

Verfahren zur Montage oder Bestimmung der Lage eines
optischen Halbzeugs auf einem Fertigungsdorn bei der
Fertigung einer sphärischen oder asphärischen Linse

Technisches Anwendungsgebiet

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Montage bzw. Fixierung oder zur Bestimmung der Lage bzw. Orientierung eines optischen Halbzeugs auf einem Fertigungsdorn bei der Fertigung einer sphärischen oder asphärischen Linse, bei dem das Halbzeug eine einseitig fertig geschliffene und polierte sphärische oder asphärische erste Oberfläche und eine dieser gegenüberliegende zweite Oberfläche aufweist, die zur Fertigstellung der Linse noch geschliffen und poliert werden muss, und mit der ersten Oberfläche auf den Fertigungsdorn aufgesetzt und gekittet wird.

In der Industrie gewinnt der Einsatz von leistungsstarken, hochpräzisen und gleichzeitig leichten optomechanischen Abbildungssystemen immer mehr an Bedeutung. Der Einsatz von asphärischen Oberflächen spielt eine zunehmende Rolle, da die Anzahl der Linsen reduziert und Abmessungen und Gewicht deutlich minimiert werden können.

Bei Herstellung einer Asphäre besteht die Gefahr einer Dezentrierung sowohl als Verschiebung des Scheitels als auch als Verkipfung (Scheitelversatz und Achsverkipfung) und dies völlig unabhängig voneinander. Daher müssen die asphärischen Halbzeuge während des Schleif- und Polierprozesses bestimmten Zentrierregeln unterworfen und entsprechend angepasst auf den

- 2 -

Fertigungsspindeln (Fertigungsdorne) positioniert werden, um Ausschuss während der Produktion zu vermeiden. Ein nachträglicher Zentriervorgang, wie bei der Herstellung von Sphären üblich, ist dann nicht mehr möglich.

Neben den Oberflächenformfehlern besteht in der industriellen Fertigung der Bedarf nach einer schnell und einfach zu handhabenden Charakterisierung und Modifikation innerer und äußerer Zentrierfehler zur perfekten Montage von Linsenmultiplets. Aus diesen Anforderungen resultieren erhöhte Anforderungen an messtechnische Geräte sowie an die In-situ-Qualifizierung der Proben unter Produktionsbedingungen. Bei der Fertigung von Asphären kommt es teilweise zu hohen Ausschussraten durch Zentrierfehler $> 0,5'$. Eine genaue Messung des inneren Zentrierfehlers an asphärischen Linsen steht noch nicht zur Verfügung. Auch interferometrische Messungen sind für eine Zentriermessung nicht geeignet. Punktsensorbasierte Sensoren sind ungeeignet, da es zu viele Freiheitsgrade gibt und somit viele Fehler auftreten. Die Messung mit Punktsensoren ist nur mit gut zentrierten Systemen möglich.

Die möglichst exakte Montage von halbfertigen Asphären auf Fertigungsdornen ist eine Herausforderung, die bewältigt werden muss, um präzise Asphären mit Zentrierfehlern von weniger als 30 Bogensekunden und einem seitlichen Versatz L von Werten von weniger als 5 μm herzustellen. Dafür können taktile Geräte eingesetzt werden, aber es sind hohe Investitionen erforderlich, die Genauigkeit ist begrenzt und die Messzeiten für hohe Ortsauflösung sind sehr lang. Außerdem können

- 3 -

durch taktile Geräte optische Bauteile zerkratzt werden. Das Zentriermaß selbst kann nicht beidseitig in einer Aufspannung gemessen werden. Die Asphäre muss hierzu in einer speziellen Halterung fixiert und getauscht bzw. gedreht werden. Dabei bleiben besondere Spannfehler, die mehr als 1 μm betragen können und damit Kippwinkelfehler von mehr als einer Bogenminute bei kleinen Radien $< 10\text{ mm}$ bedeuten.

