



# PATENTSCHRIFT 138 249

Wirtschaftspatent

Teilweise aufgehoben gemäß § 6 Absatz 1 des Änderungsgesetzes  
zum Patentgesetz

Int. Cl.<sup>3</sup>

(11) 138 249 (45) 12.03.80 3(51) G 02 B 7/00  
(21) WP G 02 b / 195 491 (22) 28.10.76  
(44)<sup>1</sup> 17.10.79

---

(71) siehe (72)

(72) Hopfe, Helmut, Dipl.-Ing., DD

(73) siehe (72)

(74) VEB Carl Zeiss Jena, Patentabteilung, 69 Jena,  
Carl-Zeiss-Straße 1

---

(54) Verfahren und Vorrichtung zum Richtzentrieren von gefaßten  
optischen Linsen und Baugruppen

---

Titel: Verfahren und Vorrichtung zum Richtzentrieren von gefaßten optischen Linsen und Baugruppen

Anwendungsgebiet der Erfindung:

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung, wodurch es ermöglicht wird, bereits gefaßte optische Linsen und Gruppen von optischen Bauelementen - im folgenden als optische Baueinheiten bezeichnet - so auszurichten, daß deren optische Achse mit der Rotationsachse der Vorrichtung zusammenfällt und dann in der gleichen Vorrichtung die Zentrierung der optischen Baueinheiten durch Oberflächenbearbeitung der Fassungs- teile durchzuführen, so daß die optische Achse und die Formachse dieser optischen Baueinheiten zur weiteren Verwendung, insbesondere in Füllfassungen von Hochleistungsobjektiven, übereinstimmen.

Leistungsfähigen Richtzentrierverfahren für optische Systeme kommt eine große Bedeutung im wissenschaftlichen Gerätebau zu, da die Funktionstüchtigkeit optischer Geräte in entscheidendem Maße vom einwandfreien und beständigen Justier- und Zentrierzustand der optischen Baueinheiten, d. h. der Übereinstimmung der optischen Achse mit ihrer Formachse, abhängt.

Die Erfindung wird insbesondere zum Richtzentrieren optischer Glieder mit Krümmungsradien über 150 mm und unter 20 mm mit hoher Produktivität und Genauigkeit

angewendet. Für den Fall, daß es sich um Baugruppen handelt, wird vorausgesetzt, daß mindestens ein Element als Linse vorliegt, während die übrigen Teile ebene optische Flächen (Krümmungsradius =  $\infty$ ) aufweisen können.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen:

Es ist bereits eine Vorrichtung zum Zentrieren von in Ringen gefaßten optischen Gliedern durch spanabhebende Randbearbeitung der Fassungsringe bekannt, die es ermöglicht, die gefaßten optischen Glieder in einer an der Arbeitsspindel einer Dreh- oder Rundschleifmaschine angebrachten Vorrichtung aufzunehmen, die eine feststellbare Kugelkalotte enthält, die um den Kalottenmittelpunkt kippbar und feststellbar ist. Damit können die gefaßten optischen Glieder nach dem Reflexbildverfahren gerichtet und zur späteren Verwendung in Füllfassungen zentriert werden (DDR-Patent 80 998).

Hierzu ist weiterhin eine produktivitätssteigernde Automatisierungsmöglichkeit bekannt, die darauf beruht, daß ein in Abhängigkeit zum Zentrierfehler unter verschiedenen Winkeln an der Oberfläche der zu zentrierenden Linse reflektiertes Bündel elektromagnetischer Strahlung auf einen fotoelektrischen Detektor projiziert wird. Die dort in Abhängigkeit zum Zentrierfehler ausgelösten elektrischen Impulse werden zur Betätigung mechanischer Stellvorrichtungen an der rotierenden Kugelkalotte nach DDR-Patent 80 998, die die zu zentrierende gefaßte Linse trägt, zum Abgleichen des Zentrierfehlers auf Null benutzt (DDR-Patent 112 316).

Beide bekannten technischen Lösungen sind jedoch für optische Baueinheiten mit Krümmungsradien über 150 mm nicht anwendbar, da verfahrensgemäß die Krümmungsmittelpunkte der Oberflächen der zu zentrierenden optischen Baueinheiten mit dem Mittelpunkt der Kugelkalotte an der Aufnahmevorrichtung zur Koinzidenz

gebracht werden müssen. (Die Erfüllung dieser Bedingung führt jedoch in der Praxis bei Optik-Baueinheiten mit Krümmungsradien über 150 mm zu so großen Auskragungslängen der Richtzentriereinheit, daß die Rotationsstabilität der Arbeitsspindel der Dreh- oder Rundschleifmaschine nicht mehr gewährleistet ist.

Bei Krümmungsradien unter 20 mm ist die Anwendbarkeit dieser bekannten Verfahren und Vorrichtungen ebenfalls nicht möglich, da in diesen Fällen die Genauigkeit des zur Auswertung des Zentrierfehlers verwendeten Reflexbildverfahrens nicht mehr ausreichend gegeben ist.

