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

(11) **EP 1 867 430 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
19.12.2007 Patentblatt 2007/51

(51) Int Cl.:
B24B 13/005 *(2006.01)* ***B24B 13/00*** *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **07010309.8**

(22) Anmeldetag: **24.05.2007**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU

(30) Priorität: **16.06.2006 DE 102006028164**

(71) Anmelder: **Satisloh AG**
6340 Baar (CH)

(72) Erfinder:
- **Schäfer, Holger**
  35789 Weilmünster (DE)
- **Diehl, Joachim**
  35398 Giessen (DE)
- **Urban, Lothar**
  35606 Solms (DE)

(74) Vertreter: **Oppermann, Mark**
Oppermann & Oppermann
Patentanwälte
Am Wiesengrund 35
63075 Offenbach (DE)

(54) **Schleif- und Poliermaschine zum Schleifen und/oder Polieren von Werkstücken in optischer Qualität**

(57) Es wird eine Schleif- und Poliermaschine (10) für insbesondere Linsen (17) offenbart, die mindestens eine Werkzeugspindel (30, 31) und mindestens eine Werkstückspindel (14, 15) aufweist, die in senkrecht zueinander stehenden Richtungen relativverstellbar sind. Dabei ist die Werkzeugspindel endseitig zur gleichachsigen Aufnahme jeweils eines Werkzeugs ausgebildet und in einem Spindelgehäuse (28) gelagert, welches um eine rechtwinklig zur Werkzeugspindel angeordnete Schwenkachse (29) schwenkbar ist, um jeweils ein Werkzeug für einen Bearbeitungseingriff bereitzustellen. Ferner ist eine Einrichtung vorgesehen, mit welcher die Werkzeugspindel in beliebige definierte Winkelpositionen bezüglich der Werkstückspindel verdrehbar ist. Erfindungsgemäß besteht diese Einrichtung aus nur einem an der Schwenkachse angeordneten Antrieb (26), mittels dessen die Werkzeugspindel um die Schwenkachse sowohl für den gewünschten Bearbeitungseingriff verschwenkbar als auch in besagte Winkelpositionen bezüglich der Werkstückspindel verdrehbar ist, so daß eine hochgenau arbeitende und kompakt bauende Maschine geschaffen ist, die es auf einfache und kostengünstige Weise ermöglicht, mehrere Schleif- und Polierwerkzeuge einzusetzen.

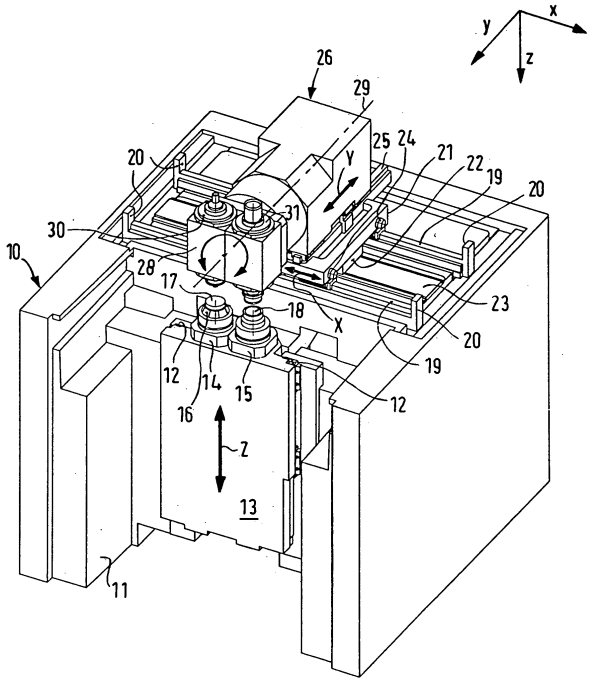


FIG. 1

EP 1 867 430 A1

Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Schleif- und Poliermaschine zum Schleifen und/oder Polieren von Werkstücken in optischer Qualität, insbesondere von Linsen, entsprechend dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Neben der Bearbeitung von Linsen sollen auch komplexe optische Bauteile sowie Formeinsätze mit der Maschine bearbeitbar sein.

STAND DER TECHNIK

[0002] Für die Durchführung komplexer Bearbeitungsabläufe sind bisher eine oder auch mehrere Schleif- und Poliermaschinen mit einer Mehrzahl genau laufender Werkzeuge erforderlich. Neben einspindeligen Maschinen sind auch solche Maschinen bekannt, die mehrere Bearbeitungsspindeln verwenden und auch Werkzeugwechsler, mit denen die Bearbeitungswerkzeuge automatisch eingewechselt werden können.

