(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 0 727 280 A1

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
21.08.1996 Patentblatt 1996/34

(51) Int. Cl.[6]: **B24B 13/01**, B24B 53/00

(21) Anmeldenummer: **95101961.1**

(22) Anmeldetag: **14.02.1995**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE ES FR GB IT LI

(71) Anmelder: **Opto Tech GmbH**
D-35435 Wettenberg (DE)

(72) Erfinder: **Mandler, Roland Dipl. Ing.**
D 35452 Heuchelheim (DE)

(74) Vertreter: **Olbricht, Karl Heinrich, Dipl.-Phys.**
Patentanwalt Karl Olbricht,
Postfach 11 43
35095 Weimar (DE)

(54) Vorrichtung und Verfahren zum Polieren sphärischer Linsenoberfläche

(57) Eine Vorrichtung (10) zum Polieren von Glas-Linsen (L) hat als CNC-Werkzeugmaschine einen Vorschubantrieb (18) mit einer rotierend angetriebenen Werkzeugspindel (30) zur Aufnahme eines Polierwerkzeugs (32). An einem zweiten Vorschubantrieb (26) sind in festem Abstand (A) eine drehbar gelagerte Werkstückspindel (40) zur Aufnahme einer Linse (L) und eine parallel zu dieser drehbar gelagerte Werkzeugspindel (41) zur Aufnahme eines Abrichtwerkzeugs (50), beispielsweise eines Topfwerkzeugs, vorhanden. Dabei ist zwischen dem Polierwerkzeug (32) und der Linse (L) bzw. dem Abrichtwerkzeug (50) eine Relativschwenkung ausführbar. Das Polierwerkzeug weist einen Träger (33) zur Aufnahme eines Poliermittelträgers (34) auf, der bevorzugt eine Polyurethanfolie ist. Es wird vor und/oder nach einem Poliervorgang ohne Positionsveränderung mikroprozessorgesteuert abgerichtet, wobei Polierwerkzeug (32) und Abrichtwerkzeug (50) mit gleichem Drehsinn bewegt werden.

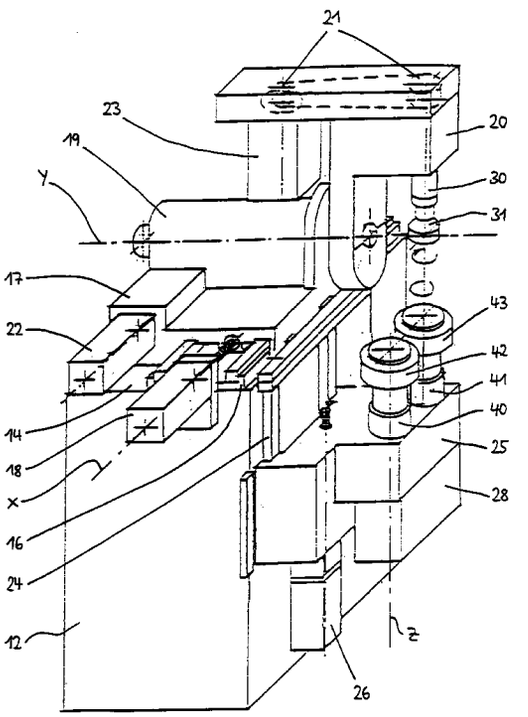

Fig. 4

EP 0 727 280 A1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Polieren sphärischer Linsenoberflächen gemäß den Oberbegriffen der Ansprüche 1 und 13.

Die Bearbeitung von optischem Glas erfolgt in mehreren Bearbeitungsstufen. Zunächst wird die Oberfläche eines grob vorgeformten Glasrohlings in einem oder mehreren Schleifprozessen vorbehandelt und anschließend mittels Feinschleifstufen einem gewünschten Kugelradius angepaßt. Dabei sollte die Radiustoleranz und die noch zulässige Asphärizität unter 1 bis 2 µm liegen. Man erreicht dies beispielsweise im Kugelschnittverfahren oder in einem Tangential-Topfschleifverfahren. Nach dem Feinschleifen hat das Glas gewöhnlich noch eine Rauhtiefe von etwa 3 bis 8 µm, so daß hindurchtretendes Licht wahllos zerstreut wird.

Um eine präzise Abbildung mit einer geschliffenen Linse zu ermöglichen, ist eine weitere Behandlung der Glasoberfläche durch Polieren erforderlich. Dabei wird zum einen die Rauhtiefe weiter verringert, zum anderen werden letzte Abweichungen vom geforderten Kugelradius bzw. von der gewünschten Sphäre beseitigt.

Das Polieren erfolgt durch eine gleitende Bewegung zwischen der Oberfläche des zu bearbeitenden Werkstücks und einem Polierwerkzeug, das als Aufnahme für einen Poliermittelträger ausgebildet ist. Dieser ermöglicht in Verbindüng mit einem Poliermittel den Polierabtrag und damit eine Anpassung bzw. eine Glättung der Werkstückoberfläche.

An den Poliermittelträger und an das Poliermittel werden sehr hohe Anforderungen gestellt. So muß der Poliermittelträger beispielsweise formbar sein, um den erforderlichen Werkstückradius annehmen zu können, er muß sich gut mit dem Werkzeugträger verbinden lassen und er darf keine Verunreinigungen enthalten, die zur Beschädigung der Glasoberfläche führen könnten. Gut geeignet sind z.B. elastomere Folien aus geschäumtem Polyurethan, die aufgrund ihrer guten mechanischen und chemischen Eigenschaften diesen Anforderungen weitgehend gerecht werden. Die Anforderungen an ein Poliermittel sind nicht unmittelbar auf meßbare Größen zurückzuführen, so daß sich die Auswahl und Mischung des Poliermittels im wesentlichen auf Erfahrungswerte stützt. Verwendet werden vorwiegend Suspensionen fein gemahlener Oxide von drei- und vierwertigen Metallen, die allerdings stark von dem zu bearbeitenden Werkstoff abhängen.

Vielfach bestimmt ein Werkzeug bei der Bearbeitung die Gestalt eines Werkstücks. Dies ist jedoch beim Polieren von Glaswerkstoffen nicht in dem Maße gegeben, wie beispielsweise in der zerspanenden Metallbearbeitung. Insbesondere beim Polieren von Glaslinsen erfolgt eine verschleißbedingte Anpassung des Poliermittelträgers an die Oberfläche des Werkstücks, so daß sich bereits nach der Bearbeitung nur weniger Flächen der Werkzeugradius verändert hat. Die Sollkontur der Linsen-Oberfläche liegt rasch außerhalb der vorgegebenen Toleranzen. Dies macht es erforderlich, den Poliermittelträger während des Polierprozesses in regelmäßigen Abständen an den geforderten Kugelradius abzurichten, d.h. so anzupassen, daß die Formtreue und die Griffigkeit des Polierwerkzeugs erhalten bleiben.

