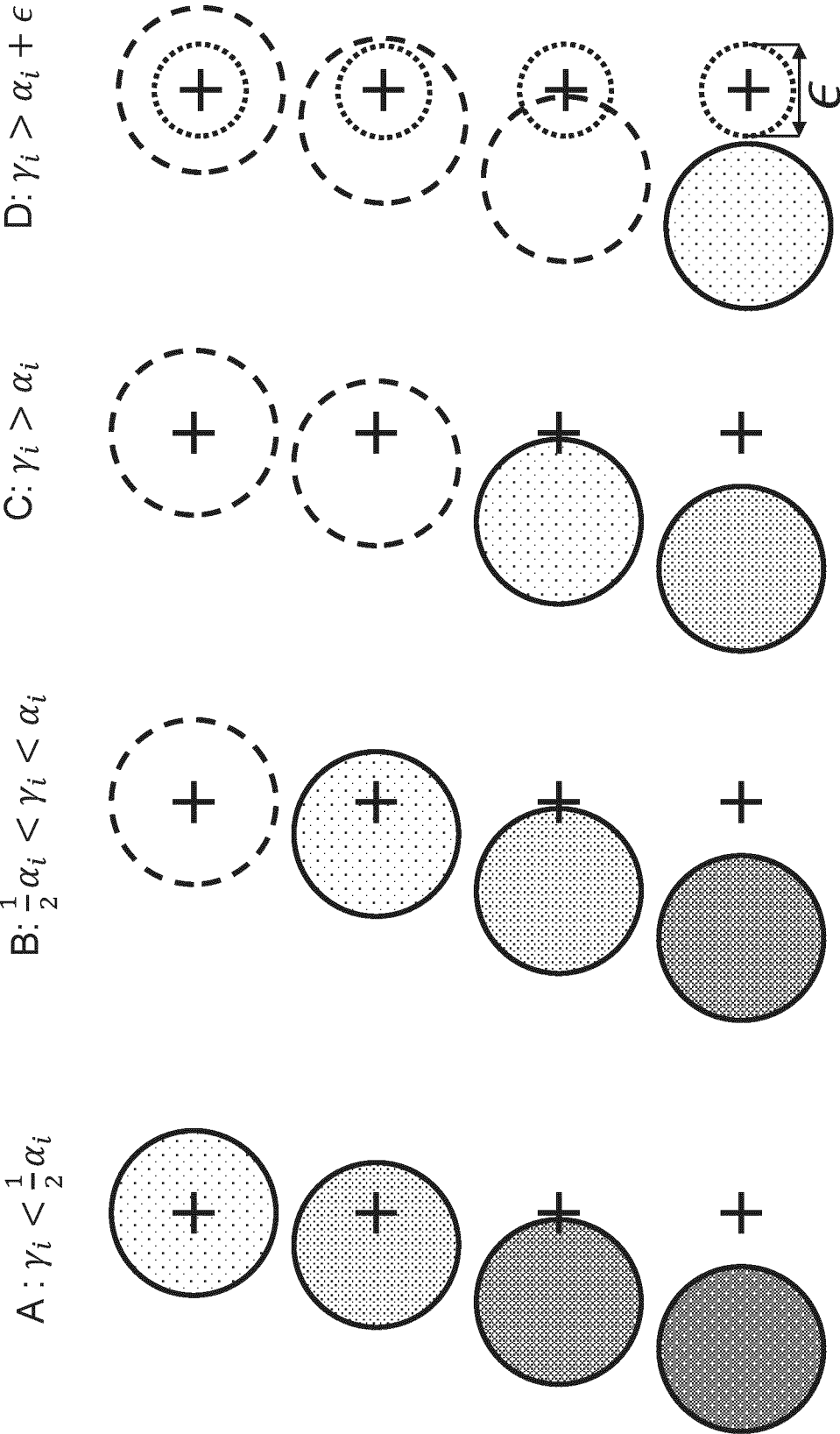


Fig. 3c

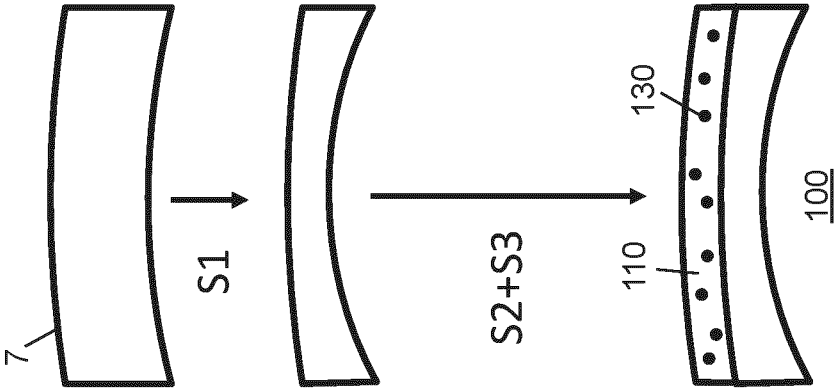


Fig. 3b

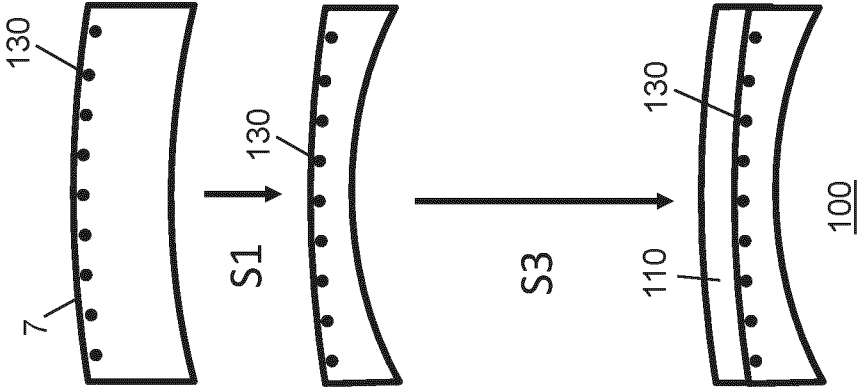