[0003] Bei einer solchen bekannten Maschine (DE 100 29 967 A1) zur Bearbeitung von optischen Werkstücken sind die Werkstückspindeln in einem Joch angeordnet, während zwei Werkzeugspindeln entsprechend dem sogenannten Gantry-Konzept in einem Portalaufbau oberhalb des Jochs mit drei zueinander senkrecht verfahrbaren Linearachsen angeordnet sind. Für das Verschwenken des Jochs wird hierbei ein Torque-Motor verwendet, der Winkeleinstellungen mit hoher Präzision ermöglicht. Der hohe maschinenbautechnische Aufwand hierfür verhindert jedoch eine kostengünstige Herstellung dieser Maschine. Darüber hinaus verursacht die Verwendung eines Werkzeugwechslers mechanische Schnittstellen zwischen Werkzeugen und Werkzeugspindeln, so daß die Werkzeugspindeln komplexe integrierte Spannsysteme benötigen. Mit diesen Schnittstellen ist jedoch die Erzielung der für die hochgenaue Schleifbearbeitung erforderlichen Reproduzierbarkeit bezüglich des Rundlaufs und des Planlaufs der Werkzeuge angesichts der gewünschten Genauigkeiten von etwa einem Mikrometer schwierig.

[0004] Bekannt sind auch Kombinationswerkzeuge (DE 197 37 217 A1), bei denen zum Herstellen polierfähiger Linsen mittels Grob- und Feinschleifen zwei Topfschleifwerkzeuge koaxial und axial verschiebbar zueinander angeordnet sind. Hierbei ist jedoch der Werkzeugdurchmesser eingeschränkt und sowohl die Steifigkeit der Anbindung an die Spindel als auch der Rundlauf der Schleiflippen ist verbesserungsbedürftig. Auch das axiale Verschieben der Werkzeuge zueinander ist wegen der Beladung des Kühlmittels mit Glasabrieb störanfällig.

[0005] Bei einem weiteren bekannten Verfahren mit zugeordneter Vorrichtung (DE 197 51 750 A1) sind drei oder mehrere Schleifspindeln und ggf. Meßstationen parallel zueinander und nebeneinander auf einem gemeinsamen Schlitten angeordnet. Die Anzahl der Spindeln, der Aufwand zur Steuerung der Spindeln, der erstmalige Rüstaufwand, die Folgejustagen sowie der konstruktiv bedingte erhöhte Platzbedarf dieses Konzepts führt zu beträchtlichen Gesamtkosten.

[0006] Eine Schleif- und Poliermaschine der im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 angegebenen Gattung wurde von der Loh Optikmaschinen AG, Wetzlar, unter der Bezeichnung "Toromatic-2 SL" entwickelt. Diese nach dem "Swing-Spindel-Konzept" arbeitende Maschine besitzt eine Werkzeugspindel mit je einem an den Spindelenden angeflanschten Fräs- bzw. Schleifwerkzeug. Um das jeweilige Werkzeug mit dem Werkstück in Eingriff bringen zu können, ist die Spindel revolverkopfartig um ihre rechtwinklig zur Spindel angeordnete Schwenkachse schwenkbar und in diesen den zwei Werkzeugen zugeordneten Rastpositionen fixierbar. Zur Winkelverstellung der Werkzeugspindel bezüglich der Werkstückspindel ist bei dieser Maschine eine zusätzliche Einrichtung vorgesehen, die aus einem um eine weitere Achse drehbaren Schwenkkopf besteht, der mit einem zusätzlichen Hydraulikantrieb versehen ist. Am Schwenkkopf ist mit Abstand zu dessen Drehachse die Schwenkachse des die Werkzeugspindel lagernden Spindelgehäuses angeordnet. Diese Anordnung erfordert somit zwei verschiedene Antriebe zum 180°-Verschwenken der Werkzeugspindel einerseits und zum Winkelpositionieren der Werkzeugspindel bezüglich der Werkstückspindel andererseits.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0007] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine hochgenau arbeitende und kompakt bauende Schleif- und Poliermaschine der eingangs angegebenen Gattung bereitzustellen, die es auf einfache und kostengünstige Weise ermöglicht, mehrere Schleif- und Polierwerkzeuge einzusetzen.

[0008] Diese Aufgabe wird durch die im Patentanspruch 1 angegebene Schleif- und Poliermaschine gelöst. Vorteilhafte oder zweckmäßige Weiterbildungen der Maschine sind in den Unteransprüchen angegeben und werden nachfolgend ebenfalls näher beschrieben.

[0009] Gemäß dem Patentanspruch 1 ist die Schleif- und Poliermaschine ausgehend von der im Oberbegriff angegebenen Ausbildung erfindungsgemäß durch die Merkmale gekennzeichnet, daß die im Oberbegriff bezeichnete Einrichtung aus einem an der Schwenkachse angeordneten Antrieb besteht, mittels dessen die Werkzeugspindel um die

Schwenkachse sowohl für den gewünschten Werkzeugeingriff verschwenkbar als auch in beliebige definierte Winkelpositionen bezüglich der Werkstückspindel verdrehbar ist.