Zum Stande der Technik gehören außerdem ein Verfahren und eine Vorrichtung, die im wesentlichen mit Hilfe eines Autokollimators, eines Quadrantenfotodetektors und eines Digitalrechners arbeitet, der einen Linsenmanipulator steuert (DDR-Patent 96 337). Der wesentliche Nachteil dieses Verfahrens besteht darin, daß ein bedeutender Aufwand an sehr teuren Meßgeräten und ein elektronischer Rechner notwendig ist. Um die Zustellgenauigkeit der mechanischen Steuerelemente zu realisieren, werden ebenfalls an eine unter laufenden Produktionsbedingungen eingesetzte Vorrichtung unvertretbar hohe technisch-ökonomische Anforderungen gestellt.

Zum Zentrieren von optischen Baueinheiten aller Krümmungsradien ist bereits die Anwendung eines Laserinterferometers vorgeschlagen worden, bei dem die Zentrierung durch Einjustieren der Mittelpunkte von Interferenzringsystemen der einzelnen optischen Flächen auf das Fadenkreuz einer Beobachtungseinrichtung erfolgt. Dieses Verfahren ist nur verwendbar, wenn das Zentriersystem völlig schwingungsfrei gelegert ist, da kleinste Schwingungsamplituden bereits zur Unbrauchbarkeit der Interferenzbilder führen. Der Nachteil dieses Verfahrens besteht demnach darin, daß eine Erfassung der Zentrierfehler bei Rotation der optischen Baueinheiten mit diesem bereits

vorgeschlagenen Verfahren nicht möglich ist, oder es müßte auf einen bedeutenden Faktor zur Steigerung der Meßempfindlichkeit bei gleichzeitig hoher Produktivität verzichtet werden, da die Zentrierung im Stillstand  
5 der Spindel erfolgen muß. Außerdem lassen sich Differenzen des Justierzustandes zwischen Rotation und Stillstand nicht vermeiden.

Ebenfalls bereits bekannt ist ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Positionieren einer oder mehrerer  
10 optischer Linsen, wobei ebenfalls eine Laserlichtquelle verwendet wird. Die Zentrierung erfolgt nach dem Schlagfehler von Beugungspunkten, die durch Aufbereitung des Laserlichtstrahles mit Hilfe einer Blende aufweisenden Anpassungsoptik nach dem Durchdringen der zu  
15 zentrierenden optischen Linsen auf einem Anzeigeschirm entstehen. Die Nachteile dieser technischen Lösung bestehen insbesondere darin, daß sie nur zum Zentrieren ungefaßter Optik geeignet ist und mit einem apparativ stark verlängerten Lichtweg arbeitet (BRD-Auslegeschrift 2 324 872). Nach dem Einfügen dieser so zen-  
20 trierten Optik-Teile in Fassungen muß für erhöhte Leistungsansprüche erneut zentriert werden.

Ziel der Erfindung:

Das Ziel der Erfindung besteht darin, die Nachteile der  
25 bekannten bzw. vorgeschlagenen Verfahren und Vorrichtungen zu vermeiden.

Mit der Erfindung sollen ein Verfahren und eine zu seiner Durchführung geeignete Vorrichtung angegeben werden, mit denen es möglich ist, gefaßte optische Bau-  
30 einheiten mit hoher Präzision bei gleichzeitig hoher Produktivität zu richten und zu zentrieren, wobei die Krümmungsradien der optischen Flächen in Bereichen liegen, die mit den bekannten Verfahren und Vorrichtungen nicht beherrschbar sind.

Außerdem soll das Verfahren und die Vorrichtung

gemäß der Erfindung mit technisch-ökonomisch vertretbarem, apparativen Aufwand unter den Bedingungen der Serienherstellung von Hochleistungsobjektiven verschiedenster Art anwendbar sein.

5 Darlegung des Wesens der Erfindung:

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren anzugeben und eine Vorrichtung zu schaffen, mit denen es möglich wird, gefaßte optische Baueinheiten mit Krümmungsradien der optischen Flächen über 150 mm und unter 20 mm so auszu-  
10 richten, daß unter Wahrung einer rotationsstabilen Auskragungslänge der Richtzentriereinheit die optische Achse der Baueinheiten mit der Rotationsachse der Vorrichtung zusammenfällt. In der gleichen Vorrichtung wird dann die Zentrierung der optischen Baueinheiten durch Oberflächen-  
15 bearbeitung der jeweiligen Fassungsringe durchgeführt, in deren Ergebnis die optische Achse und die Formachse dieser optischen Baueinheiten zur weiteren Verwendung in Füllfassungen von Hochleistungsobjektiven übereinstimmen.

20 Aufgabe der Erfindung ist es weiterhin, die Komponenten des Zentrierfehlers in den verschiedenen Raumkoordinaten einzeln zu erfassen und systematisch zu beseitigen.

Um die Empfindlichkeit zur Erfassung des Zentrierfehlers entsprechend der erforderlichen Zentrierengenauigkeit für Hochleistungsobjektive zu gewährleisten, werden innerhalb des Verfahrens die optimalen Anwendungsbereiche eines Laserinterferometers und eines Reflexbildgerätes  
25 kombiniert.