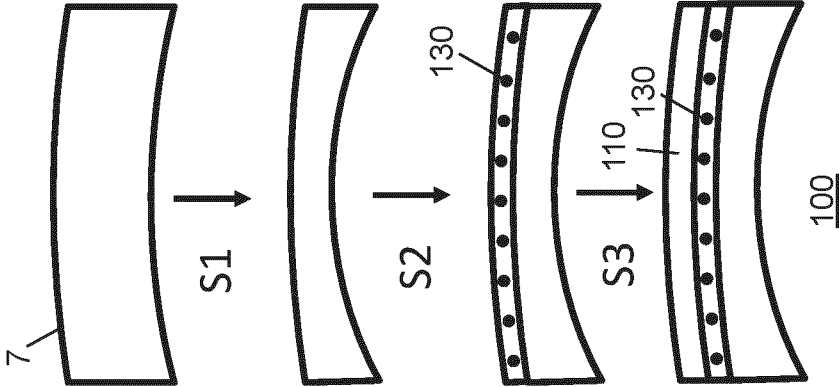


Fig. 3a



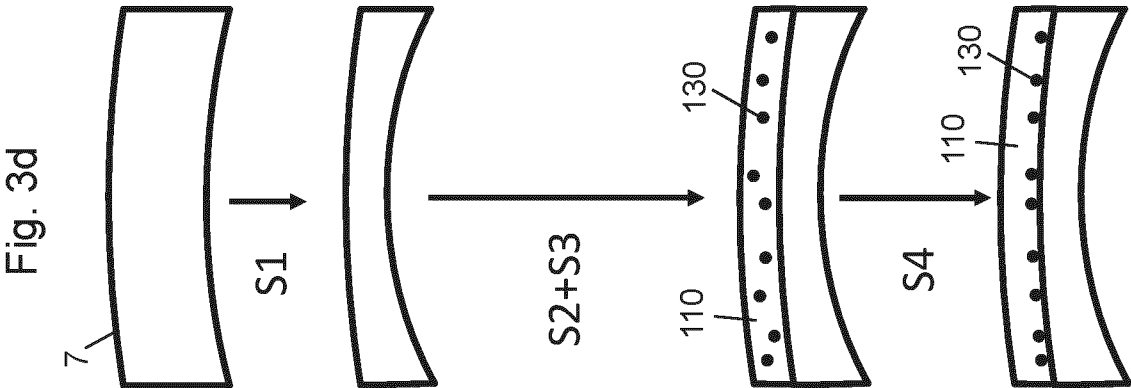
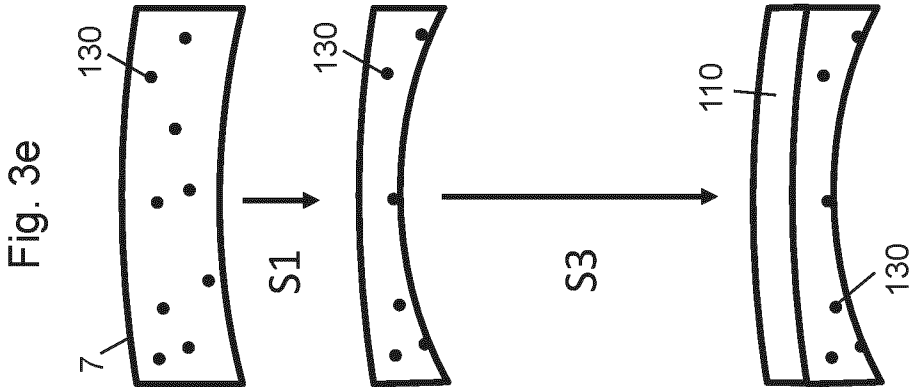