[0010] Nach dem Grundgedanken der Erfindung werden die bei dem im Oberbegriff des Anspruchs 1 angegebenen einschlägigen Stand der Technik vorhandenen zwei Achsen, nämlich die dem Werkzeugwechsel dienende Schwenkachse und die der Einstellung definierter Winkelpositionen zwischen Werkzeugspindel und Werkstückspindel dienende Drehachse zu einer einzigen gemeinsamen Schwenk-/Drehachse vereinigt. Die Werkzeugspindel mit dem jeweils zum Einsatz gelangenden Werkzeug kann in beliebige Winkelpositionen sowohl statisch als auch dynamisch gedreht werden. Für beide Funktionen, nämlich Werkzeugwechsel-Verschwenkung als auch Drehbewegungen zur Veränderung der Winkelpositionen zwischen Werkzeugspindel und Werkstückspindel wird nur ein Antrieb eingesetzt.

[0011] Vorzugsweise ist der Antrieb, wie im Anspruch 2 angegeben ist, ein gleichachsig mit der Schwenkachse angeordneter Torque-Motor, dessen Rotor über eine Schwenkwelle mit dem Spindelgehäuse fest verbunden ist. Auf diese Weise wird nicht nur ein kompakter Direktantrieb für das Spindelgehäuse erzielt, sondern es werden hochpräzise Winkelpositionierungen ermöglicht.

[0012] Die erfindungsgemäße Schleif- und Poliermaschine kann in einfachster Bauweise mit nur einer Werkzeugspindel ausgerüstet sein. Es können entsprechend Anspruch 3 vorteilhaft aber auch mehrere Werkzeugspindeln, beispielsweise zwei Werkzeugspindeln, parallel zueinander im Spindelgehäuse vorgesehen sein, wodurch die Vielseitigkeit der erfindungsgemäßen Maschine bezüglich der an den Werkzeugspindeln eingesetzten unterschiedlichen Werkzeuge und dementsprechend bearbeitbaren unterschiedlichen Werkstückgeometrien / Werkstoffe erhöht wird.

[0013] Jedenfalls ist die Anordnung vorzugsweise so getroffen, daß die Schwenkachse (im wesentlichen) durch den Massenschwerpunkt des Spindelgehäuses unabhängig von der Anzahl der Werkzeugspindeln verläuft, wie aus Anspruch 4 hervorgeht. Auf diese Weise läßt sich das Spindelgehäuse mit den daran gelagerten Werkzeugspindeln schwenken und in definierte Winkelpositionen gleichförmig drehen, ohne daß dabei störende durch einen exzentrischen Massenschwerpunkt erzeugte Massenmomente zu überwinden sind.

[0014] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung kann entsprechend Anspruch 5 am Spindelgehäuse seitlich außen wenigstens ein Funktionselement zur Erfassung der Werkstückgeometrie oder für die Werkstückhandhabung angebracht sein. Auf diese Weise können Messungen der Werkstückgeometrie unmittelbar vor, während oder nach verschiedenen Bearbeitungsstufen gewissermaßen in situ durchgeführt und erforderliche Korrekturen automatisch von der CNC-Steuerung berücksichtigt werden. Zur Erfassung der Werkstückgeometrie kann als Funktionselement gemäß Anspruch 6 ein Meßtaster am Spindelgehäuse angebracht sein, oder gemäß Anspruch 7 ein Ringsphärometer unter Zwischenlage einer gummielastisch-flexiblen Schicht zur Messung von Radien an Werkstücken. Durch die Schwenkbarkeit des Spindelgehäuses und damit des Meßtasters bzw. des Sphärometers ist es möglich, diese Funktionselemente in Normalrichtung auf jeden beliebigen Ort des Werkstücks aufzusetzen, wodurch Fehlmessungen, die durch schräges Antasten entstehen können, sicher vermieden werden.

[0015] Anstelle eines mechanischen Meßtasters als Funktionselement zum Erfassen der Linsendicke und Linsenkontur kann auch ein berührungslos arbeitendes Meßsystem eingesetzt werden, beispielsweise ein pneumatisch mittels Staudruck (Pralldüse) arbeitendes System. Auch ein optisches Meßsystem kann als Funktionselement eingesetzt werden. Geeignete optische Meßsysteme sind z.B. Laser-Autofocus, Laser-Triangulations- oder interferometrisch messende Systeme.

[0016] Für die Werkstückhandhabung kann entsprechend Anspruch 8 ein Ladearm mit Sauger oder Greifer als Funktionselement am Spindelgehäuse angebracht werden. Auch mehrere unterschiedliche Funktionselemente können an verschiedenen Stellen seitlich außen am Spindelgehäuse angebracht sein, wie aus Anspruch 9 hervorgeht.