30 Gemäß der Erfindung wird die Aufgabe durch ein Verfahren zum Richtzentrieren von gefaßten optischen Linsen und Baugruppen von optischen Elementen - zusammenfassend als optische Baueinheiten bezeichnet - insbesondere mit Krümmungsradien über 150 mm und unter 20 mm,  
35 gelöst, bei dem ein durch ein Laserinterferometer

definiertes Bündel elektromagnetischer Strahlung eine Bezugsachse bildet, dadurch gekennzeichnet, daß in einem ersten Verfahrensschritt im stationären Zustand eine Linse mit vorzugsweise symmetrischen, sphärischen optischen Oberflächen mit ihrer optischen Achse durch Verschieben und Verdrehen zur Verwendung als dauerzentriertes Linsennormal auf die Bezugsachse ausgerichtet, zentriert und auf einer Schneidenaufgabe fixiert wird.

Ein weiterer Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, daß das Linsennormal mit der zu zentrierenden gefaßten optischen Baueinheit verbunden und die optische Achse der gefaßten Baueinheit auf die bereits fixierte optische Achse des Linsennormals, die mit der Bezugsachse übereinstimmt, ausgerichtet wird.

Der folgende Verfahrensschritt, bei dem das in sich zentrierte Gesamtsystem aus gefaßter optischer Baueinheit und Linsennormal an der Arbeitsspindel einer Präzisionsdrehmaschine oder Außenrundfräsmaschine aufgenommen und in Rotation unter Kontrolle durch das Reflexbildverfahren nach DDR-Patent 80 998 oder automatisiert nach DDR-Patent 112 316 ausgerichtet wird, ist dadurch gekennzeichnet, daß die Formachse der gefaßten optischen Baueinheit durch Oberflächenfeinbearbeitung ihrer Fassung mit der optischen Achse des dauerjustierten Linsennormals in Übereinstimmung gebracht wird.

Ein weiteres Merkmal des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, daß die verwendeten dauerjustierten Linsennormale vorzugsweise symmetrische sphärische Oberflächen mit Krümmungsradien von 100 - 150 mm in Abhängigkeit zu den Krümmungsradien der auszurichtenden und zu zentrierenden optischen Baueinheiten aufweisen.

Gemäß der Erfindung ist zur Durchführung des Verfahrens eine Vorrichtung aus einer Kombination von mit Fixiervorrichtungen versehenen, in den Raumkoordinaten  $x$ ,  $y$  und  $z$  mit jeweils nur einem Freiheitsgrad der Bewegung

wirkenden Verschiebe-, Verdreh- und Kippteilen notwendig, die dadurch gekennzeichnet ist, daß die zu zentrierende optische Baueinheit in einem in der y-z-Ebene wirkenden Drehteil aufgenommen ist, an das sich ein in y- oder z-Richtung wirkendes Verschiebeteil anschließt, das wiederum mit einem in der y-z-Ebene wirkenden Drehteil verbunden ist, das seinerseits ein in x-z-Ebene um die y-Achse wirkendes Kippteil trägt, das sich in einem Kipplager befindet, in dem das dauerjustierte Linsennormal fixiert ist.

Durch die Anordnung der einzelnen Bauelemente ist die Reihenfolge ihrer Bedienung vorgegeben. Damit wird eine völlige Trennung des Zentrierfehlers in seine einzelnen räumlichen Komponenten und ihre systematische Korrektur ermöglicht.

Ausführungsbeispiele:

Nachstehend wird das erfindungsgemäße Verfahren und die Vorrichtung an zwei Ausführungsbeispielen erläutert. In der dazugehörigen Zeichnung stellt die

Fig. 1 den ersten und zweiten Verfahrensschritt und die entsprechende Anordnung der Vorrichtung und die

Fig. 2 den dritten Verfahrensschritt und die entsprechende Anordnung der Vorrichtung zum Richtzentrieren von optischen Baueinheiten mit Krümmungsradien über 150 mm dar.

Fig. 3 veranschaulicht das Verfahren und die entsprechende Anordnung der Vorrichtung zum Richtzentrieren von optischen Baueinheiten mit Krümmungsradien unter 20 mm.

Ausführungsbeispiel 1: (Krümmungsradien über 150 mm)  
(Fig. 1 und 2)

Der erste Verfahrensschritt (Fig. 1) besteht darin, die optische Achse O-O eines Linsennormals 2 zur Daueranwendung als Grundjustierung in Übereinstimmung mit der

Formachse eines Kipplagers A zu bringen, das sich in einer Kegelaufnahme 6 eines nicht dargestellten Meßtisches befindet.

5 Dabei stimmt die Formachse des Kipplagers A mit einer Bezugsachse U - U überein, die durch einen Laser 4 und einen axial verschiebbaren konvexen oder konkaven Spiegel 5 gebildet wird. Im Ergebnis dieses ersten Verfahrensschrittes befindet sich das Ausgangsstrahlenbündel des Lasers 4 und der Krümmungsmittelpunkt  $M_s$  des Spiegels 5 auf der verlängerten optischen Achse 0-0 des Linsennormals 2.

10 Im Kipplager A ist eine Richtzentriervorrichtung 3 gelagert. Sie besteht aus

- einem Kippteil 31, das eine Drehführung in x-z-Ebene um die y-Achse ermöglicht,
- 15 - einem Drehteil 32, welches eine Drehführung in y-z-Ebene ermöglicht,
- einem Schiebeteil 33, das zu einer Verschiebung in y- oder z-Richtung dient,
- 20 - einem Drehteil 34, womit eine Drehführung in y-z-Ebene ausgeführt werden kann.