Fig. 4a

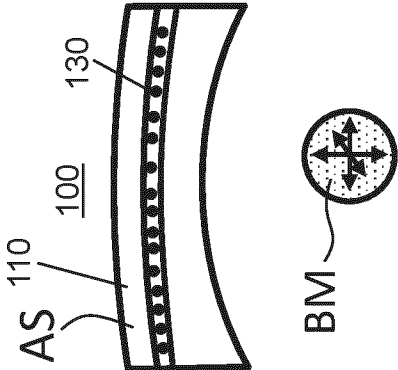


Fig. 4b

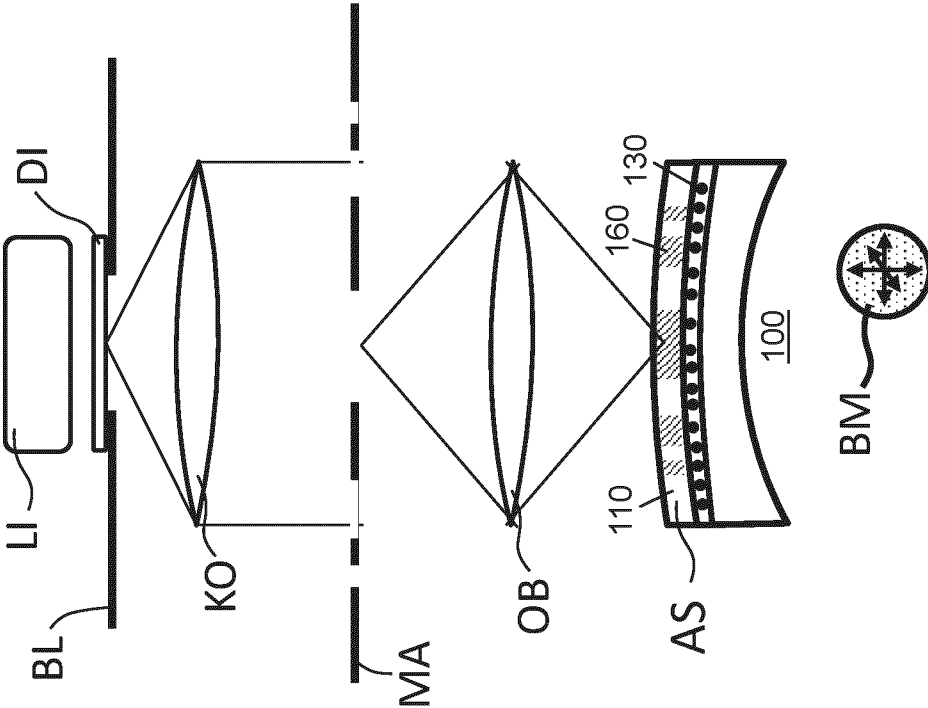


Fig. 4c

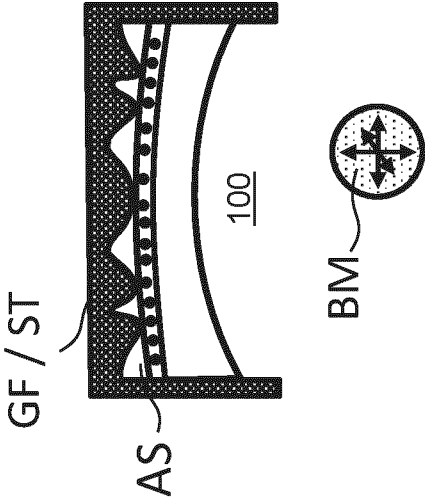


Fig. 5c