Das Abrichten eines Polierwerkzeugs erfolgt gewöhnlich außerhalb der Poliermaschine auf speziellen Abricht-Maschinen. Dabei handelt es sich beispielsweise um Hebelmaschinen mit diamantpelletbelegten Flächenwerkzeugen, deren Einstellung allerdings nur empirisch erfolgen kann. Darüberhinaus muß das Polierkorrekturwerkzeug mittels eines gesondert anzufertigenden Sonderwerkzeugs eingeschliffen werden, bevor die eigentliche Korrektur des Polierwerkzeugs erfolgen kann. Oft sind mehrere Nachkorrekturen des Korrekturwerkzeugs und ggf. auch des Einschleifwerkzeugs erforderlich, so daß dieses Verfahren äußerst mühsam und sehr kostenintensiv ist. Insbesondere hängt der Erfolg dieses Verfahrens von dem Geschick und der Erfahrung des Bedieners ab, so daß speziell geschultes Fachpersonal erforderlich ist. Beim Abrichten mit Flächenwerkzeugen muß für jeden Radius ein eigenes Polierkorrekturwerkzeug angefertigt werden.

Eine aus der DD-A5-294 451 bekannte Abricht-Vorrichtung besitzt eine drehbar gelagerte Spindel zur Aufnahme eines Topfwerkzeugs sowie eine Spindel zur Aufnahme des abzurichtenden Polierwerkzeugs. Letztere läßt sich seitlich und in ihrer Winkellage zur ersten Spindel verstellen, so daß ein vom Abrichtwerkzeug auf dem Polierwerkzeug beschriebener Kontaktkreis genau im Drehmittelpunkt des Polierwerkzeugs eingreift und der Schnittpunkt der beiden Spindelachsen im Ursprung des Funktionsradius einer mit dem Polierwerkzeug zu fertigenden optischen Funktionsfläche liegt. Über eine Zustellung wird das Polierwerkzeug so lange gegen das Abrichtwerkzeug geführt, bis die Fläche auf dem Poliermittelträger gleichmäßig bearbeitet ist. Nach Beendigung des Abrichtvorgangs ist auch hier wieder ein Ummontieren des Polierwerkzeugs von der Abrichtmaschine auf die Poliermaschine erforderlich, was zu ungenutzten Stillstandzeiten führt.

Für das Herstellen von Linsen hoher Präzision, die als hochspezialisierte Produkte in kleinen bis mittleren Serien aufgelegt werden, ist eine derartige Vorgehensweise zu aufwendig und zu teuer. Die zahlreichen Umbauphasen innerhalb des Polierprozesses führen zu hohen Personal- und Werkzeugkosten und damit zu einem hohen Fixkostenanteil bei den Herstellkosten. Damit aber die Produkte auf dem Markt konkurrenzfähig bleiben, ist eine Kostenreduzierung unbedingt erforderlich. Ein weiterer Nachteil der vorgenannten Verfahren besteht darin, daß eine präzise Fehlerbehebung im Polierwerkzeug nicht oder nur bedingt möglich ist, denn die häufigen Wechsel des Polierwerkzeugs von der Poliermaschine auf die Abrichtmaschine und umgekehrt führen zu neuen Ungenauigkeiten. Diese ließen sich selbst mit einem erheblichen mechanischen

Aufwand bezüglich der Werkzeugaufnahmen nur teilweise beseitigen.

Ziel der Erfindung ist es, den Polierprozeß sphärischer Linsen wesentlich zu verbessern und zu beschleunigen. Ferner soll eine geringe Bearbeitungsdauer bei hoher Präzision erreicht werden, ohne daß eine wiederholte Nachbearbeitung notwendig würde. Ein weiteres wichtiges Ziel der Erfindung besteht darin, Auswirkungen des Polierwerkzeugverschleißes auf den Poliervorgang weitestgehend herabzusetzen.

Hauptmerkmale der Erfindung sind im kennzeichnenden Teil der Ansprüche 1 und 13 angegeben. Ausgestaltungen sind Gegenstand der Ansprüche 2 bis 12 und 14 bis 20.

Bei einer Vorrichtung zum Polieren sphärischer Oberflächen von Linsen, namentlich aus Glas, mit einer rotierend angetriebenen Werkzeugspindel zur Aufnahme eines Polierwerkzeugs, das mittels eines Vorschubantriebs entlang einer Achse verfahrbar ist und mit einer drehbar um eine Achse gelagerten Werkstückspindel zur Aufnahme der Linse, die mittels eines Vorschubantriebs in eine Bearbeitungsposition verfahrbar ist, wobei zwischen dem Polierwerkzeug und der Linse eine Relativschwenkung um eine Querachse ausführbar ist, sieht die Erfindung vor, daß parallel zu der Werkstückspindel eine drehbar gelagerte Werkzeugspindel zur Aufnahme eines Abrichtwerkzeugs vorhanden ist. Das Abrichten des Polierwerkzeugs kann damit während des Polierprozesses innerhalb der Poliermaschine durchgeführt werden, was bislang nicht möglich war. Den Polierprozeß unterbrechende Umbau- bzw. Umrüstphasen entfallen, so daß die Bearbeitungszeiten erheblich reduziert werden. Dies wirkt sich äußerst günstig auf die Herstellkosten aus. Darüberhinaus wird die Qualität der polierten Linsen beträchtlich erhöht, weil bisher aufgetretene Wechselungenauigkeiten vollständig entfallen.

Gemäß Anspruch 2 weist die Werkstückspindel und die Werkzeugspindel einen gemeinsamen Vorschubantrieb auf, was vor allem bauliche Vorteile bietet, z.B. eine vereinfachte Rahmen- und Schlittengestaltung. Die Anordnung der Spindeln in festem Abstand zueinander laut Anspruch 3 gewährleistet eine sehr gute Positioniergenauigkeit des Polierwerkzeugs und des Abrichtwerkzeugs.