Üblicherweise erfolgt der Zentriervorgang einer sphärischen Linse mit einer Spann-Zentriermaschine. Die Spannung erfolgt über präzise gefertigte Glocken auf exakt ausgerichteten Spindeln. Die Zentrierung der Linse erfolgt durch einen selbstzentrierenden Vorgang, wenn die Tangentialwinkel am Linsenrand groß genug sind. Wenn der Zentriervorgang sehr gut funktioniert, ist die durch die beiden Krümmungsmittelpunkte erzeugte optische Achse parallel zur Zylinderachse und fällt nach dem Zentriervorgang mit der Zylinderachse zusammen. Trifft dies nicht zu, z. B. bei einer Meniskuslinse mit großem Radius oder einer homozentrischen Linse, wird i.d.R. das Dorn-Zentrier-Verfahren verwendet. Die Linse wird dann auf einem Dorn unter Verwendung eines optischen Messinstruments wie z.B. einem Autokollimator justiert und geklebt.

Im Allgemeinen basiert die Referenz für die Ausrichtung einer sphärisch-asphärischen Linse auf einer mechanischen Oberfläche wie dem Randzylinder. In den meisten Fällen (vor allem bei kurzem Randzylinder) werden die sphärische Oberfläche (Basis A) und der Randzylinder (Basis B) verwendet, wie in Figur 1 dargestellt. Die asphärische Achse hat dann eine Neigung und eine seitliche Verschiebung L von der

- 4 -

Bezugsachse am Scheitelpunkt der Asphäre. Dies ist in ISO 10110-6 definiert und wird auch als „äußerer Zentrierfehler“ bezeichnet, da er sich auf äußere Abmessungen und/oder äußere Oberflächenreferenzen bezieht.

Wird die sphärisch-asphärische Linse so verschoben und geneigt, dass die asphärische Achse mit der Bezugsachse (Bezugsachse = asphärische Achse) zusammenfällt (vgl. Figur 2), wird der Zentrierfehler auf nur einen Aspekt reduziert, den seitlichen Versatz des Krümmungszentrums C1 zur asphärischen Achse oder den äquivalenten Neigungswinkel σ , in der gleichen Weise wie für eine sphärische Linse. Dies wird auch als „innerer Zentrierfehler“ bezeichnet. Der innere Zentrierfehler einer Asphäre ist somit ein immanenter Versatz des Krümmungsmittelpunktes der Kugelfläche zur Asphärenachse der zweiten Fläche. Dieser innere Zentrierfehler ist ein dem Objektiv immanenter bestehender Fehler.

Stand der Technik

Der schematische Ablauf des Herstellungsprozesses von Doppelasphären ist in Figur 3 dargestellt. Hierbei wird zunächst ein Glasrohling 1 auf einen Fertigungsdorn 2 aufgebracht (Fig. 3a). Der Glasrohling 1 wird an der ersten Asphärenfläche geschliffen und poliert (Fig. 3b). Der Poliervorgang in der Poliermaschine ist hierbei nicht abgebildet. Im nächsten Schritt erfolgt eine erste Randbearbeitung (Fig. 3c). Das Halbzeug 3 mit der fertig geschliffenen und polierten ersten Asphärenfläche wird auf dem Dorn 2 umgekittet (Fig. 3d) und anschließend an der zweiten

- 5 -

Asphärenfläche geschliffen und poliert (Fig. 3e). Der Poliervorgang ist wiederum nicht abgebildet. Schließlich erfolgt noch die finale Randbearbeitung (Fig. 3f).