Dabei fällt die x-z-Ebene in Fig. 1 mit der Zeichenebene zusammen, die x-y-Ebene ist rechtwinklig zur Zeichenebene gerichtet und durchstößt die x-z-Ebene in der Bezugsachse U-U. Die y-z-Ebene steht rechtwinklig auf den beiden anderen Ebenen. Der gemeinsame Schnittpunkt der drei Ebenen wird als auf der Bezugsachse U-U liegend angenommen.

30 Die Betätigung der einzelnen Elemente der Vorrichtung 3 erfolgt durch von außen einwirkende, der Einfachheit halber nicht dargestellte Positioniereinrichtungen.

Im nächsten Verfahrensschritt (Fig. 1) wird eine auszurichtende optische Baueinheit 1, die sich in einer vorgedrehten Füllfassung 1' befindet, mit Hilfe eines Spannmittels 10 an der Vorrichtung 3 (Drehteil 34) 35 befestigt und so mit dem dauerjustierten Linsennormal 2

mit Hilfe der Vorrichtung 3 zu einem während des Richt-  
zentrierens wirkenden optischen System verbunden. Um die  
optische Achse, der optischen Baueinheit 1 mit der  
bereits auf die durch den Laser 4 und den konvexen oder  
5 konkaven Spiegel 5 gebildeten Bezugsachse U-U ausge-  
richteten optischen Achse 0-0 des Linsennormals 2  
in Übereinstimmung zu bringen, wird zunächst der Scheitel-  
punkt S der optischen Baueinheit 1 axial so abge-  
stimmt, daß er mit dem Drehmittelpunkt  $M_1$  der Dreh-  
10 führung in der x-z-Ebene um die y-Achse am Kippteil 31  
zusammenfällt. Danach erfolgt das Abgleichen der optischen  
Achsen der optischen Baueinheit 1 mit der des Linsen-  
normals 2 mit Hilfe der Richtzentrier-Vorrichtung 3,  
indem folgender Betätigungszyklus der einzelnen Bewe-  
15 gungselemente eingehalten wird:

1. Eindrehen der Parallelversetzung der optischen  
Achsen mit Drehteil 34 relativ zum Schiebeteil 33  
in die jeweilige Verschiebekoordinate mit an-  
schließender Fixierung dieses Zustandes, z. B. durch  
20 Klemmung (Drehführung in y-z-Ebene).
2. Verschiebung mit Schiebeteil 33 in Kombination  
mit Drehteil 34 relativ zum Drehteil 32 und an-  
schließender Fixierung dieses Zustandes, z.B. durch  
Klemmung (Geradführung in y- oder z-Richtung).
- 25 3. Eindrehen des Gesamtkippfehlers mit Drehteil 32  
in Kombination mit Schiebeteil 33 und Drehteil 34  
relativ zum Kippteil 31 und anschließender Fixie-  
rung der Kippung (Drehführung in y'-z-Ebene).
- 30 4. Kippung mit Kippteil 31 in Kombination mit den  
bereits in den vorhergehenden Justierschritten mit-  
einander fixierten Bewegungselementen in Soll-  
stellung relativ zum Kipplager A und dem dauer-  
justierten Linsennormal 2 und Fixierung dieser  
Stellung durch Klemmung (Drehführung in x-z-Ebene  
35 um y-Achse).

Die Kontrolle bzw. Auswertung dieses Vorgangs erfolgt optisch mit Hilfe der Zentrierung von Interferenzringen, die durch das die Bezugsachse U-U bildende Strahlenbündel des Lasers 4 in Verbindung mit dem axial verschiebbaren konvexen oder konkaven Spiegel 5 gebildet werden. Der Spiegel 5 ist dabei axial so zu justieren, daß sein Mittelpunkt  $M_S$  mit dem Brennpunkt F des aus dem Linsennormal 2 und der optischen Baueinheit 1 gebildeten Systems zusammenfällt.

Ist im Ergebnis dieses zweiten Verfahrensschrittes die optische Achse der auszurichtenden und zu zentrierenden optischen Baueinheit 1 mit der auf die laserinterferometrische Bezugsachse U-U ausgerichteten optischen Achse 0-0 des Linsennormals 2 durch von außen auf die Richtzentrivorrichtung 3 einwirkende, nicht dargestellte Positioniereinrichtungen zur Übereinstimmung gebracht und die Richtzentrivorrichtung 3 durch wegen der Übersichtlichkeit ebenfalls nicht dargestellte Vorrichtungen fixiert, kann das Kompaktsystem aus den Teilen 1; 1'; 2; 3 und dem Kipplager A aus der Kegelaufnahme 6 des ebenfalls nicht dargestellten Meßtisches entnommen werden.

Der nunmehr folgende dritte Verfahrensschritt zum Richtzentrieren optischer Baueinheiten mit Krümmungsradien über 150 mm wird in Fig. 2 veranschaulicht.