In der Ausbildung von Anspruch 4 trägt die Werkstückspindel eine Halterung in Form eines Membran-Spannfutters, das mit einem Druckluftanschluß versehen ist. Mit Hilfe von Druckluft kann der Arbeitsdruck und damit die Kraft, mit der die Linse an das Polierwerkzeug gedrückt wird, präzise eingestellt werden, so daß optimale Arbeitsergebnisse erzielt werden. Zudem kann die Membran zum Auswerfen der Linse verwendet werden. Dies ermöglicht eine einfache Handhabung der Linsenaufnahme und einen besonders schonenden Umgang mit der polierten Linse, so daß diese nicht beschädigt wird.

Bevorzugt ist das Abrichtwerkzeug gemäß Anspruch 5 ein Topfwerkzeug. Damit lassen sich sphärische Flächen besonders gleichmäßig und genau bearbeiten. Topfwerkzeuge haben eine außerordentlich gute Standzeit.

Die Weiterbildung von Anspruch 6 sieht vor, daß das Polierwerkzeug in festem Abstand zu der Querachse angeordnet ist, was maschinelle Vorteile bietet, namentlich in bezug auf Reproduzierbarkeit der Einstellungen.

In den Ansprüchen 7 bis 11 sind für den Poliervorgang wichtige Maßnahmen angegeben. So weist das Polierwerkzeug gemäß Anspruch 7 einen Träger zur Aufnahme eines Poliermittelträgers auf, der laut Anspruch 8 eine etwa 0,5 mm dicke geschäumte Folie aus vernetztem elastomerem Polyurethan oder nach Anspruch 9 eine etwa 0,5 mm dicke Desmopanfolie ist. Zum Vorpolieren ist es günstig, wenn der Poliermittelträger, in Einklang mit Anspruch 10, Diamantpellets mit Kunststoffbindung aufweist. Verbunden werden die Poliermittelträger mit dem Träger durch verkleben, der nach Anspruch 11 ein Zweikomponentenkleber sein kann. Dies gewährleistet eine einfache und problemlose Handhabung der Polierfolien.

Eine wichtige Maßnahme der Erfindung besteht laut Anspruch 12 darin, daß die Achsen der Vorschubantriebe die Achsen einer CNC-Maschine sind. Dies führt zu einer enormen Reduzierung der Personalkosten, weil das Abrichten der Polierwerkzeuge auf gesonderten Abrichtmaschinen bisher speziell geschultem Fachpersonal vorbehalten blieb. Nunmehr ist es möglich das Abrichten vollautomatisch und mit überaus geringem Zeitaufwand durchzuführen. Die Fertigungsmöglichkeiten einer modernen CNC-Maschine lassen sich optimal ausnutzen.

Das erfindungsgemäße Verfahren zum Polieren sphärischer Oberflächen von Linsen, namentlich aus Glas, wobei ein rotierend angetriebenes Polierwerkzeug entlang einer Achse bewegt wird und eine drehbar um eine Achse gelagerte gehalterte Linse in eine Bearbeitungsposition gefahren wird und wobei Polierwerkzeug und Linse zueinander eine Relativschwenkung um eine Querachse ausführen, zeichnet sich nach Anspruch 13 dadurch aus, daß das Polierwerkzeug vor und/oder nach einem Poliervorgang ohne Positionsveränderung abgerichtet wird. Dies bewirkt eine wesentliche Vereinfachung und Beschleunigung eines Polierprozesses. Umrüstarbeiten, die beim Abrichten des Polierwerkzeugs bisher unvermeidbar waren, entfallen, ebenso wie die durch die Umbauarbeiten bedingten Wechselungenauigkeiten des Polierwerkzeugs.

Von besonderem Vorteil ist die in Anspruch 14 angegebene Verfahrensweise. Zum Abrichten des Polierwerkzeugs wird ein rotierend angetriebenes Abrichtwerkzeug verwendet, dessen Drehachse zu derjenigen des Polierwerkzeugs parallel verläuft. Dies ermöglicht einen einfachen und robusten mechanischen Aufbau der Poliermaschine, insbesondere der Werkzeug- und Werkstückhalterungen.

Günstige Polierergebnisse erzielt man, wenn nach Anspruch 15 das Polierwerkzeug mittels des Abricht-

werkzeugs auf einen optimalen Kugelradius angenähert wird. Dabei ist werden vorteilhaft, wie Anspruch 16 vorsieht, Polierwerkzeug und Abrichtwerkzeug mit gleichem Drehsinn bewegt und gemäß Anspruch 17 die Drehzahlen bzw. die Drehzahl-Unterschiede der Spindeln gesteuert eingehalten.

Die in den Ansprüchen 18 und 19 angegebenen Maßnahmen sind von besonderem Vorteil, denn danach erfolgt das Abrichten des Polierwerkzeugs prozessorgesteuert, z.B. über eine Steuereinheit in Verbindung mit einem Mikroprozessor-Rechner, erfolgt, wobei die Steuereinheit einer CNC-Maschine verwendet wird. Der Polier- bzw. Abrichtbetrieb läßt sich vollautomatisch durchführen. Selbst der Einsatz von ungeschultem Personal ist problemlos möglich, da alle wichtigen Vorgänge von der Maschine selbstätig ausgeführt werden können.

Anspruch 20 sieht vor, daß die Linse während der Bearbeitung mittels Druckluft an das Polierwerkzeug gedrückt wird. Auf diese Weise läßt sich die Anpreßkraft und damit der Abrieb des Polierwerkzeugs optimal steuern. Eine Anpassung des Anpreßdrucks an die verwendeten Polierfolien und Poliermittel ist möglich.

Eine wichtige Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens geht aus Anspruch 21 hervor, wonach der Poliervorgang ohne Schwenkbewegung des Polierwerkzeugs durchgeführt wird. Auf diese Weise liegt der Scheitelpunkt des Werkzeugs in Höhe der Schwenkachse, so daß Radien von etwa -2,5/+2,5 mm bis -/+ ∞ (plan) poliert werden können. Anspruch 22 sieht dagegen vor, daß das Polierwerkzeug während des Poliervorgangs eine Schwenkbewegung um die Querachse ausführt. Dabei liegt der Scheitelpunkt des Werkzeugs ebenfalls in Höhe der Schwenkachse und es können Radien von etwa -2,5/+2,5 mm bis -/+ ∞ (plan) poliert werden.

Um für die verschiedensten Glasmaterialien optimale Polierergebnisse erzielen zu können ist es günstig, wenn laut Anspruch 23 zwischen Polierwerkzeug und Linse ein Poliermittel eingebracht wird, das sich nach Anspruch 24 bevorzugt aus Ceroxid (CeO_2) in wässriger Lösung zusammensetzt.