[0017] Die vorhandenen CNC-Achsen, mit denen das Spindelgehäuse linear bewegt und geschwenkt werden kann, werden bei der Werkstückhandhabung so verwendet, daß Werkstücke z.B. aus einem Werkstückmagazin in das Aufnahmefutter der Werkstückspindel transportiert werden und umgekehrt. Die Schwenkmöglichkeit des Spindelgehäuses kann darüber hinaus auch dafür genutzt werden, ein Werkstück zu wenden, was eine Zweiseitenbearbeitung ermöglicht. Auch können damit automatisierte Werkzeugprofilmessungen oder Justierungen an Meßtastern oder Justierhilfselementen vorgenommen werden, die an beliebiger Stelle im Aktionsbereich des Spindelgehäuses maschinenfest angeordnet sind, z.B. auch über Kopf entgegengesetzt zur Werkstückspindel. Mehrere Meßstationen können im Aktionsbereich des Spindelgehäuses vorgesehen werden, ohne die Baugröße der Maschine wesentlich zu vergrößern.

[0018] Die Erfindung ermöglicht eine besonders vorteilhafte zentrale Kühlmittelzufuhr direkt in das Innere der verwendeten Werkzeuge. Hierzu ist gemäß Anspruch 10 vorgesehen, daß die Werkzeugspindel mit einem im wesentlichen über ihre Länge durchgehenden Zentralrohr versehen ist, das beiderseits mit Innenausnehmungen der Werkzeuge zur Kühlmittelzufuhr durch das Werkzeug hindurch in Verbindung steht, wobei auf der von dem aktiven Werkzeug abgewandten Seite der Werkzeugspindel eine Kühlmitteldüse positionierbar ist. Hierzu ist gemäß Anspruch 11 am Spindelgehäuse ein Düsenhalter mittels eines pneumatischen oder elektrischen Schwenkantriebs angebracht, der dafür sorgt, daß die Düse von oben her Kühlmittel durch das inaktive Werkzeug hindurch zuführen kann.

[0019] Das erfindungsgemäße Konzept ermöglicht es, mit im Vergleich zum Stand der Technik wesentlich geringerem konstruktiv-technischen Aufwand kostengünstig mehr Werkzeuge als in allen bisherigen Ausführungsformen präzise

und genau laufend mit dem Werkstück in Eingriff zu bringen, um so eine große Anzahl komplexer Oberflächen und Bauelemente unter weitgehender Vermeidung von Sonderwerkzeugen zu bearbeiten. Das erfindungsgemäße Konzept ermöglicht die Durchführung aller üblichen Schleif- und Polierverfahren, wie Drehumfangsquer- oder -längsschleifen und -polieren, Außenrundschleifen und -polieren, Topfschleifen oder Stirnschleifen und -polieren. Beim Polieren können neben Werkzeugen für spezielle Linsengeometrien insbesondere Standard-Polierwerkzeuge mit unterschiedlichen sogenannten Poliergründen zur Vor- und Feinpolitur eingesetzt werden.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0020] Weitere Einzelheiten der Erfindung werden nachfolgend anhand der Ausführungsbeispiele darstellenden, teilweise schematischen Zeichnungen näher erläutert. Darin zeigt:

Fig. 1	die erfindungsgemäße Schleif- und Polier-maschine in einer perspektivischen Ansicht,
Fig. 2	die abgebrochen dargestellte Vorderansicht der Maschine,
Fig. 3	die abgebrochen dargestellte Draufsicht auf die Maschine,
Fig. 4	eine Schnittansicht entsprechend der Schnittverlaufslinie IV-IV in Fig. 3,
Fig. 5	die Vorderansicht eines Werkzeugspindelgehäuses mit zusätzlich angebrachten Funktionselementen,
Fig. 6	eine perspektivische Ansicht eines Werkzeugspindelgehäuses mit Düsenhalter für die Positionierung von Kühlmitteldüsen,
Fig. 7	die Vorderansicht eines Spindelgehäuses, das mit einer Werkzeugspindel ausgerüstet ist, und zweier Werkstückspindeln,
Fig. 8 bis 11, 14 und 15	jeweils die Vorderansicht eines Spindelgehäuses, das mit zwei Werkzeugspindeln ausgerüstet ist, und zweier Werkstückspindeln, wobei unterschiedliche Bearbeitungsvorgänge dargestellt sind, und
Fig. 12 und 13	jeweils die Vorderansicht eines Spindelgehäuses, das mit zwei Werkzeugspindeln ausgerüstet ist, und zweier Werkstückspindeln, wobei ein Meßtaster in zwei unterschiedlichen Positionen am Werkstück dargestellt ist.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

[0021] Fig. 1 zeigt eine CNC-geregelte Schleif- und Poliermaschine 10 insbesondere zur Bearbeitung optischer Linsen in einem rechtwinkligen kartesischen Koordinatensystem, in welchem der Buchstabe x die Breitenrichtung, der Buchstabe y die Längenrichtung und der Buchstabe z die Höhenrichtung der Maschine 10 bezeichnet.