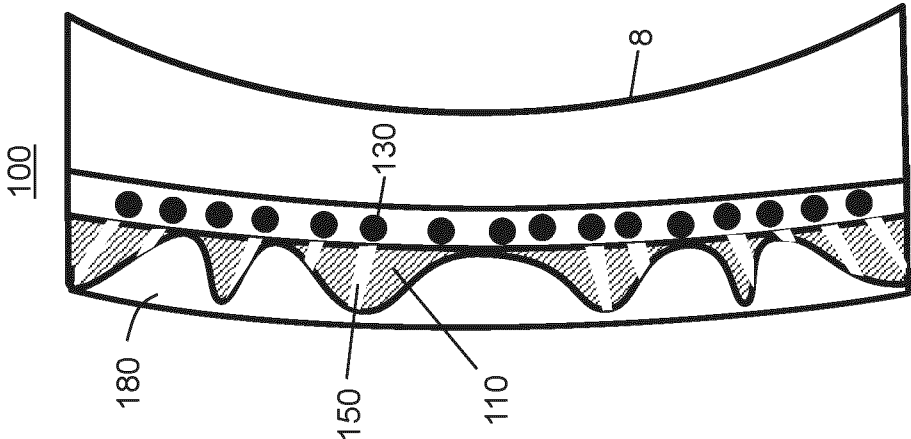


Fig. 5b

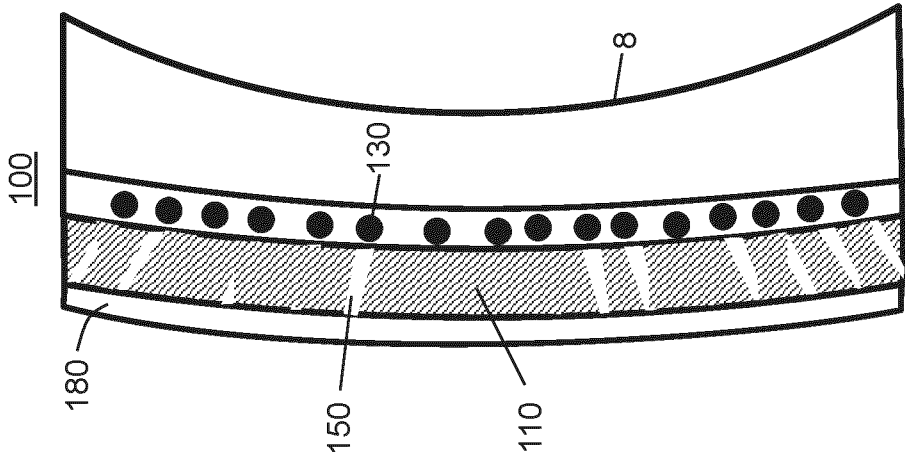


Fig. 5a

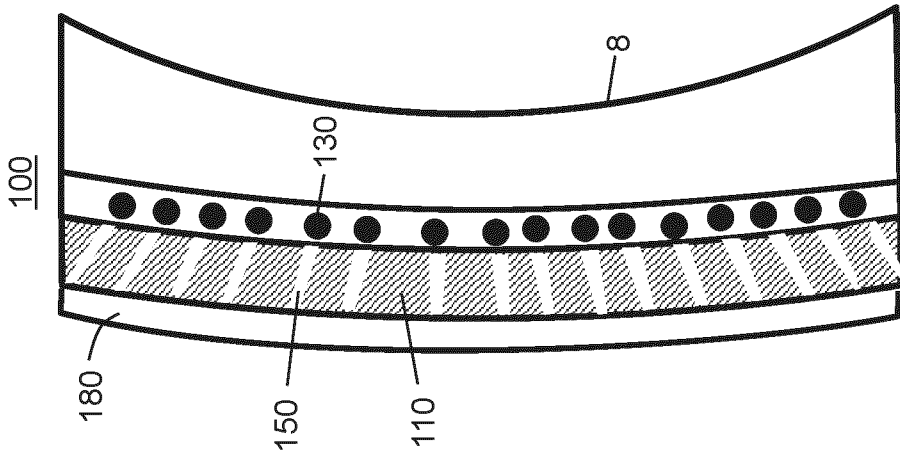
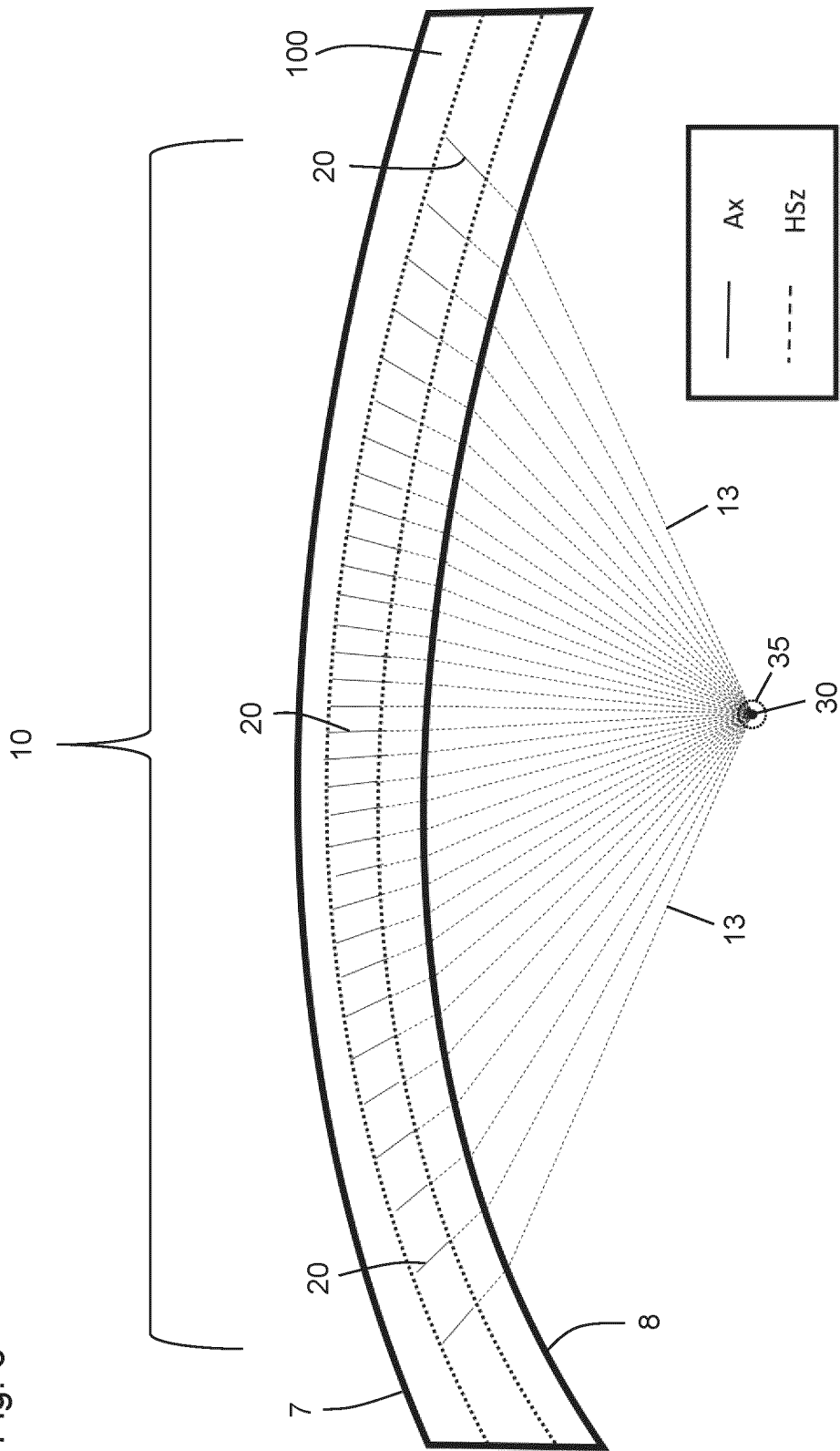