Eine weitere Verkürzung der Bearbeitungszeit erzielt man, wenn eine Überprüfung der geometrischen Eigenschaften der polierten Linse gemäß Anspruch 25 innerhalb der Maschine durchgeführt wird.

Weitere Merkmale, Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus dem Wortlaut der Ansprüche sowie aus der folgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels anhand der Zeichnungen. Darin zeigen:

Fig. 1 ein Grundschema einer Polier-Vorrichtung in Verbindung mit einer CNC-Werkzeugmaschine,

Fig. 2 eine schematische Seitenansicht eines Polierwerkzeugs bei sphärischer Linsenbearbeitung,

Fig. 3 eine schematische Seitenansicht eines Polierwerkzeugs während des Abricht-Vorgangs und

Fig. 4 eine schematisierte Schrägansicht einer CNC-Poliermaschine.

Eine in Fig. 1 insgesamt mit 10 bezeichnete Poliervorrichtung ist auf der Grundlage einer CNC-Werkzeugmaschine aufgebaut und mit (nicht gezeigten) hochdynamischen Servomotoren ausgestattet. Nicht dargestellte Interpolatoren sorgen dafür, daß die Werkzeugführung nach Vorgabe der Bearbeitungskontur in feinsten Schritten - d.h. quasikontinuierlich - gesteuert werden kann und so die Herstellung exakt polierter Oberflächen gewährleistet. Insbesondere können Ausgleichsbewegungen durch numerische Steuerung von Vorschubantrieben berücksichtigt werden.

Fig. 1 zeigt schematisch die modulare Grundstruktur der Poliervorrichtung 10. Sie hat als CNC-Poliermaschine eine Bedientafel B, vorzugsweise mit einem Bildschirm, sowie einen Eingabeteil E, der als Tastatur ausgebildet sein kann. Beide Einheiten B, E stehen mit einem Mikroprozessor-Rechner R in Verbindung, der die Berechnung der Bearbeitungskonturen durchführt und die notwendigen Steuerbefehle an eine Steuereinheit S zur Ansteuerung von Achsen X, Y, Z weiterleitet. Die Eingabe der erforderlichen Linsen-Parameter zur Berechnung der Bearbeitungskontur erfolgt entweder über die Tastatur oder über eine geeignete (nicht gezeigte) Daten-Schnittstelle. Die Bewegungen der einzelnen CNC-Achsen X, Y, Z werden mit Hilfe von Präzisionsmeßsystemen M1, M2, M3 überwacht, die mit dem Rechner R verbunden sind, so daß notwendige Korrekturen sofort an die Steuereinheit S weitergeleitet werden können. Abweichungen von den Vorgabewerten lassen sich sofort in Korrekturvorgaben umsetzen, die einen entsprechenden Abrichtvorgang des Polierwerkzeugs steuern.

Eine geeignete Poliervorrichtung 10 hat gemäß Fig. 4 ein Gestell 12 mit einer Tischfläche 14, auf dem ein Horizontalrahmen 16 angeordnet ist. Darauf ist ein Schlitten 17 mit einem Gehäuse 19 verschieblich gelagert. Mit dem Gehäuse 19 ist ein Kopf 20 verbunden, der einen Riementrieb 21 enthält und eine von einem Motor 23 angetriebene Werkzeugspindel 30 haltert. An einem Vertikalrahmen 24 ist ein Schlitten 25 angeordnet, der einen Drehantrieb 28 für zwei parallel an dem Schlitten 25 gehalterte Rotationsspindeln 40, 41 aufweist. Die erste Spindel 40 trägt eine Aufnahmevorrichtung 42 für eine Linse L, die zweite Spindel 41 eine Halterung 43 für ein Abrichtwerkzeug 50 (siehe Fig. 2 und 3). Dabei ist es problemlos möglich, die Positionen der Spindeln 40, 41 untereinander auszutauschen, so daß die Spindel 40 das Abrichtwerkzeug 50 und die Spindel 41 die zu polierende Linse L trägt.

An der Werkzeugspindel 30 ist eine Halterung 31 befestigt, die ein Polierwerkzeug 32 aufnimmt. Dieses besitzt einen Träger 33 mit einem Poliermittelträger 34, z.B. eine geschäumte Folie aus vernetztem elastome-

rem Polyurethan mit einer Dicke von wenigstens 0,5 mm. Derartige Folien besitzen eine hohe Zugfestigkeit bei großer Bruchhemmung und weisen ein gutes Rückformverhalten auf, was für eine Anwendung als Polierfolie sehr wichtig ist. Daneben besitzen sie gute Dämpfungseigenschaften und eine gute Haftfähigkeit auf Metallen. Je nach Anwendungsfall kann die Folie auch dicker als 0,5 mm ausgebildet sein, z.B. bis zu 1 mm.

Der Schlitten 17 ist mittels eines ersten Vorschubantriebs 18 in Richtung einer Achse X beweglich. Für den Schlitten 25 ist ein zweiter Vorschubantrieb 26 vorgesehen, der eine Bewegung in Richtung einer Achse Z ermöglicht. Der Kopf 20 ist um eine Querachse Y schwenkbar, wozu ein dritter Vorschubantrieb 22 dient, der parallel zur Achse X angeordnet ist. Man erkennt, daß durch einfaches Zusammenwirken der beiden Linearantriebe 18, 26 in Richtung der Achsen X und Z die Werkzeugspindel 30 mit seinem Polierwerkzeug 32 entweder über die Linse L auf der Halterung 42 oder über das Abrichtwerkzeug 50 auf der Halterung 43 verfahrbar ist. Durch die Schwenkbewegung des Kopfes 20 um die Querachse Y in Verbindung mit den Drehbewegungen der Spindeln 30, 40, 41 lassen sich die für das Polieren des Werkstücks L und die für das Abrichten des Polierwerkzeugs 32 notwendigen Bewegungen problemlos erzeugen.

Zu Beginn eines Polierprozesses wird die Linse L in der Aufnahmevorrichtung 42 eingespannt. Dabei handelt es sich um ein spezielles Membran-Spannfutter mit einer (nicht gezeigten) Gummi-Membran, das über eine (nicht dargestellte) Vorrichtung mit Druckluft beaufschlagt werden kann. Das Abrichtwerkzeug 50, beispielsweise ein spezielles Topfabrichtwerkzeug, wird in die Halterung 43 der Spindel 41 eingesetzt. Linse L und Abrichtwerkzeug 50 werden mittels des Vorschubantriebs 28 in ihre Arbeits-Position gefahren. Anschließend werden die für die Linsenbearbeitung notwendigen Daten-Parameter aufgerufen, so daß der Rechner R die erforderliche Bearbeitungskontur ermitteln kann.