[0022] Die Maschine 10 besitzt ein Maschinengestell 11, das aus einem monolithischen Block aus Polymerbeton geformt ist. An der Vorderseite der Maschine sind zwei Führungsschienen 12, die sich in der vertikalen Höhenrichtung z parallel zueinander erstrecken, am Maschinengestell 11 befestigt. An den Führungsschienen 12 ist ein Z-Schlitten 13, der durch zugeordnete CNC-Antriebs- und Steuerelemente (nicht gezeigt) in beiden Richtungen einer Z-Achse CNC-lagegeregelt verstellbar ist, über Führungswagen verschiebbar gelagert.

[0023] Am Z-Schlitten 13 sind zwei parallel zueinander angeordnete Werkstückspindeln 14 und 15 vorgesehen, die jeweils bezüglich ihrer Drehachsen CNC-winkelpositionsgeregelt sind. Im gezeigten Beispiel ist an der Werkstückspindel 14 eine Spannzange 16 angebracht, welche eine Linse 17 zur Bearbeitung einspannt. Die andere Werkstückspindel 15 ist im gezeigten Beispiel mit einem Vakuumfutter 18 zur Werkstückhalterung ausgerüstet.

[0024] Auf der Oberseite der Maschine 10 sind zwei Führungsschienen 19, die sich in der horizontalen Breitenrichtung x parallel zueinander erstrecken, am Maschinengestell 11 befestigt. Die beiden Führungsschienen 19 sind durch Endanschläge 20 begrenzt. An den Führungsschienen 19 ist ein X-Schlitten 21 über Führungswagen verschiebbar geführt, der durch einen Linearmotor in beiden Richtungen einer X-Achse CNC-lagegeregelt verstellbar ist. Das Primärteil 22 des Linearmotors ist am X-Schlitten 21 befestigt, während das Sekundärteil 23 zwischen den Führungsschienen 19 am Maschinengestell 11 angeordnet ist. Am X-Schlitten 21 sind den Endanschlägen 20 zugeordnete Gummipuffer 24 befestigt.

[0025] Auf dem X-Schlitten 21 sind zwei Führungsschienen 25, die sich in der horizontalen Längenrichtung y parallel zueinander erstrecken, befestigt, wie aus Fig. 1 in Verbindung mit Fig. 3 hervorgeht. An den Führungsschienen 25 ist ein Antriebsmotor 26 über Führungswagen verschiebbar geführt, der durch einen weiteren Linearmotor, vom dem aus Fig. 3 lediglich das zwischen den Schienen 25 am X-Schlitten 21 befestigte Sekundärteil 27 ersichtlich ist, in beiden Richtungen einer Y-Achse CNC-lagegeregelt verstellbar ist. Der Antriebsmotor 26 bildet auf noch zu beschreibende Weise eine Schwenkeinrichtung für ein oberhalb der Werkstückspindeln 14 und 15 angeordnetes, ebenfalls noch näher zu beschreibendes Spindelgehäuse 28. Die Bezugszahl 29 bezeichnet eine horizontale Schwenkachse für das Spindelgehäuse 28.

[0026] Bei dem in den Fig. 1 bis 4 gezeigten Ausführungsbeispiel sind in dem Spindelgehäuse 28 zwei parallel zueinander angeordnete Werkzeugspindeln 30 und 31 vorgesehen, die drehzahlgesteuert durch z.B. jeweils einen Torque-Motor drehend antreibbar sind. Beide Werkzeugspindeln 30, 31 sind an beiden Enden zur gleichachsigen Aufnahme jeweils eines Werkzeugs ausgebildet, um jeweils eines der beiden Werkzeuge für einen Eingriff mit einem Werkstück bereitzustellen. Im Ausführungsbeispiel sind an der Werkzeugspindel 30 eine Topfscheibe 32 und eine Kombinationstopfschleifscheibe 33 angebracht. Auch an der Werkzeugspindel 31 sind eine Topfscheibe 34 und eine Kombinationstopfschleifscheibe 35 angebracht, jedoch mit unterschiedlicher Dimensionierung. Bei Ausführung der Maschine 10 als Polier- oder Feinschleifmaschine können statt dessen formgebundene Polierwerkzeuge belegt mit z.B. PUR-Folie als Poliergrund oder mit Diamant-Pellets belegte Feinschleifwerkzeuge eingesetzt werden.

[0027] Der Antriebsmotor 26 ist ein gleichachsig mit der Schwenkachse 29 angeordneter, in der Drehwinkelstellung CNC-geregelter Torque-Motor, der in Fig. 4 im Längsschnitt dargestellt ist. Der Rotor 36 des Motors 26 ist an einer Schwenkwelle 37 angebracht, die über einen Zwischenflansch 38 fest mit dem Spindelgehäuse 28 verbunden ist (beispielsweise mittels hier nicht dargestellter Schrauben). Die Schwenkwelle 37 ist über zwei voneinander beabstandete Wälzlager 39 in einem Gehäuse 40 drehbar und axial unverschiebbar gelagert. Der konzentrisch zum Rotor 36 des Motors 26 angeordnete Stator 41 ist im Gehäuse 40 drehfest befestigt.