Bei der Herstellung von Doppelasphären ist das Schleifen der ersten Asphärenfläche im Schritt der Fig. 3b relativ unproblematisch, da diese auf dem Dorn 2 vermessen wird und somit eine Qualitätskontrolle stattfinden kann. Der entscheidende Schritt findet beim Umspannen bzw. Umkitten (Fig. 3d) nach dem Schliff und der Politur der ersten Asphärenfläche und der anschließenden Bearbeitung des Randes statt. Eine genaue Ausrichtung auf dem Dorn 2 vor dem Schleifen der zweiten Asphärenfläche ist unabdingbar. Dies wird aktuell mit Messtastern durchgeführt. Einmal aufgespannt, wird die zweite Asphärenfläche dann geschliffen und poliert und der Rand final abgetragen. Wenn die Asphäre 4 dann für die Endmessungen vom Dorn 2 genommen wird, kann Sie nicht mehr erneut aufgespannt werden. Dies bedeutet, dass die Asphäre nicht korrigiert werden kann und somit bei Nichteinhalten der Spezifikationen als Ausschuss endet. Eine automatische Nachkorrektur nach dem Schliff der zweiten Asphärenfläche ist ebenfalls nicht möglich. Typischerweise ergeben sich mit dieser Herstellungstechnik aufgrund von Unzulänglichkeiten beim Umkitten von der einen auf die andere Linsenfläche bzw. fehlenden Zwischenergebnissen einer Zentrierfehlermessung Zentrierfehler des Endprodukts von ca. $3 \cdot 10^{-4}$.

Beim aktuellen Stand der Technik wird somit bei der Herstellung von Präzisions-Asphären mit der konventionellen Schleif- und Poliertechnik mit

- 6 -

unbestimmter Schneide ein geschnittener oder gefräster Glasblock oder ein vorgepresster Rohling (sog. Blank) auf einen Dorn geblockt und zunächst in der Schleifmaschine bearbeitet. Dazu wird im Vorprozess zunächst die Sphäre bzw. bei Asphären die Best-Fit-Sphäre (BFS) mit Hilfe eines diamantbestückten Topfwerkzeuges oder eines Diamant-Pellets besetzten Formwerkzeuges geschliffen. Nach dem Schleifen der ersten Oberfläche wird anschließend in der Regel in derselben Maschine der Randzylinder mit einer weiteren Bearbeitungsspindel randzentriert.

Der Dorn mit Prüfling wird aus der Maschine genommen, die Linse abgeblockt und dann auf die erste, geschliffene Fläche wieder auf den Dorn geblockt, um die zweite Seite schleiftechnisch zu bearbeiten. Je nach Anforderung kann beim Aufblocken (mit vorzugsweise thermischem Wachs) der Linsenrand mit z.B. einer mechanischen oder optischen Messuhr auszentriert werden. Anschließend wird die Bearbeitung wie auf der ersten Seite durchgeführt und der mit Aufmaß (ca. 0,2 bis 0,02 mm) behaftete Linsenrand nochmals nachzentriert. Damit läuft die Asphäre exakt zum Zylinderrand.

Der anschließende Polierprozess wird in der CNC-Poliermaschine durchgeführt. Diese nun zu bearbeitende Seite der Asphäre wird, weil sie perfekt zur Spindel läuft, beim Polieren erfahrungsgemäß eine optimale Asphärenfläche geben, mit einer perfekt zentrierten Asphärenachse über alle Bereiche der Asphäre, nämlich Zentrum, Zone und Rand. Da bei dieser zentrierten Asphärenfläche über die CNC-Steuerung die Bahn der Asphäre exakt abgefahren wird und keinerlei

- 7 -

Dezentrierung und Exzentrizität vorliegt, wird überall auf der Fläche der exakt gleiche Footprint erwartet und der Polierprozess perfekt durchgeführt. Es gibt also keine Polierfehler durch unterschiedliche Footprints und unterschiedliche Verweildauer und somit eine exakt rotationssymmetrische Fläche auch am Scheitel der Linse.