Das Kompaktsystem aus den Teilen 1; 1'; 2; 3 und dem Kipplager A wird an einem Hilfsgewinde B (vgl. auch Fig. 1) mit einem Abstimmhorn 71 eines Kugelgelenkes 7 nach DDR-Patent 80 998 verschraubt, das direkt an der nicht dargestellten Arbeitsspindel der Zentriereinheit angebracht ist. Bei dem weiteren Richtzentrrierprozess, der nunmehr in Rotation abläuft, ist hervorzuheben, daß mit Hilfe eines optischen Auswertegerätes 8 (z.B. Reflexbildgerät) nicht direkt die eigentliche optische Baueinheit 1, sondern nach dem

Linsennormal 2 mit Hilfe des Kugelgelenkes 7 nach  
DDR-Patent 80 998 während der Rotation der Arbeitsspindel  
justiert wird. Hierdurch wird erreicht, daß auch bei  
optischen Flächen mit Krümmungsgraden über 150 mm rota-  
5 tionsstabile Auskrümmungslängen der Vorrichtung und  
Spindel gewahrt bleiben. Dabei ist der Krümmungsmittel-  
punkt  $M_2$  einer Kugelkalotte 72 mit dem Krümmungs-  
mittelpunkt C des Linsennormals axial so abgestimmt,  
daß beide Punkte auf einer Normalebene zur Bearbeitungs-  
10 achse liegen. Differenzen bezüglich des Richtzustandes  
zwischen der stationären Phase (erster und zweiter Ver-  
fahrensschritt) und dem in Rotation ablaufenden dritten  
Verfahrensschritt werden eliminiert, da das Richtzen-  
trieren der optischen Baueinheit 1 auf ein Justieren  
15 nach dem dauerjustierten Linsennormal 2 übertragen wird  
und die Auswertung und Zustellung automatisiert nach  
DDR-Patent 112 316 erfolgt.

Nach Abschluß des Richtvorgangs nach dem Linsen-  
normal 2 ist auch die zu zentrierende Optik-Baueinheit 1  
20 justiert, da die optischen Achsen der optischen Baueinheit  
1 und die des Linsennormals 2 bereits in den ersten  
beiden Verfahrensschritten zueinander in Übereinstimmung  
gebracht und mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung  
fixiert wurden.

25 Nunmehr kann ein Spannmittel 10 (z. B. eine Zange)  
gelöst werden und zusammen mit der Vorrichtung 3 ein-  
schließlich des Linsennormals 2 im Kipplager A von  
der Optik-Baueinheit 1 entfernt werden.

Ohne weitere Justierarbeiten kann das Zentrieren der  
30 gefaßten und gerichteten optischen Baueinheit 1 durch  
Feindreihen oder Außenrundfräsen an der vorgedrehten Füll-  
fassung 1' abgeschlossen werden, in dessen Ergebnis  
die Achse des äußeren Fassungszyinders (Formachse) mit  
der optischen Achse der Baueinheit zusammenfallen. Damit  
35 ist die gerichtete und zentrierte Baueinheit in Füll-  
fassungen verwendbar.

Ausführungsbeispiel 2 (Krümmungsradien unter 20 mm)  
(vgl. Fig. 3)

Bei Krümmungsradien der optischen Flächen unter 20 mm ist das Verfahren und die Anordnung der Vorrichtung wie in Fig. 3 dargestellt, zu modifizieren. Diese Maßnahme wird dadurch begründet, daß wegen der zu geringen Steifigkeit des Fassungssteils 1' mit dem Hilfsgewinde B (vgl. Fig. 1 und 2) bei Krümmungsradien unter 20 mm keine stabile Verbindung zwischen dem axialen Abstimmhorn 71 und der Richtzentriervorrichtung 3 in den geforderten Genauigkeitstoleranzen geschaffen werden kann.

In Abänderung des Ausführungsbeispiels 1 muß die Richtzentriervorrichtung 3 auch während des dem Richtvorgang folgenden Zentrierens am Fassungssteil 1' an der Zentrierspindel verbleiben.

Das Kugelgelenk 7 nach DDR-Patent 80 998 enthält analog zu Fig. 2 des Ausführungsbeispiels 1 den Abstimmhorn 71, wobei das Linsennormal 2 anstatt im Kipplager A (Ausführungsbeispiel 1) im dauerjustierten und zentrierten Zustand am Abstimmhorn 71 befestigt ist. Die optische Achse vom Linsennormal 2 wird mit der Achse der nicht dargestellten Arbeitsspindel der Zentriermaschine in rotierendem Zustand in bekannter Weise nach DDR-Patent 80 998 bzw. DDR-Patent 112 316 mit Hilfe des Kugelgelenkes 7 in Übereinstimmung gebracht. Wie beim Ausführungsbeispiel 1, Fig. 2 wird auch hier der Krümmungsmittelpunkt C des Linsennormals 2 mit dem Krümmungsmittelpunkt  $M_2$  der Kugelkalotte 72 durch axiale Verschiebung des Abstimmhorns 71 so abgestimmt, daß beide Punkte auf einer Normalebene zur Bearbeitungsachse liegen. Die Fehlererkennung wird durch Anwendung eines optischen Auswertegerätes 8, z. B. eines Reflexbildgerätes, durchgeführt. Dann wird die Richtzentriervorrichtung 3 gemäß der Erfindung mit dem Hilfsgewinde D am Kipplager A mit dem Kugelgelenk 7 verschraubt.