Das bereits in der Werkzeugspindel 30 angebaute Polierwerkzeug 32 wird nun mittels der Vorschubantriebe 18, 26 über das Abrichtwerkzeug 32 gefahren und entsprechend der geforderten Geometrien abgerichtet. Danach bewegt sich das optimal vorbereitete Polierwerkzeug 32 in die Arbeitsposition über der ersten Spindel 40 mit der zu polierenden Linse L. Der Poliervorgang kann nunmehr einfach oder in menügeführter Segmentkorrekturtechnik ablaufen.

Zwischen Linse L und Polierwerkzeug 32 wird mittels einer (nicht dargestellten) Zuführ-Vorrichtung ein Poliermittel eingebracht, dessen Auswahl und Mischung von dem zu bearbeitenden Glas-Werkstoff abhängt. Bevorzugt verwendet man Ceroxid CeO_2 in einer wässrigen Lösung. In Abhängigkeit von dem zu polierenden Material, dem verwendeten Poliermittelträger 34 und dem eingesetzten Poliermittel wird über die (nicht gezeigte) Gummi-Membran auf die Linse L eine optimale Anpreßkraft ausgeübt, die von dem Prozeßrechner R und der Steuereinheit S mittels der Druckluft optimal angepaßt werden kann.

Nach Beendigung eines Poliervorgangs kann die Oberfläche der Linse L außerhalb der Maschine 10 oder, falls eine geeignete Meßtechnik eingebaut ist, auch innerhalb der Maschine 10 vermessen werden. Dabei festgestellte Geometriefehler werden dann entweder über den Eingabeteil E oder über die Daten-Schnittstelle an den Rechner R übermittelt. Dieser überträgt die Korrekturdaten an die Steuereinheit S, die mittels der CNC-Achsen X, Y, Z das Polierwerkzeug 32 erneut über das Abrichtwerkzeug 50 fährt. Das Werkzeug 32 wird entsprechend der Korrekturvorgaben optimal abgerichtet.

Die während eines Polierprozesses gewonnenen Daten über die Sollform der Linsen-Oberfläche und deren Abweichungen von den Sollvorgaben sowie über die Auswirkungen der Veränderung einzelner Parameter wie z.B. Poliermittelträger, Poliermittel oder Glaswerkstoff, werden in einem (nicht dargestellten) Speicher abgelegt und können jederzeit abgerufen werden. Auf diese Weise lassen sich viele verschiedene Oberflächengeometrien effektiv und mit äußerst genauer Reproduzierbarkeit herstellen; selbst ungewöhnliche Oberflächenstrukturen lassen sich problemlos zwischen zwei Linsenserien anfertigen ohne aufwendige Umrüstarbeiten durchführen zu müssen. Nach erfolgter Polierwerkzeug-Korrektur erfolgt der Endpoliervorgang oder das Polieren einer nachfolgenden Linse dieser Serie.

Die Erfindung ist nicht auf eine der vorbeschriebenen Ausführungsformen beschränkt, sondern in vielfältiger Weise abwandelbar. So ist es beispielsweise möglich, die Spindeln 40, 41 auf getrennten Linearführungen anzuordnen und jeweils mit einen eigenen Antrieb zu versehen. Besondere Vorteile können sich ergeben, wenn die oben beschriebene Poliervorrichtung 10 auch als Schiefvorrichtung verwendet wird. Dazu muß lediglich das Polierwerkzeug 32 durch ein Schleifwerkzeug, z.B. ein Topfwerkzeug, ausgetauscht werden und ein entsprechendes Schleifprogramm in den Mikroprozessor-Rechner R geladen werden, was aufgrund der verwendeten Derivativ-Software jederzeit problemlos möglich ist. Mittels der parallel zur Werkstückspindel 40 angeordneten Werkzeugspindel 41, kann auch des Topfwerkzeug innerhalb der Maschine 10 bei Bedarf nachgearbeitet werden. Die präzise geschliffene Linse L wird anschließend auf der umgerüsteten Maschine 10 poliert werden. Der Gesamte Produktionsablauf zum Herstellen einer Linsenserie kann auf einer einzigen Maschine erfolgen, was vor allem für Kleinbetriebe im Hinblick auf niedrige Anschaffungskosten für Schleif- und Poliermaschinen von Vorteil ist.

Wesentliche Vorteile der Erfindung beruhen darauf, daß ein Auswechseln des Polierwerkzeugs 32 vor oder nach dem Poliervorgang nicht mehr notwendig ist, weil das Abrichten des Poliermittelträgers 34 unmittelbar in der Poliermaschine erfolgt. Die Bearbeitungszeiten ein-

zelner Kleinserien werden erheblich reduziert, was sich äußerst günstig auf die Herstellkosten auswirkt. Wechselungenauigkeiten treten nicht mehr auf, so daß sich Nachjustierungen weitestgehend erübrigen und auch weniger Ausschußware anfällt.

Man erkennt, daß eine Vorrichtung 10 zum Polieren von Glas-Linsen L als CNC-Werkzeugmaschine einen Vorschubantrieb 18 mit einer rotierend angetriebenen Werkzeugspindel 30 zur Aufnahme eines Polierwerkzeugs 32 hat. An einem zweiten Vorschubantrieb 26 sind in festem Abstand A eine drehbar gelagerte Werkstückspindel 40 zur Aufnahme einer Linse L und eine parallel zu dieser drehbar gelagerte Werkzeugspindel 41 zur Aufnahme eines Abrichtwerkzeugs 50, beispielsweise eines Topfwerkzeugs, vorhanden. Dabei ist zwischen dem Polierwerkzeug 32 und der Linse L bzw. dem Abrichtwerkzeug 50 eine Relativschwenkung ausführbar. Das Polierwerkzeug weist einen Träger 33 zur Aufnahme eines Poliermittelträgers 34 auf, der bevorzugt eine Polyurethanfolie ist. Es wird vor und/oder nach einem Poliervorgang ohne Positionsveränderung mikroprozessorgesteuert abgerichtet, wobei Polierwerkzeug 32 und Abrichtwerkzeug 50 mit gleichem Drehsinn bewegt werden.