Im nun folgenden Schritt wird die Linse umgeblockt, so dass die asphärische Fläche nach unten zum Liegen kommt. U.U. wird sie, um sie vor Beschädigung zu schützen, mit einem Schutzlack versehen. Die Hauptaufgabe besteht nun darin, die bereits fertiggestellte und ggf. mit Schutzlack versehene untere Fläche optimal auf die Dornachse zu bringen, damit die untere Asphärenachse parallel und koinzident zur Dornachse und damit zur Bearbeitungsachse liegt. Im einfachsten Fall wird für diese Justage die erwärmte Linse über den am erwärmten Dorn (ca. 60 Grad C) aufgebrachten Warmwachskitt auf die Ringschneide gedrückt und der Randzylinder mechanisch auszentriert. Hier ist jedoch aufgrund der im Folgenden angeführten Einflüsse mit z. T. großen Abweichungen zu rechnen:

- Planlauf des Dorns 1 bis 20 Mikron (von hoher Qualität bis Standard)
- Rundlauf des Dorns 2 bis 50 Mikron (von hoher Qualität bis Standard)
- Variation der Lackierung (Analyse erster Ordnung) 10 bis 20 Mikron
- Rundheit des Zylinders 1 - 5 Mikron
- Rauheit des Zylinders 1 -10 Mikron Rq
- Temperaturunterschiede beim Blocken (20° - 65° C)
- Messuhr ist meist nicht genau genug

Beim Blocken des Halbzeuges auf den Dorn werden also unterschiedliche Einflüsse offensichtlich, welche den Zentrierprozess und die Zentriergenauigkeit erheblich beeinflussen und damit zu einem inneren Zentrierfehler bei der Herstellung der Asphäre führen können.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, den inneren Zentrierfehler während des Herstellungsprozesses von sphärisch-asphärischen Linsen oder doppelseitig asphärischen Linsen zu vermeiden oder zumindest zu reduzieren.

Darstellung der Erfindung

Die Aufgabe wird mit dem Verfahren nach Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche oder lassen sich der nachfolgenden Beschreibung oder den Ausführungsbeispielen entnehmen.

Das vorgeschlagene Verfahren dient der Montage bzw. Fixierung eines optischen Halbzeugs auf einem Fertigungsdorn bei der Fertigung einer sphärischen oder asphärischen Linse. Es lässt sich auch zur Bestimmung der Lage bzw. Orientierung des optischen Halbzeugs auf einem Fertigungsdorn bei der Fertigung einer sphärischen oder asphärischen Linse einsetzen. Das optische Halbzeug weist beim vorgeschlagenen Verfahren bereits eine einseitig fertig geschliffene und polierte sphärische oder asphärische erste Oberfläche und eine dieser gegenüberliegende zweite Oberfläche aufweist, die zur Fertigstellung der Linse noch geschliffen und

- 9 -

poliert werden muss. Bei dem Verfahren wird das Halbzeug mit der ersten Oberfläche auf den Fertigungsdorn aufgesetzt, vorzugsweise dabei justiert und anschließend gekittet bzw. geblockt. Das Verfahren betrifft also das Umkitten auf dem Dorn der vorangehend beschriebenen Figur 3d. Das Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass die Justage oder Lage bzw. Orientierung des Halbzeugs dabei mit einem speziellen optischen Verfahren überprüft oder bestimmt und/oder die Justage (insbesondere der obige Zentrierprozess) mit Hilfe des speziellen optischen Verfahrens durchgeführt wird. Bei diesem optischen Verfahren wird ein transparentes optisches Hilfselement mit einer polierten oberen und einer der zweiten Oberfläche des Halbzeugs angepassten unteren Oberfläche über ein Medium zur Indexanpassung als Zwischenschicht, insbesondere ein Immersionsöl, auf die zweite Oberfläche des Halbzeugs aufgebracht. Das optische Hilfselement wird dabei so mit einem optischen Strahl (oder auch mit mehreren optischen Strahlen) durchstrahlt, dass der optische Strahl an der oberen Oberfläche des Hilfselementes und an der ersten Oberfläche des Halbzeugs jeweils teilweise reflektiert wird. Wenigstens der von der ersten Oberfläche des Halbzeugs reflektierte Strahlanteil, vorzugsweise beide reflektierten Strahlanteile, wird bzw. werden dabei mit wenigstens einem ortsauflösenden optischen Detektor erfasst.