Fig. 6



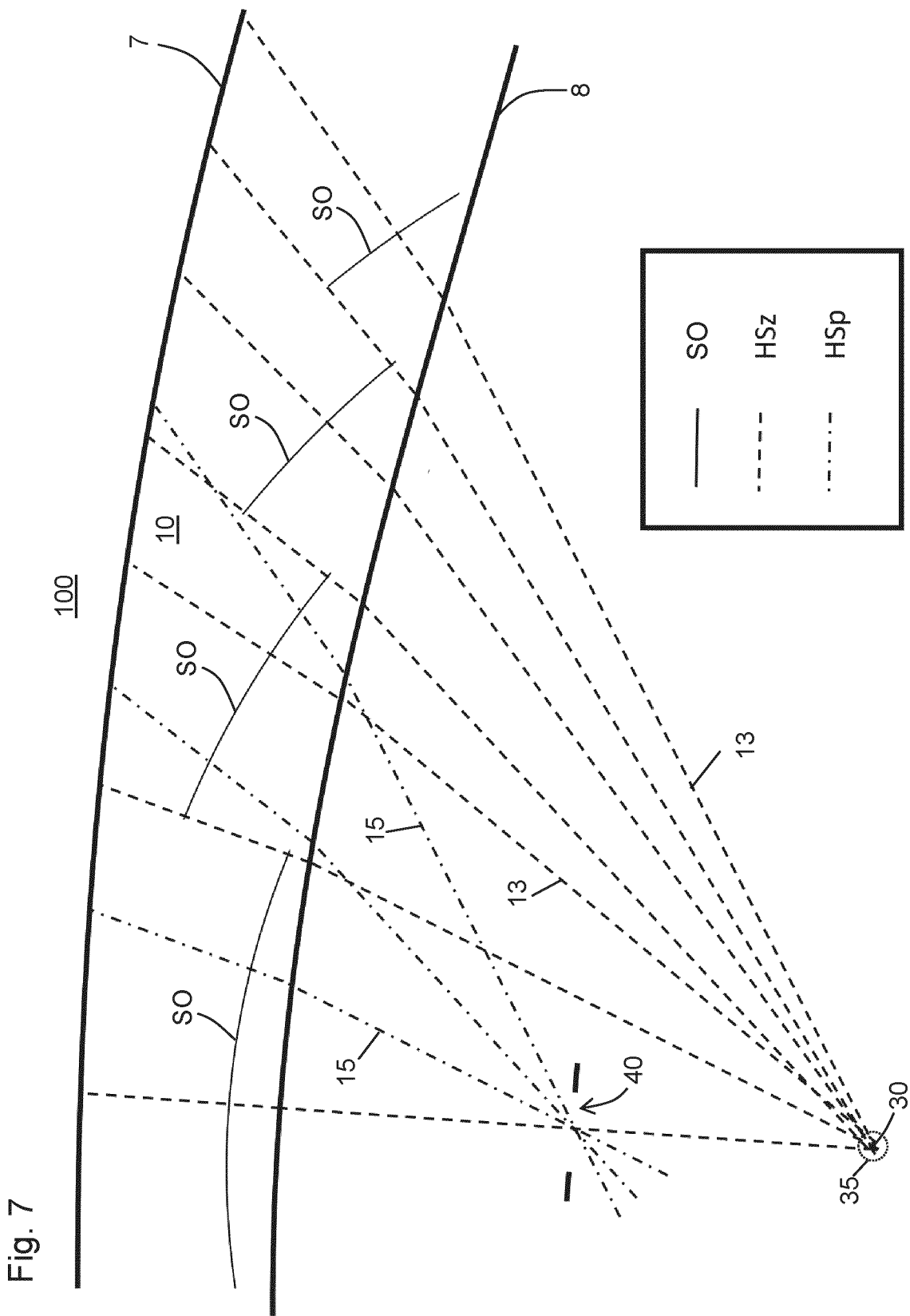


Fig. 8a

Blickauslenkung 0°