In diesem Falle ist die auszurichtende und zu zentrierende optische Baueinheit 1 in ihrer vorgearbeiteten Fassung 1' mit Hilfe des Hilfgewindes B auf einem axial verschiebbaren Abstimmhorn 9 des Dreh-  
5 teils 34 befestigt. Damit wird die optische Baueinheit 1 axial so ausgerichtet, daß der Scheitelpunkt S ihrer äußeren optischen Oberfläche mit dem Krümmungsmittelpunkt  $M_1$  des Kippteils 31 zusammenfällt.

10 Im nächsten Verfahrensschritt erfolgt die Ausrichtung der optischen Achse der optischen Baueinheit 1 auf die bereits justierte Achse des Linsennormals 2 im Stillstand der Arbeitsspindel durch den im Ausführungs-  
beispiel 1 angegebenen Betätigungszyklus der Bewe-  
15 gungselemente der Vorrichtung 3 mit Hilfe der Zentrierung von Interferenzringen, die durch ein Strahlenbündel des Lasers 4 in Verbindung mit dem axial verschiebbaren Spiegel 5 gebildet werden. Dazu ist es erforderlich, daß die Arbeitsspindel hohl ausgeführt ist und  
20 daß das Strahlenbündel des Lasers 4, z. B. mit Hilfe eines halbdurchlässigen Spiegels 11, mit der optischen Achse vom Linsennormal 2 (identisch mit Spindelachse im Rotationszustand), auf der auch der Krümmungsmittelpunkt  $M_S$  des axial verschiebbaren Spiegels 5 liegt, zur Koinzidenz gebracht wird. Vorausgesetzt wird dabei, daß der  
25 Spiegel 5 bzw. sein Krümmungsmittelpunkt  $M_S$  auf die Spindelachse im Rotationszustand ausgerichtet worden ist und daß der halbdurchlässige Spiegel 11 in bezug auf die Strahlengänge des Lasers 4 bzw. des Reflexbildgerätes 8, wie in Fig. 3 dargestellt, justiert wurde.  
30 Axial ist der Spiegel 5 so zu justieren, daß sein Krümmungsmittelpunkt  $M_S$  mit dem Brennpunkt F des aus dem Linsennormal 2 und der optischen Baueinheit 1 mit Hilfe der Richtzentriervorrichtung 3 gebildeten Systems  
35 zusammenfällt. Im Ergebnis dieses Verfahrensschrittes

befinden sich die optischen Achsen der optischen Baueinheit 1, des Linsennormals 2 und die Achse der Arbeitsspindel in Übereinstimmung.

5           Im letzten Verfahrensschritt erfolgt die Zentrierung durch Feindreuen oder Außenrundfräsen an der Füllfassung 1', in deren Ergebnis die Formachse der gefaßten optischen Baueinheit 1 mit ihrer optischen Achse übereinstimmt.

10           Nach Lösen des Hilfsgewindes B kann eine weitere, bereits in einer vorgearbeiteten Fassung 1' befindliche optische Baueinheit 1 am Abstimmhorn 9 mit Hilfe des Hilfsgewindes B zum Richtzentrieren befestigt werden.

Erfindungsanspruch:

1. Verfahren zum Richtzentrieren von gefaßten optischen Linsen und Baugruppen, insbesondere mit Krümmungsradien der optischen Oberflächen über 150 mm und unter 20 mm, bei dem ein durch ein Laserinterferometer definiertes Bündel elektromagnetischer Strahlung eine Bezugsachse bildet, dadurch gekennzeichnet, daß

5

- in einem ersten Verfahrensschritt im stationären Zustand eine Linse mit vorzugsweise symmetrischen sphärischen Oberflächen mit ihrer optischen Achse durch Verschieben und Verdrehen zur Verwendung als dauerzentriertes Linsennormal auf die Bezugsachse ausgerichtet, zentriert und auf einer Schneidenauflage fixiert wird,
- 10
- in einem zweiten Verfahrensschritt das Linsennormal mit der zu zentrierenden gefaßten optischen Baueinheit zu einem Gesamtsystem verbunden und die optische Achse der gefaßten Baueinheit auf die bereits fixierte optische Achse des Linsennormals, die mit der Bezugsachse übereinstimmt, ausgerichtet wird.
- 15

2. Verfahren zum Richtzentrieren von gefaßten optischen Linsen und Baugruppen, bei dem das nach Punkt 1 gebildete und zentrierte Gesamtsystem aus Linsennormal und gefaßter optischer Baueinheit in einem weiteren Verfahrensschritt an der Arbeitsspindel einer Präzisionsdrehmaschine oder Außenrundfräsmaschine aufgenommen und in Rotation unter Kontrolle durch ein Reflexbildverfahren ausgerichtet wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Formachse der gefaßten optischen Baueinheit durch Oberflächenfeinbearbeitung ihrer Fassung mit der optischen Achse des dauerjustierten Linsennormals in Übereinstimmung gebracht wird.

20

25

30

3. Verfahren nach Punkt 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die dauerzentrierten Linsennormale vorzugsweise symmetrische sphärische Oberflächen mit Krümmungsradien von 100 - 150 mm in Abhängigkeit zu den

35

Krümmungsradien der auszurichtenden und zu zentrierenden optischen Baueinheiten aufweisen.