Durch diese Vorgehensweise ist es trotz der noch nicht polierten zweiten Oberfläche des Halbzeugs möglich, einen Reflex des Messstrahls bzw. optischen Strahls von der ersten Oberfläche des Halbzeugs zu erhalten, und damit die Justage des Halbzeugs auf dem

- 10 -

Fertigungsborn vor dem Verkitten auf Basis der erfassten Reflexe durchzuführen. Der Fertigungsborn wird dabei vorzugsweise während der Messung in Rotation versetzt. Die Nutzung des Reflexes von der bereits fertiggestellten sphärischen oder asphärischen ersten Oberfläche wird erst durch das aufgesetzte Hilfselement und das dabei genutzte Medium zur Indexanpassung ermöglicht. Alternativ kann die Messung auch nicht zur Justage, sondern nur zur Erfassung des Lage bzw. Orientierung des Halbzeugs, insbesondere dessen unterer Oberfläche, durchgeführt werden, um dann die Bearbeitung der zweiten Oberfläche auf Basis dieser Information korrekt durchzuführen.

Bei einer planen zweiten Oberfläche des Halbzeugs wird vorzugsweise ein Hilfselement eingesetzt, das als planparallele Platte oder als konkave oder konvexe Linse mit einer planen unteren Oberfläche ausgebildet ist. Bei einer konvexen oder konkaven zweiten Oberfläche des Halbzeugs wird vorzugsweise ein Hilfselement eingesetzt, das eine konkave oder konvexe untere Oberfläche und eine plane, konkave oder konvexe obere Oberfläche aufweist.

Das Hilfselement ist bei dem vorgeschlagenen Verfahren vorzugsweise so ausgebildet, dass es die zweite Oberfläche des Halbzeugs vollständig oder nahezu vollständig überdeckt. Vorzugsweise werden die Messungen mit dem optischen Strahl oder mit zwei der optischen Strahlen zur Erfassung der reflektierten Strahlanteile bei dem Verfahren sowohl im Zentrum als auch am Rand des Halbzeugs durchgeführt.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Das vorgeschlagene Verfahren wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den Zeichnungen nochmals näher erläutert. Hierbei zeigen:

- Fig. 1 eine beispielhafte Darstellung des äußeren Zentrierfehlers einer sphärisch-asphärischen Linse mit geneigter asphärischer Achse und seitlichem Versatz L am Scheitelpunkt der asphärischen Oberfläche (Scheitelpunkt);
- Fig. 2 eine beispielhafte Darstellung des inneren Zentrierfehlers einer sphärisch-asphärischen Linse mit der asphärischen Achse als Bezugsachse und dem Offset des sphärischen Krümmungsmittelpunktes;
- Fig. 3 den schematischen Ablauf des Herstellungsprozesses bei der Herstellung einer Doppelasphäre;
- Fig. 4 eine Darstellung der Bestimmung der Orientierung eines optischen Halbzeugs auf einem Fertigungsdorn gemäß einer beispielhaften Ausgestaltung des vorgeschlagenen Verfahrens mit einer planparallelen Platte als optisches Hilfselement;
- Fig. 5 zwei beispielhafte Darstellungen der Verwendung unterschiedlich ausgestalteter Hilfselemente in Abhängigkeit von der Form des Halbzeugs beim vorgeschlagenen Verfahren; und

Fig. 6 zwei beispielhafte Darstellungen der Vermessung des Halbzeugs an zwei unterschiedlichen Positionen bei den Ausgestaltungen der Figur 5.

Wege zur Ausführung der Erfindung

Das vorgeschlagene Verfahren wird beim Herstellungsprozess einer sphärischen oder asphärischen Linse eingesetzt, wie er beispielhaft bereits in der Beschreibungseinleitung in Verbindung mit Figur 3 beschrieben wurde.