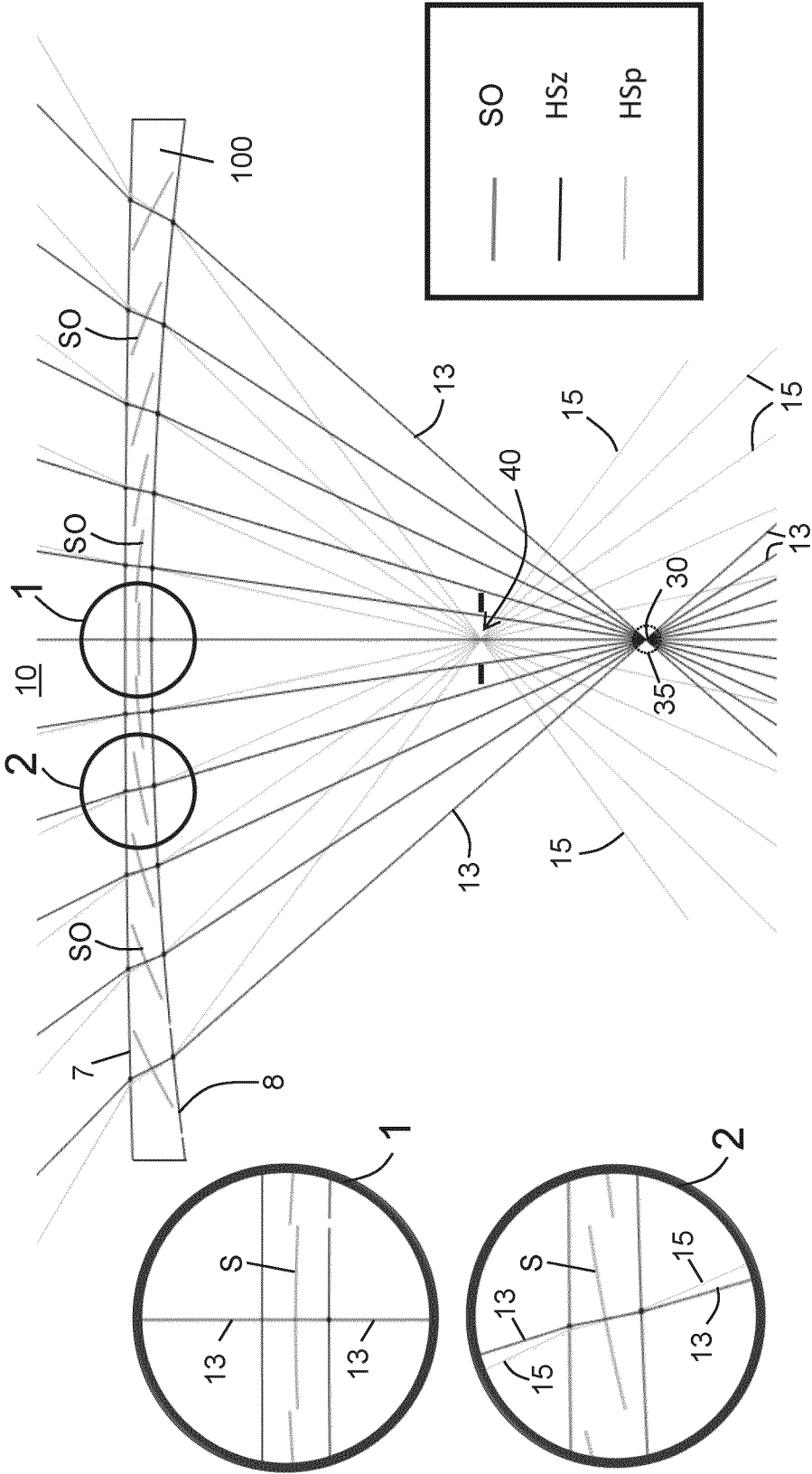


Fig. 8b

Blickauslenkung 16.5°