[0028] Von den beiden übereinstimmend ausgebildeten Werkzeugspindeln 30 und 31, die parallel zueinander im Spindelgehäuse 28 vorgesehen sind, ist in Fig. 4 die Werkzeugspindel 31 im Längsschnitt dargestellt. Die Werkzeugspindel 31 ist über zwei voneinander beabstandete Wälzlager 42 drehbar und axial unverschiebbar im Spindelgehäuse 28 gelagert. An der Werkzeugspindel 31 befindet sich der Rotor 43, und im Gehäuse 28 der den Rotor 43 konzentrisch umgebende Stator 44 des Torque-Motors. An beiden Enden der Werkzeugspindel 31 sind Hydrodehnfutter 45 vorgesehen, um die Schäfte 46 und 47 der in Zylinderbohrungen 48 bzw. 49 der Werkzeugspindel 31 eingesetzten Werkzeuge 34 bzw. 35 einzuspannen.

[0029] Die Werkzeugspindel 31 ist mit einem im wesentlichen über ihre Länge durchgehenden Zentralrohr 50 versehen, das beiderseits mit Innenausnehmungen 51 bzw. 52 der Werkzeuge 34 bzw. 35 abgedichtet durch Radialwellendichtringe 53 bzw. 54 in Verbindung steht. Diese Anordnung dient der Kühlmittelzufuhr zu dem jeweils aktiven Werkzeug von innen durch das Werkzeug hindurch (Fig. 6).

[0030] Wie aus den Zeichnungen, z.B. aus Fig. 2, hervorgeht, ist die Lage der Schwenkachse 29 bezüglich des Spindelgehäuses 28 so gewählt, daß sie etwa durch den Massenschwerpunkt des Spindelgehäuses 28 verläuft. Bei der gezeigten Anordnung von zwei Werkzeugspindeln 30 und 31 befindet sich der Massenschwerpunkt etwa mittig zwischen den beiden Spindeln 30, 31.

[0031] Am Spindelgehäuse 28 kann seitlich außen wenigstens ein Funktionselement zur Erfassung der Werkstückgeometrie oder für die Werkstückhandhabung angebracht sein. Wie beispielsweise in den Fig. 12 und 13 gezeigt ist, kann es sich bei dem Funktionselement um einen Meßtaster 55 handeln. Zur Messung von Radien an Werkstücken kann als Funktionselement ein Ringsphärometer 56 seitlich außen am Spindelgehäuse 28 befestigt sein (Fig. 5). Geeignet sind Sphärometer nach DIN 58724. Wie in Fig. 5 gezeigt ist, wird das Sphärometer 56 unter Zwischenlage einer gummielastisch-flexiblen Schicht, d.h. einer Platte 57 am Spindelgehäuse 28 montiert, um eine bessere Anpassung des Meßrings an die Linse zu erzielen. Das Sphärometer 56 ist mittels eines winkelförmigen Halters 58 am Spindelgehäuse 28 befestigt. Wie weiterhin aus Fig. 5 hervorgeht, ist am Halter 58 in Verbindung mit dem Ringsphärometer 56 ein Meßsystem angebracht, bestehend hier aus einem inkrementalen Meßtaster 55' (z.B. der Baureihe MT 12 des Herstellers Heidenhain), dessen Tastspitze 59 aus dem Meßring des Sphärometers 56 vorsteht. Das Meßsystem ist durch eine geeignete Abdeckung (nicht dargestellt) gegen Schmutz und Kühlmittel geschützt.

[0032] Ein der Werkstückhandhabung dienendes Funktionselement ist ebenfalls in Fig. 5 dargestellt. Hierbei handelt es sich um einen Ladearm 60, bestehend aus einem Distanzstück 61 und einem Pneumatikzylinder 62 mit Kolbenstange 63, an derem freien Ende ein Sauger 64 angebracht ist. Die Arbeitsweise dieses Funktionselements ist z.B. wie folgt: Der Sauger 64 wird über das Werkstück in der Werkstückspindel 14 gefahren. Sodann wird der Sauger 64 mittels des Pneumatikzylinders 62 nach unten gefahren, während die Werkstückspindel 14 nach oben gefahren wird. Der Sauger 64 kann jetzt die Linse 17 ansaugen, die Spannzange 16 wird geöffnet und die Linse 17 vom Sauger 64 übernommen. Danach wird der Sauger 64 nach oben gefahren, um die Linse 17 zunächst zwischenzulagern, damit sie von einem externen Ladesystem (nicht gezeigt) wieder übernommen werden kann. Dieses besitzt einen um 180° schwenkbaren Sauger, der die Linse 17 wendet und sie gewendet erneut in eines der Werkstückfutter einlegen kann.

[0033] Wie Fig. 5 veranschaulicht können mehrere unterschiedliche Funktionselemente an verschiedenen Stellen seitlich am Spindelgehäuse 28 angebracht sein.