Sämtliche aus den Ansprüchen, der Beschreibung und der Zeichnung hervorgehenden Merkmale und Vorteile, einschließlich konstruktiver Einzelheiten, räumlicher Anordnungen und Verfahrensschritten, können sowohl für sich als auch in den verschiedensten Kombinationen erfindungswesentlich sein.

Bezugszeichenliste

A	Abstand
B	Bedientafel
E	Eingabeteil
L	Linse
M1, M2, M3	Meßsystem
R	Mikroprozessor-Rechner
S	Steuereinheit
X, Y, Z	Achse
10	Poliervorrichtung
12	Gestell
14	Tischfläche
16	Horizontalrahmen
17	Schlitten
18	Vorschubantrieb
19	Gehäuse
20	Kopf
21	Riementrieb
22	Vorschubantrieb
23	Motor
24	Vertikalrahmen
25	Schlitten
26	Vorschubantrieb
28	Drehantrieb
30	Werkzeugspindel
31	Halterung
32	Polierwerkzeug
33	Träger
34	Poliermittelträger
40, 41	Rotationsspindel
42	Aufnahmevorrichtung
43	Halterung
50	Abrichtwerkzeug

Patentansprüche

1. Vorrichtung (10) zum Polieren sphärischer Oberflächen von Linsen (L), namentlich aus Glas, mit einer rotierend angetriebenen Werkzeugspindel (30) zur Aufnahme eines Polierwerkzeugs (32), das mittels eines Vorschubantriebs (18) entlang einer Achse (X) verfahrbar ist und mit einer drehbar um eine Achse (Z) gelagerten Werkstückspindel (40) zur Aufnahme der Linse (L), die mittels eines Vorschubantriebs (26) in eine Bearbeitungsposition verfahrbar ist, wobei zwischen dem Polierwerkzeug (32) und der Linse (L) eine Relativschwenkung um eine Querachse (Y) ausführbar ist, dadurch **gekennzeichnet**, daß parallel zu der Werkstückspindel (40) eine drehbar gelagerte Werkzeugspindel (41) zur Aufnahme eines Abrichtwerkzeugs (50) vorhanden ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Werkstückspindel (40) und die Werkzeugspindel (41) einen gemeinsamen Vorschubantrieb (26) aufweisen.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Werkstückspindel (40) und die Werkzeugspindel (41) in festem Abstand (A) zueinander angeordnet sind.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Werkstückspindel (40) eine Halterung (42) in Form eines Membran-Spannfutters trägt, das mit einem Druckluftanschluß versehen ist.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch **gekennzeichnet**, daß das Abrichtwerkzeug (50) ein Topfwerkzeug ist.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch **gekennzeichnet**, daß das Polierwerkzeug (32) in festem Abstand zu der Querachse (Y) angeordnet ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch **gekennzeichnet**, daß das Polierwerkzeug (32) einen Träger (33) zur Aufnahme eines Poliermittelträgers (34) aufweist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch **gekennzeichnet**, daß der Poliermittelträger (34) eine geschäumte Folie aus vernetztem elastome-

rem Polyurethan ist, vorzugsweise mit einer Dicke von etwa 0,5 mm.

9. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch **gekennzeichnet**, daß der Poliermittelträger (34) eine Desmopanfolie ist, vorzugsweise mit einer Dicke von etwa 0,5 mm.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch **gekennzeichnet**, daß der Poliermittelträger (34) Diamantpellets mit Kunststoffbindung aufweist.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 10, dadurch **gekennzeichnet**, daß der Poliermittelträger (34) mit dem Träger (33) verklebt ist, vorzugsweise mit Zweikomponentenkleber.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Achsen (X, Y, Z) der Vorschubantriebe (18, 22, 26) die Achsen einer CNC-Maschine sind.

13. Verfahren zum Polieren sphärischer Oberflächen von Linsen (L), namentlich aus Glas, wobei ein rotierend angetriebenes Polierwerkzeug (32) entlang einer Achse (X) bewegt wird und eine drehbar um eine Achse (Z) gelagerte, gehalterte Linse (L) in eine Bearbeitungsposition gefahren wird und wobei Polierwerkzeug (32) und Linse (L) zueinander eine Relativschwenkung um eine Querachse (Y) ausführen, dadurch **gekennzeichnet**, daß das Polierwerkzeug (32) vor und/oder nach einem Poliervorgang ohne Positionsveränderung abgerichtet wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch **gekennzeichnet**, daß zum Abrichten des Polierwerkzeugs (32) ein rotierend angetriebenes Abrichtwerkzeug (50) verwendet wird, dessen Drehachse zu derjenigen des Polierwerkzeugs (32) parallel verläuft.

15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, dadurch **gekennzeichnet**, daß das Polierwerkzeug (32) mittels des Abrichtwerkzeugs (50) auf einen optimalen Kugelradius angenähert wird.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch **gekennzeichnet**, daß Polierwerkzeug (32) und Abrichtwerkzeug (50) mit gleichem Drehsinn bewegt werden.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 16, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Drehzahlen bzw. die Drehzahl-Unterschiede der Spindeln (30, 40, 41) gesteuert eingehalten werden.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 17, dadurch **gekennzeichnet**, daß das Abrichten des Polierwerkzeugs (32) prozessorgesteuert, z.B. über eine Steuereinheit (S) in Verbindung mit einem Mikroprozessor-Rechner (R), erfolgt

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 18, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Steuereinheit (S) einer CNC-Maschine verwendet wird.

20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 19, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Linse (L) während der Bearbeitung mittels Druckluft an das Polierwerkzeug (32) gedrückt wird.

21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 20, dadurch **gekennzeichnet**, daß der Poliervorgang ohne Schwenkbewegung des Polierwerkzeugs (32) durchgeführt wird.

22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 21, dadurch **gekennzeichnet**, daß das Polierwerkzeug (32) während dem Poliervorgang eine Schwenkbewegung um die Querachse (Y) ausführt.

23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 22, dadurch **gekennzeichnet**, daß zwischen Polierwerkzeug (32) und Linse (L) ein Poliermittel eingebracht wird.

24. Vorrichtung nach Anspruch 23, dadurch **gekennzeichnet**, daß das als Poliermittel bevorzugt Ceroxid (CeO_2) in wässriger Lösung verwendet wird.

25. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 24, dadurch **gekennzeichnet**, daß eine Überprüfung der geometrischen Eigenschaften der polierten Linse (L) innerhalb der Maschine (10) durchgeführt wird.