Figur 4 zeigt eine beispielhafte Darstellung der Bestimmung der Orientierung des optischen Halbzeugs 3 auf einem Fertigungsdorn 2 gemäß einer Ausgestaltung des vorgeschlagenen Verfahrens. In diesem Beispiel weist das Halbzeug eine plane zweite Oberfläche auf. Als optisches Hilfselement 5 wird hier eine planparallele Platte eingesetzt. Figur 4 zeigt hierzu das Halbzeug 3 mit einer im vorliegenden Beispiel sphärischen ersten Oberfläche, auf der ein entsprechender Lack aufgebracht ist. Der Fertigungsdorn 2, auf den dieses Halbzeug 3 aufgesetzt wird und mit dem es verkittet werden soll, ist lediglich andeutungsweise in der Figur dargestellt. Auf die noch nicht bearbeitete, in diesem Fall plane, zweite Oberfläche wird dann die in diesem Beispiel planparallele Platte als Hilfselement 5 aufgesetzt, die entsprechend eine polierte Oberseite aufweist. Zwischen der Unterseite dieses Hilfselementes 5 und der zweiten Oberfläche des Halbzeugs 3 befindet sich ein in der Figur nicht dargestelltes Immersionsöl zur Indexanpassung.

Zur Durchstrahlung mit dem optischen Strahl wird bei dieser und auch den anderen möglichen Ausgestaltungen des Verfahrens vorzugsweise die so genannte Vignettierungs-Field-Stop-Technologie (VFS bzw. V-SPOT) eingesetzt, mit der beide Reflexe, also der Reflex von der oberen Oberfläche des Hilfselementes 5 und der Reflex von der ersten Oberfläche des Halbzeugs 3, auf einem Detektor erfasst werden können, ohne irgendeine Fokussierung zu ändern. Mit dieser Technologie ist es möglich, den lokalen, meridionalen Steigungsfehler in der Zone oder am Rand der asphärischen Fläche präzise zu erfassen und zusammen mit der Zentrierabweichung des Scheitels die asphärische Achse und damit den inneren Zentrierfehler zu bestimmen.

Durch die Verwendung dieser VFS-Technologie mit der entsprechenden, in Figur 4 dargestellten Messeinrichtung EP, werden die oben rechts in der Figur dargestellten zwei Reflexe erhalten, zu denen der Strahlverlauf des entsprechend ausgedehnten Messstrahls 6 in der Figur angedeutet ist. Aus der Lage dieser Reflexe kann dann die momentane Lage bzw. Orientierung des Halbzeugs 3 bestimmt werden.

Eine beispielhafte Durchführung der Fixierung dieses Halbzeugs 3 auf dem Fertigungsdorn 2 wird im folgenden Beispiel kurz erläutert.

Beispiel:

1. Der Prüfling ist ein Halbzeug bestehend aus
 - einseitig fertig polierter Sphäre oder Asphäre
 - Rückseite plan geschliffen;

- 14 -

2. Aufbringen eines Immersionsöls entsprechend der Brechzahl des Halbzeugs (1,4 - 1,6) auf die Rückseite des Halbzeugs;
3. Auflegen einer planparallelplatten hoher Güte aus Glas als Hilfselement in entsprechender Größe;
4. Einstellung der Messeinrichtung EP (ELWIMAT) über Winkel α gemäß DoE, so dass gleichzeitig je ein Reflex von Vorder- und Rückseite auf dem Detektor ausgewertet werden kann;
5. Justierung des Halbzeugs durch geeignete Positionierung des Halbzeugs auf dem Dorn (kleinste Zentrierkreise);
6. Fixieren des Halbzeugs; ggf. Füllen des Spaltes mit Kleber;
7. Aushärten bzw. abkühlen lassen und Ergebnis überprüfen bei Raumtemperatur;
8. Planplatte entfernen, Flächen reinigen;
9. Halbzeug auf der zweiten Seite schleifen und anschließend polieren (gemäß bekannten Fertigungsprozessen).

In Fällen, in denen die noch nicht fertig bearbeitete, zweite Oberfläche gekrümmt ist, beispielsweise eine konvexe oder konkave Form aufweist, wird ein Hilfselement 5 verwendet, das an der Unterseite eine entsprechend komplementäre Form aufweist.