[0034] Für die Zuführung eines Kühlmittels zu dem jeweils im aktiven Eingriff befindlichen Werkzeug kann am Spindelgehäuse 28 ein Düsenhalter 69 mittels eines in Fig. 6 schematisch gezeigten pneumatischen oder elektrischen Schwenkantriebs 66 angebracht sein. An dem Düsenhalter 69 sind zwei Düsen 65 im Abstand der beiden Werkzeugspindeln 30, 31 befestigt, die einen dünnen, wenig divergierenden Strahl erzeugen. Nach genauem Einschwenken des Düsenhalters 69 in die in Fig. 6 gezeigte Position wird die oberhalb der aktiven Werkzeugspindel befindliche Düse 65 mit Kühlmittel beschickt, so daß der Kühlmittelstrahl durch das Zentralrohr 50 der jeweiligen Spindel hindurch in das Zentrum des in aktiven Eingriff befindlichen Werkzeugs gelangt. Mittels des Schwenkantriebs 66 kann der Düsenhalter 69 wahlweise bezüglich des Spindelgehäuses 28 in der in Fig. 6 dargestellten Relativstellung (oder einer bezüglich dieser Stellung um 180° gedrehten Relativstellung) festgehalten werden, so daß sich der Düsenhalter 69 mit dem Spindelgehäuse 28 mitbewegt, oder bezüglich des Spindelgehäuses 28 verdreht werden, etwa um 90°, um z.B. einen Werkzeugwechsel zu ermöglichen.

[0035] Die Fig. 7 zeigt die einfachste Ausführungsform der Erfindung mit nur einer Werkzeugspindel 30, an deren beiden Enden mittels Hydrodehnfutter (45 in Fig. 4) jeweils eine Topfscheibe 34 bzw. Kombinationstopfschleifscheibe 35 angebracht ist. Die Schwenkachse 29 ist im Zentrum der Spindel 30 im Massenschwerpunkt des Gehäuses 28 rechtwinklig zur Spindeldrehachse angeordnet. Eine - oder wie in der Zeichnung dargestellt - zwei Werkstückspindeln 14 und 15 sind gegenüber der Werkzeugspindel 30 angeordnet. Da die rotierende Kombinationstopfschleifscheibe 35 die Linse 17 an der Werkstückspindel 14 bearbeitet, wird hierbei nur die Spindel 14 angetrieben, was durch das Pfeilsymbol unterhalb der Spindel 14 angedeutet ist.

[0036] In Fig. 8 sind zwei Werkzeugspindeln 30 und 31 in einem Spindelgehäuse 28 vorgesehen, wie das schon in den Fig. 1 bis 6 dargestellt und anhand dieser Figuren beschrieben worden ist. Die Werkzeugspindeln 30 und 31 sind an beiden Aufnahmeenden mit Topfwerkzeugen 32, 34 bzw. Kombinationswerkzeugen 33, 35, die jeweils aus einer Topfscheibe und einer Umfangsschleifscheibe bestehen, bestückt. Seitlich am Spindelgehäuse 28 ist ein Meßtaster 55 angebracht. Im gezeigten Beispiel wird die an der Werkstückspindel 14 befindliche Linse 17 bearbeitet, wofür die Werkstückspindel 14 im Drehwinkel CNC-geregelt und die Werkzeugspindel 31 drehzahlgesteuert angetrieben werden. Hierbei wird zunächst die Konvexfläche der Linse 17 mittels des Werkzeugs 35 bearbeitet, wobei unter Drehung der beiden Spindeln 31 und 14 die Kombinationstopfschleifscheibe 35 eine Vorschubbewegung in Richtung der Achse des Werkstücks ausführt (Flachschleifprinzip).

[0037] In Fig. 9 ist das Feinschleifen derselben Linsenfläche der Linse 17 dargestellt. Hierzu wurde das Spindelgehäuse 28 mit den beiden Werkzeugspindeln 30 und 31 mittels des mit Bezug auf Fig. 4 beschriebenen Antriebsmotors 26 um etwa 180° um die Schwenkachse 29 geschwenkt, so daß nunmehr die Topfscheibe 34 im Arbeitseingriff mit der Linse 17 steht. Die Arbeitsweise im übrigen entspricht der mit Bezug auf Fig. 8 beschriebenen.

[0038] Die Fig. 10 zeigt das Vorschleifen einer Konkavfläche (gestrichelt dargestellt) mittels der Kombinationstopfschleifscheibe 33 an der Werkzeugspindel 30. Für diesen Arbeitsschritt werden die Werkzeugspindel 30 und die Werkstückspindel 15 angetrieben, wie das durch die betreffenden Pfeilsymbole angedeutet ist.