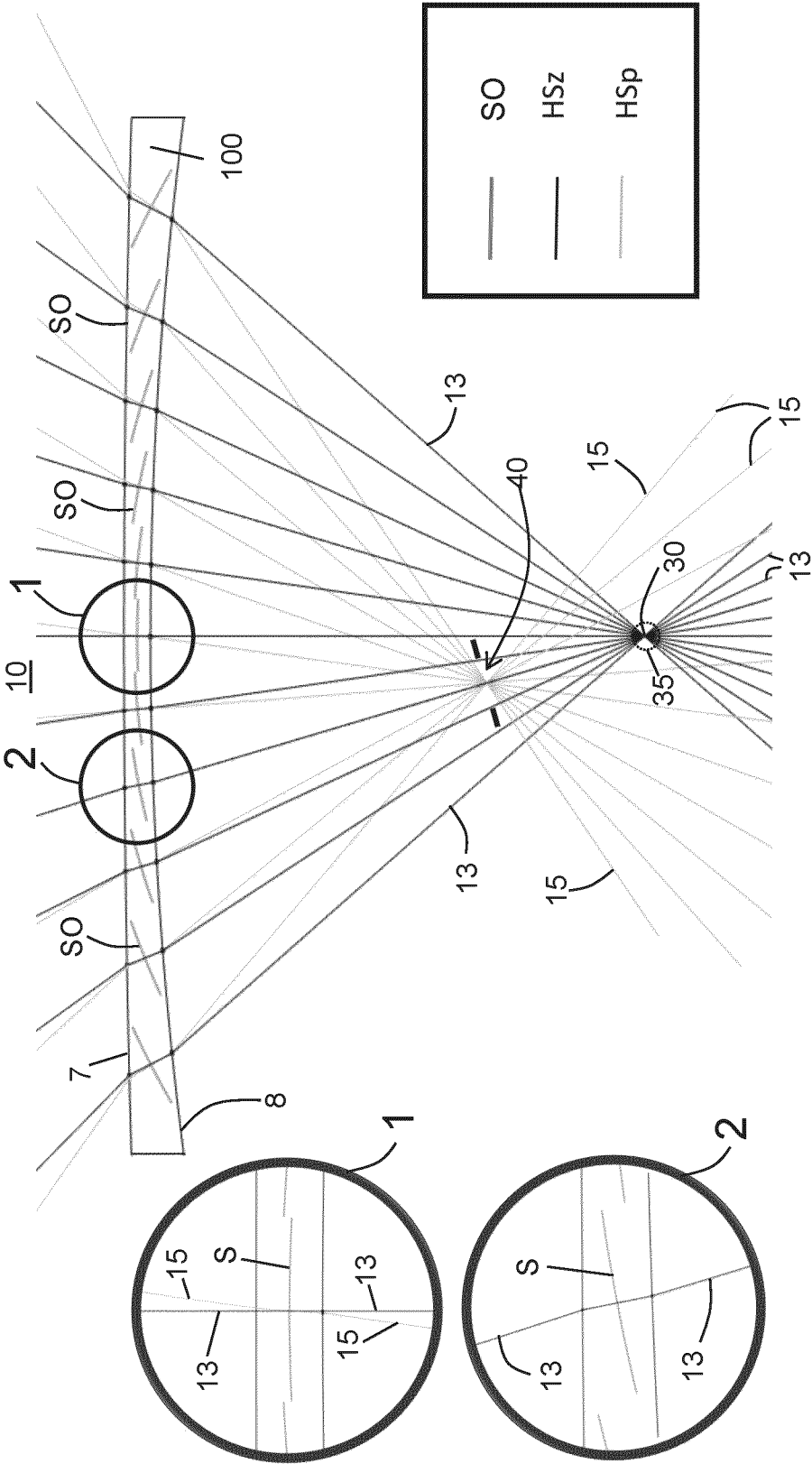
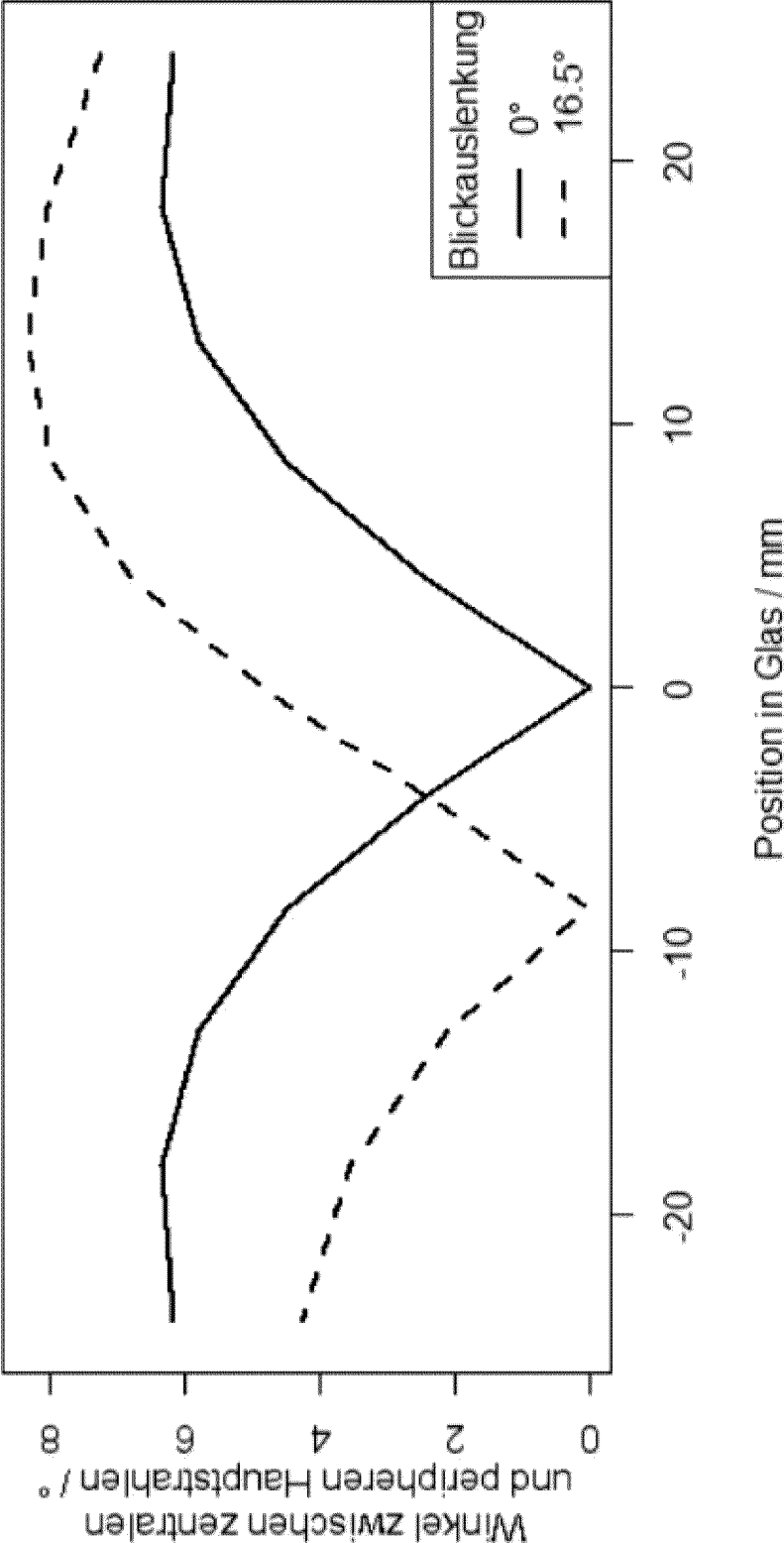