Damit die von der Messeinrichtung ausgehenden Messstrahlen die bereits bearbeitete erste Oberfläche des Halbzeugs 3 auch möglichst nahe am Rand treffen, kann das Hilfselement 5 mit einer entsprechend konkaven oder konvexen oberen Oberfläche ausgebildet sein, wie in den Figuren 5 und 6 schematisch angedeutet. Bei

diesen Figuren sind als Beispiele Halbzeuge 3 mit einer konkaven und mit einer konvexen (polierten) asphärischen ersten Oberfläche dargestellt. Die zweite Oberfläche ist lediglich plan geschliffen. Das Immersionsöl 7 zwischen Hilfselement 5 und Halbzeug 3 ist in diesen Figuren angedeutet. Bei den beiden Hilfselementen 5 handelt es sich um beidseitig polierte plankonkave bzw. plankonvexe Elemente, die auch die Funktion einer Hilfslinse ausüben. Die Verwendung einer derartigen Plankonvex- oder Plankonkavlinse als Hilfselement 5 anstelle einer Planparallelplatte empfiehlt sich für krumme oder negative (Hohl-) Flächen oder für Messungen ganz am Rand (bei schlechten Dornen), um eine bessere Anpassung der Lagen beider Reflexe bei guter Winkelauflösung zu erhalten.

Vorzugsweise werden bei dem vorgeschlagenen Verfahren zur Justierung oder Vermessung entweder zwei der Messeinrichtungen EP zur Vermessung an zwei unterschiedlichen Positionen, sowohl im Zentrum als auch am Rand des Halbzeugs 3, eingesetzt oder mit einer Messeinrichtung EP nacheinander an den zwei unterschiedlichen Positionen gemessen. Dies ist in Figur 6 schematisch dargestellt.

Das bei dem vorgeschlagenen Verfahren bevorzugt verwendete Vignettierungs-Field-Stop-Verfahren, wie es auch aus der EP 1636542 B1 bekannt ist, ist ein Messprinzip, das die Vignettierung als physikalischen Effekt nutzt, um Neigungs- oder Neigungswinkel auf Oberflächen durch reflektiertes Licht zu messen. Der Messstrahl ist ein quasi-paralleler Strahlsatz von unendlichen Lichtquellen auf einem weit gespreizten beleuchteten Feld nahe dem Brennpunkt einer

Kollimationslinse. Ein Strahlteiler bringt das reflektierte Licht auf eine Kamera oder einen entsprechend ortsauflösenden Detektor. Die Austrittspupille dieses Kollimatorsystems wird zusätzlich zu einem Planspiegel oder einer Linse vor dem System in das Bildfeld hinter dem Fokuspunkt des Kollimators projiziert. Dies wird als Ausgangsluke bezeichnet, und da sich die Kamera in der Brennebene befindet, gibt es ein unscharfes Bild der Ausgangsluke auf der Kamera. Durch diese unkonzentrierte Ausstiegsluke entsteht nie das Problem, aus dem Fokus zu geraten, wie beim klassischen AC (Autokollimator). Durch diesen physikalischen Effekt der Vignettierung ist man nicht mehr im Sichtfeld eingeschränkt. Daher begrenzt nur die Kamera- bzw. Detektorgröße, die vorzugsweise der Größe des beleuchteten Feldes entspricht, das Sichtfeld, das nur von der Brennweite des Kollimators und der Größe der unfokussierten Austrittspupille (V-SPOT) auf der Kamera abhängt. Die Größe des V-SPOT ist dann abhängig vom Abstand zum Planspiegel von der Austrittspupille oder bei gekrümmter Oberfläche abhängig von der Vorsatzlinse und dem Krümmungsradius des DUT.

Durch die Verwendung dieses Verfahrens anstelle eines klassischen AC ist die Vignettierung kein Problem mehr, sondern eine einfache Lösung, um Oberflächenprofile und Zentrierabweichungen auf nicht sphärischen Oberflächen mit hoher Auflösung zu messen.