5 4. Vorrichtung zum Richtzentrieren von gefaßten  
optischen Linsen und Baugruppen aus einer Kombination  
von mit Fixiervorrichtungen versehenen, in Raumkoordinaten  $x$ ,  $y$  und  $z$  mit jeweils nur einem Freiheitsgrad der Bewegung wirkenden Verschiebe-, Verdreh- und Kippteilen, dadurch gekennzeichnet, daß die zu zentrierende optische Baueinheit in einem in der  $y$ - $z$ -Ebene wirkenden Drehteil aufgenommen ist, an das sich ein in  $y$ - oder  $z$ -Richtung wirkendes Verschiebeteil anschließt, das wiederum mit einem in der  $y$ - $z$ -Ebene wirkenden Drehteil verbunden ist, das seinerseits ein in der  $x$ - $z$ -Ebene um die  $y$ -Achse wirkendes Kippteil trägt, das sich in  
10 einem Kipplager befindet, in dem das dauerjustierte  
15 Linsennormal fixiert ist.

Hierzu 3 Seiten Zeichnungen

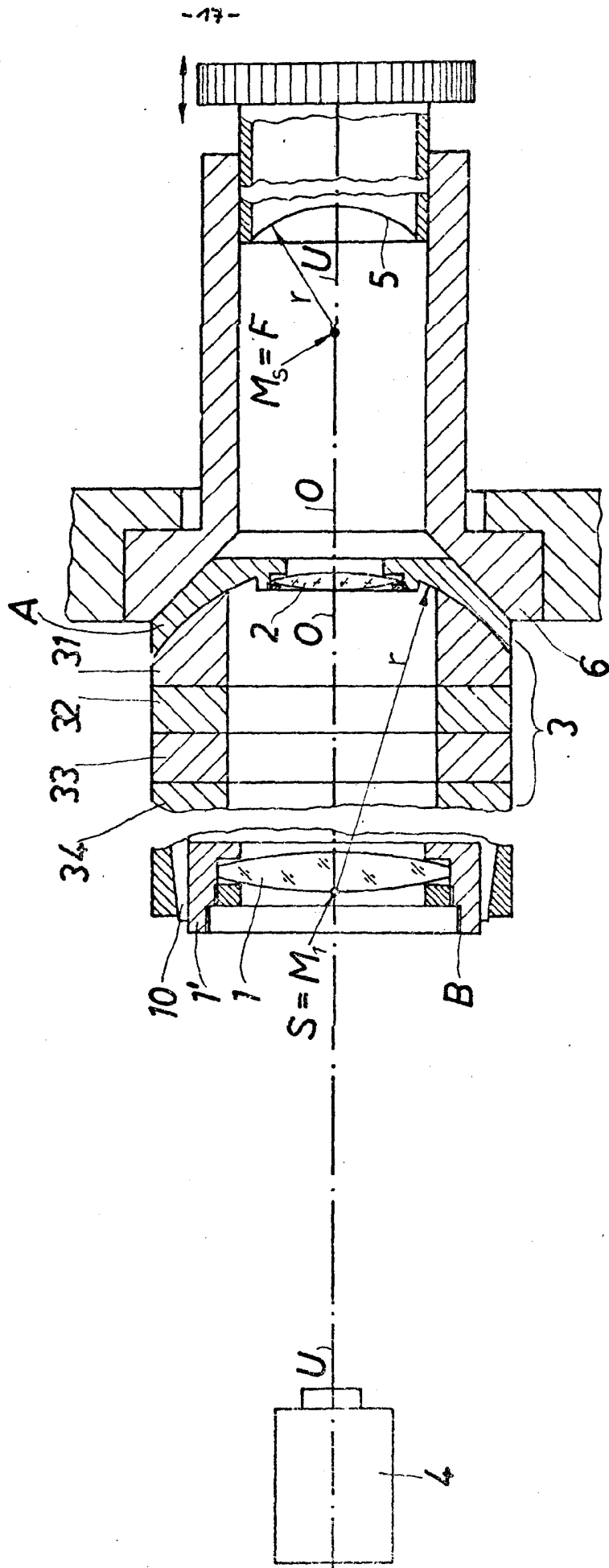


Fig. 1

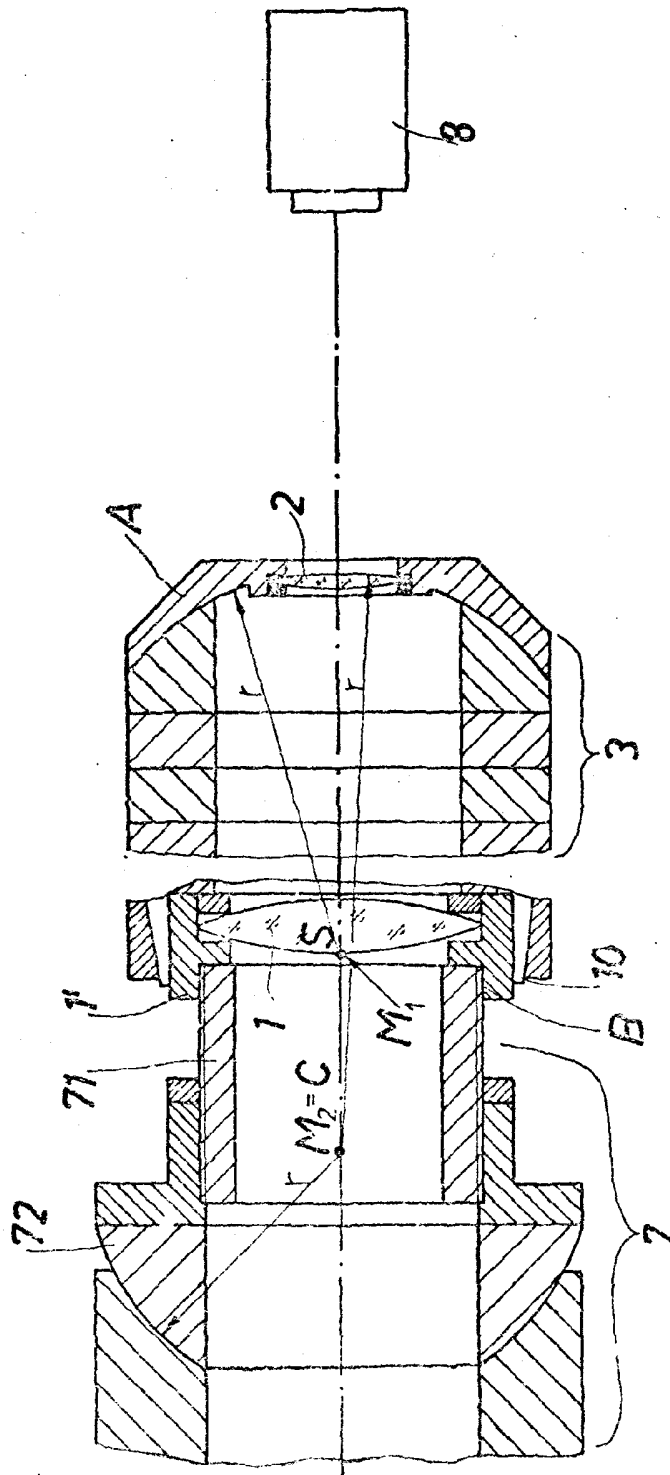


Fig. 2

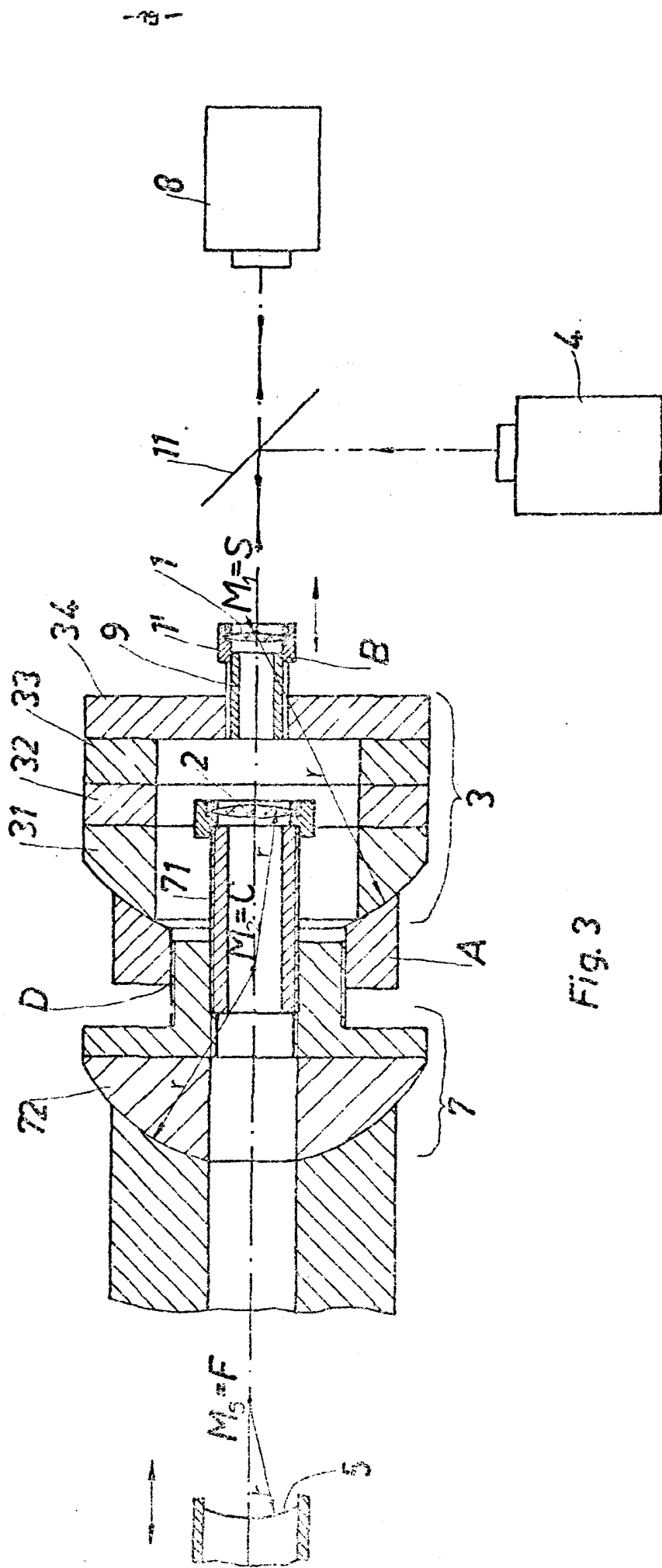


Fig. 3