Fig. 9



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2024/082335

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER B29D 11/00 (2006.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B29D; G02C Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2022283451 A1 (BARANTON KONOGAN [FR] ET AL) 08 September 2022 (2022-09-08) abstract paragraphs [0015] - [0016], [0019], and [0064] figures 3a-4b	1-15
A	US 2016377886 A1 (QUIROGA JUAN ANTONIO [ES] ET AL) 29 December 2016 (2016-12-29) abstract figures 1-3	1-15
A	CN 113391464 A (UNIV FUDAN) 14 September 2021 (2021-09-14) abstract figures 1-6	1-15
A	US 2020241325 A1 (CHALBERG THOMAS W [US]) 30 July 2020 (2020-07-30) abstract figures 1A-5B	1-15
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: “A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed “T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art “&” document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 11 February 2025		Date of mailing of the international search report 21 February 2025
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands (Kingdom of the) Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Heckmann, Paul Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2024/082335

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2022283451	A1	08 September 2022	CN	115047650	A	13 September 2022
				EP	4057052	A1	14 September 2022
				US	2022283451	A1	08 September 2022
US	2016377886	A1	29 December 2016	BR	112017028007	A2	28 August 2018
				CA	2985959	A1	29 December 2016
				EP	3314326	A1	02 May 2018
				JP	2018527596	A	20 September 2018
				US	2016377886	A1	29 December 2016
				WO	2016207736	A1	29 December 2016
CN	113391464	A	14 September 2021	NONE			
US	2020241325	A1	30 July 2020	CN	110914743	A	24 March 2020
				EP	3625620	A1	25 March 2020
				JP	7222981	B2	15 February 2023
				JP	2020519971	A	02 July 2020
				TW	201905547	A	01 February 2019
				US	2020241325	A1	30 July 2020
				US	2023382064	A1	30 November 2023
				WO	2018208724	A1	15 November 2018

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. B29D11/00 ADD. Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) B29D G02C Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 2022/283451 A1 (BARANTON KONOCHAN [FR] ET AL) 8. September 2022 (2022-09-08) Zusammenfassung Absätze [0015] - [0016], [0019], [0064] Abbildungen 3a-4b -----	1 - 15
A	US 2016/377886 A1 (QUIROGA JUAN ANTONIO [ES] ET AL) 29. Dezember 2016 (2016-12-29) Zusammenfassung Abbildungen 1-3 -----	1 - 15
A	CN 113 391 464 A (UNIV FUDAN) 14. September 2021 (2021-09-14) Zusammenfassung Abbildungen 1-6 ----- - / - -	1 - 15
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung: die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung: die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 11. Februar 2025		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 21/02/2025
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Heckmann, Paul

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 2020/241325 A1 (CHALBERG THOMAS W [US]) 30. Juli 2020 (2020-07-30) Zusammenfassung Abbildungen 1A-5B -----	1 - 15

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2024/082335

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2022283451	A1	08-09-2022	CN	115047650 A	13-09-2022
			EP	4057052 A1	14-09-2022
			US	2022283451 A1	08-09-2022

US 2016377886	A1	29-12-2016	BR	112017028007 A2	28-08-2018
			CA	2985959 A1	29-12-2016
			EP	3314326 A1	02-05-2018
			JP	2018527596 A	20-09-2018
			US	2016377886 A1	29-12-2016
			WO	2016207736 A1	29-12-2016

CN 113391464	A	14-09-2021	KEINE		

US 2020241325	A1	30-07-2020	CN	110914743 A	24-03-2020
			EP	3625620 A1	25-03-2020
			JP	7222981 B2	15-02-2023
			JP	2020519971 A	02-07-2020
			TW	201905547 A	01-02-2019
			US	2020241325 A1	30-07-2020
			US	2023382064 A1	30-11-2023
WO	2018208724 A1	15-11-2018			