Bezugszeichenliste

1	Glasrohling
2	Fertigungsdorn
3	Halbzeug
4	Asphäre
5	optisches Hilfselement
6	Messstrahl
7	Immersionsöl
EP	Messeinrichtung
C	Krümmungsmittelpunkte
R	Radien

Patentansprüche

1. Verfahren zur Montage bzw. Fixierung oder zur Bestimmung der Lage bzw. Orientierung eines optischen Halbzeugs (3) auf einem Fertigungsdorn (2) bei der Fertigung einer sphärischen oder asphärischen Linse, bei dem das Halbzeug (3) eine einseitig fertig geschliffene und polierte sphärische oder asphärische erste Oberfläche und eine dieser gegenüberliegende zweite Oberfläche aufweist, die zur Fertigstellung der Linse noch geschliffen und poliert werden muss, und mit der ersten Oberfläche auf den Fertigungsdorn (2) aufgesetzt und gekittet wird, wobei die Lage oder Orientierung des Halbzeugs (3) auf dem Fertigungsdorn (2) mit einem optischen Verfahren bestimmt und/oder eine Justierung des Halbzeugs (3) auf dem Fertigungsdorn (2) mit Hilfe eines optischen Verfahrens durchgeführt wird, bei dem ein transparentes optisches Hilfselement (5) mit einer polierten oberen und einer der zweiten Oberfläche des Halbzeugs (3) angepassten unteren Oberfläche mit einem zwischenliegenden Medium (7) zur Indexanpassung auf die zweite Oberfläche des Halbzeugs (3) aufgebracht und so mit wenigstens einem optischen Strahl (6) durchstrahlt wird, dass der optische Strahl (6) an der oberen Oberfläche des Hilfselementes (5) und an der ersten Oberfläche des Halbzeugs (3) jeweils teilweise reflektiert und wenigstens der von der ersten Oberfläche des Halbzeugs (3) reflektierte

Strahlenteil, vorzugsweise beide reflektierten Strahlenteile, mit wenigstens einem ortsauflösenden optischen Detektor erfasst werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Hilfselement (5) bei einer planen zweiten Oberfläche des Halbzeugs (3) als planparallele Platte oder als konkave oder konvexe Linse mit einer planen unteren Oberfläche ausgebildet ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Hilfselement (5) bei einer konvexen oder konkaven zweiten Oberfläche des Halbzeugs (3) eine entsprechend konkave oder konvexe untere Oberfläche und eine plane, konkave oder konvexe obere Oberfläche aufweist.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Hilfselement (5) so ausgebildet ist, dass es die zweite Oberfläche des Halbzeugs (3) vollständig oder nahezu vollständig überdeckt, und dass Messungen mit dem optischen Strahl (6) oder mit zwei der optischen Strahlen (6) zur Erfassung der reflektierten Strahlenteile sowohl im Zentrum als auch am Rand des Halbzeugs (3) durchgeführt werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass zur Durchführung des optischen Verfahrens eine Messeinrichtung (EP) eingesetzt wird, bei der

- 20 -

der optische Strahl (6) mit einer ausgedehnten Lichtquelle erzeugt und vor dem Auftreffen auf das Halbzeug (3) über eine optische Anordnung kollimiert wird, wobei zwischen der Lichtquelle und dem optischen Detektor eine den optischen Strahl (6) begrenzende Apertur eingesetzt wird, die als vignettierende Feldblende wirkt und durch die der Strahl (6) nach Reflexion an der oberen Oberfläche des Hilfselementes (5) und an der ersten Oberfläche des Halbzeugs (3) unscharf als Lichtfleck bzw. Lichtflecke auf den optischen Detektor abgebildet und mit dem optischen Detektor erfasst wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass als die den Strahl (6) begrenzende Apertur eine Blende mit fester oder einstellbarer Blendenöffnung eingesetzt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die ausgedehnte Lichtquelle mit einer Leuchtfläche bereitgestellt wird, die mindestens die Größe einer Detektionsfläche des optischen Detektors aufweist.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Halbzeug (3) mit dem Fertigungsdorn (2) während der Messung bzw. der Durchführung des optischen Verfahrens um die Rotationsachse des Fertigungsdorns (2) gedreht wird.