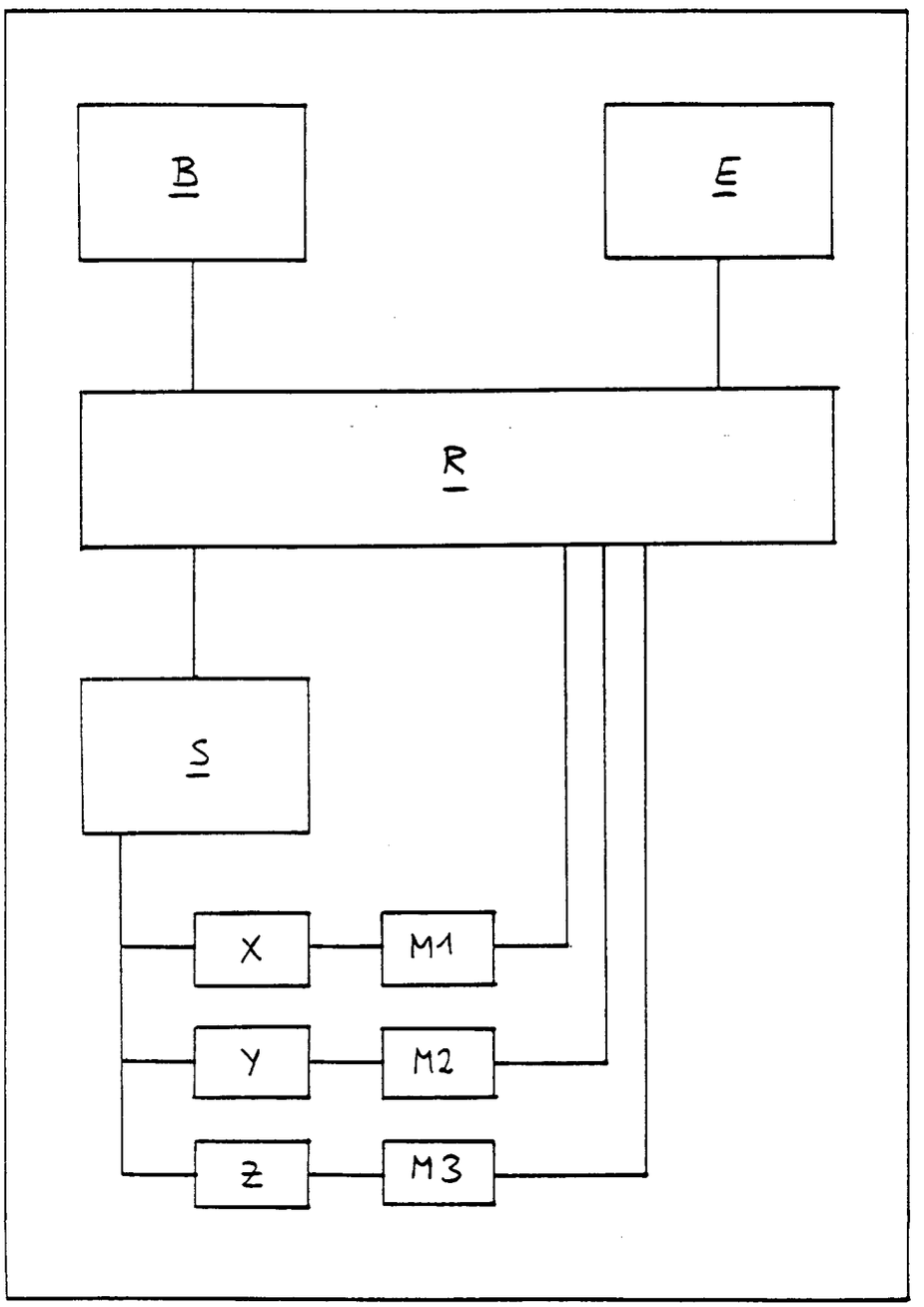

Fig. 1

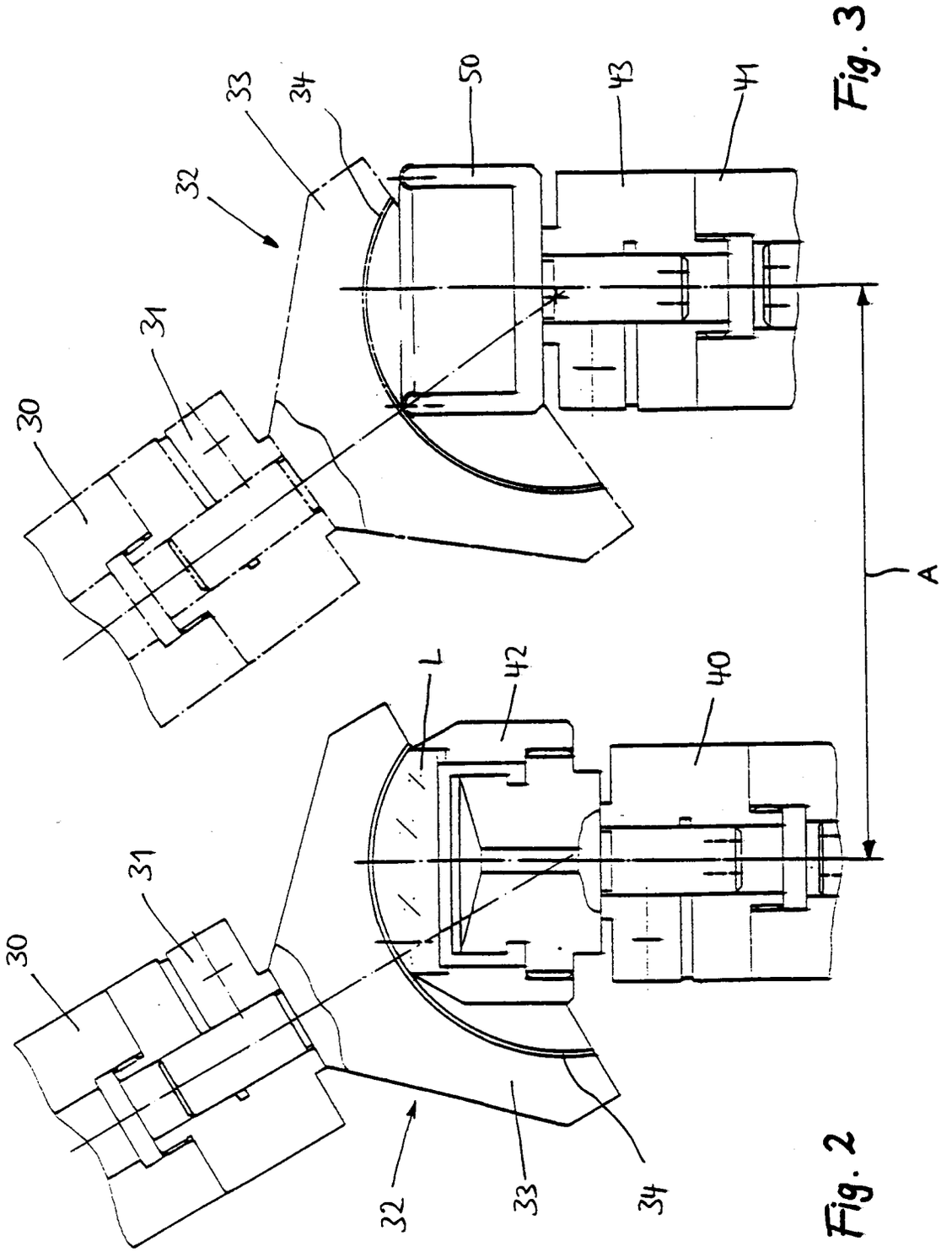

Fig. 3

Fig. 2

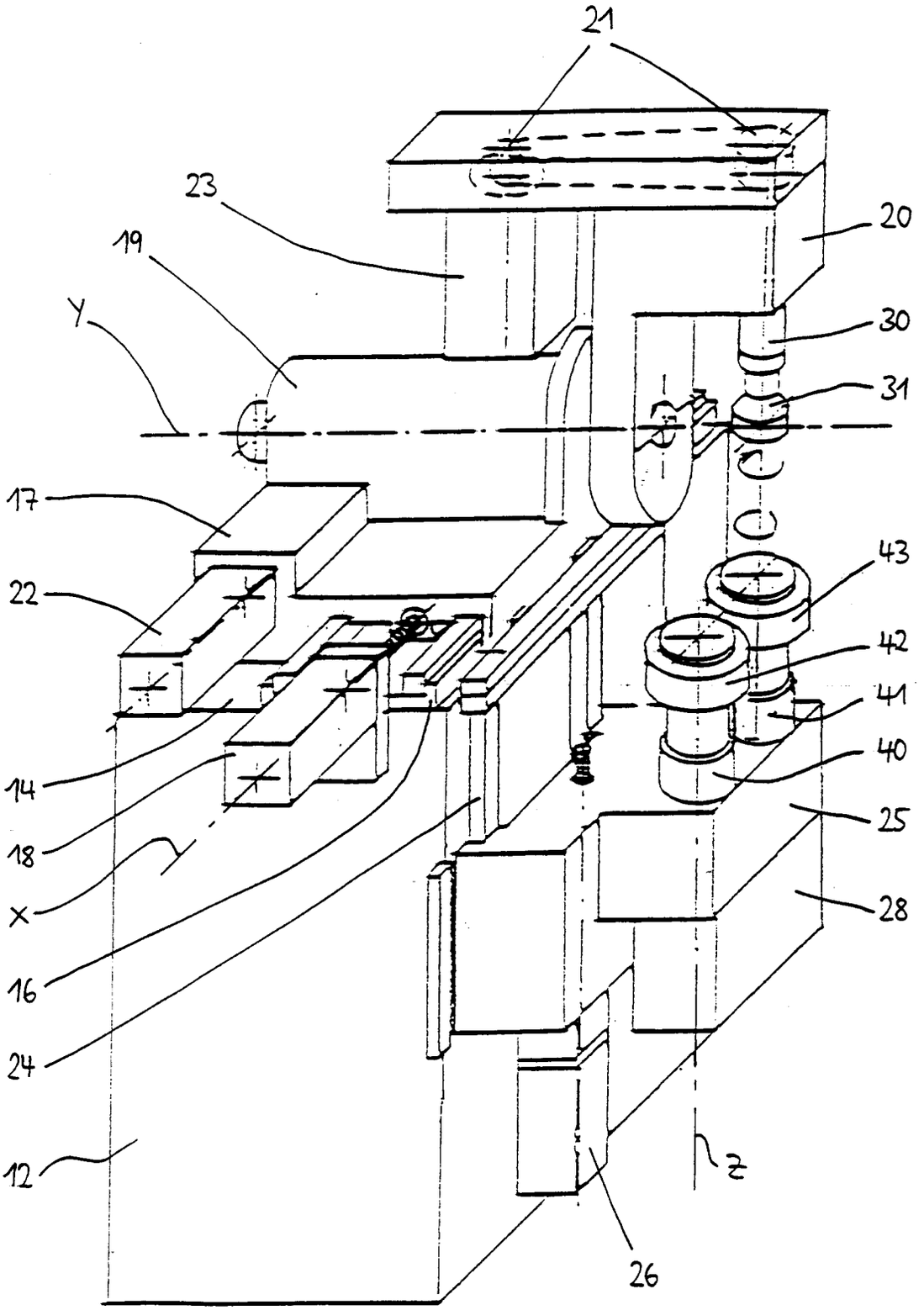

Fig. 4

Europäisches Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 95 10 1961

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
Y	DE-A-39 32 197 (OLYMPUS OPTICAL CO) 26.April 1990 * Spalte 3, Zeile 57 - Spalte 4, Zeile 58; Abbildungen * ---	1,2,4,6, 12-14, 17-23	B24B13/01 B24B53/00
Y	DE-A-40 21 722 (OLYMPUS OPTICAL CO) 24.Januar 1991 * Spalte 3, Zeile 54 - Spalte 4, Zeile 40; Abbildungen * ---	1,2,4,6, 12-14, 17-23	
A	DE-A-41 08 740 (BUDERUS SCHLEIFTECHNIK) 24.September 1992 * Spalte 1, Zeile 65 - Spalte 2, Zeile 11; Abbildungen * ---	3	
D,A	DD-A-294 451 (CARL ZEISS JENA GMBH) 2.Oktober 1991 * das ganze Dokument * -----	5,7-11, 15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6) B24B

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt

Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
DEN HAAG	16.Juni 1995	Garella, M

KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE

X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie
A : technologischer Hintergrund
O : nichtschriftliche Offenbarung
P : Zwischenliteratur

T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze
E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
D : in der Anmeldung angeführtes Dokument
L : aus andern Gründen angeführtes Dokument

& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)