[0039] In Fig. 11 ist das Feinschleifen derselben Konkavfläche dargestellt, wozu zuvor das Spindelgehäuse 28 mit den Werkzeugspindeln 30 und 31 um etwa 180° um die Schwenkachse 29 geschwenkt wurde. Für diesen Bearbeitungsvorgang werden wiederum die Werkzeugspindel 30 und die Werkstückspindel 15 angetrieben.

[0040] Die Fig. 12 veranschaulicht die Benutzung des Meßtasters 55 um z.B. die Mittendicke der Linse 17 zu messen. Hierfür ist das Spindelgehäuse 28 so zu verschwenken, daß der Meßtaster 55 koaxial mit der Achse der Werkstückspindel 14 ausgerichtet ist. Der Meßtaster 55 kann auch dazu verwendet werden, die gesamte Geometrie der Linse zu erfassen. Dies ist insbesondere bei der Messung von asphärischen Flächen vorteilhaft. Die Meßwerte können direkt in die CNC-Steuerung eingelesen werden, um automatische Korrekturen und Verschleißkompensationen durchzuführen.

[0041] Wie in Fig. 13 gezeigt ist, kann der Meßtaster 55 mit dem Spindelgehäuse 28 gegenüber der Linse 17 so um die Schwenkachse 29 verschwenkt werden, daß er in Normalrichtung, d.h. senkrecht zur Tangente am Meßpunkt, zur Werkstückoberfläche antastet. Auf diese Weise können auch Werkstückflächen mit starken Neigungen vermessen werden, ohne daß es zu Fehlmessungen durch sich seitlich wegbiegende Tastspitzen kommt. Diese Möglichkeit ist insbesondere auch bei Verwendung von optischen Tastsystemen wie Laser-Autofocus, Weißlicht- oder Triangulationssensoren vorteilhaft, da diese häufig nur eingeschränkt auf geneigten Flächen messen können.

[0042] Die Fig. 14 zeigt den Einsatz des um die Schwenkachse 29 schwenkbaren Spindelgehäuses 28 mit den Werkzeugspindeln 30, 31 beim Bearbeiten einer Asphäre oder Freiformfläche an der Linse 17 mittels einer Umfangsschleifscheibe 67. Diese Bearbeitung kann nach dem Drehumfangs-Querschleifprinzip oder - Längsschleifprinzip erfolgen, wobei die Werkstückfläche entweder spiralförmig oder mäanderförmig abgearbeitet werden kann.

[0043] Die Fig. 15 zeigt die Bearbeitung einer Planfläche am Außenrand eines Werkstücks, wobei die Stirnfläche der Topfscheibe 34 benutzt wird. Ein linearer Vorschub in Richtung der Y-Achse erzeugt hierbei eine schlüsselflächenartige Abflachung am Außenrand 68 des Werkstücks, wobei die Werkstückspindel 14 stationär verbleibt, d.h. nicht drehend angetrieben wird.

[0044] Es wird eine Schleif- und Poliermaschine für insbesondere Linsen offenbart, die mindestens eine Werkzeugspindel und mindestens eine Werkstückspindel aufweist, die in senkrecht zueinander stehenden Richtungen relativverstellbar sind. Dabei ist die Werkzeugspindel endseitig zur gleichachsigen Aufnahme jeweils eines Werkzeugs ausgebildet und in einem Spindelgehäuse gelagert, welches um eine rechtwinklig zur Werkzeugspindel angeordnete Schwenkachse schwenkbar ist, um jeweils ein Werkzeug für einen Bearbeitungseingriff bereitzustellen. Ferner ist eine Einrichtung vorgesehen, mit welcher die Werkzeugspindel in beliebige definierte Winkelpositionen bezüglich der Werkstückspindel verdrehbar ist. Erfindungsgemäß besteht diese Einrichtung aus nur einem an der Schwenkachse angeordneten Antrieb, mittels dessen die Werkzeugspindel um die Schwenkachse sowohl für den gewünschten Bearbeitungseingriff verschwenkbar als auch in besagte Winkelpositionen bezüglich der Werkstückspindel verdrehbar ist, so daß eine hochgenau arbeitende und kompakt bauende Maschine geschaffen ist, die es auf einfache und kostengünstige Weise ermöglicht, mehrere Schleif- und Polierwerkzeuge einzusetzen.

BEZUGSZEICHENLISTE

[0045]

10	Maschine
11	Maschinengestell
12	Führungsschienen
13	Z-Schlitten
14	Werkstückspindel
15	Werkstückspindel
16	Spannzange
17	Linse
18	Vakuumfutter
19	Führungsschienen
20	Endanschläge
21	X-Schlitten
22	Primärteil
23	Sekundärteil
24	Gummipuffer
25	Führungsschienen
26	Antriebsmotor
27	Sekundärteil
28	Spindelgehäuse
29	Schwenkachse
30	Werkzeugspindel
31	Werkzeugspindel
32	Topfscheibe
33	Kombinationstopfschleifscheibe
34	Topfscheibe
35	Kombinationstopfschleifscheibe
36	Rotor
37	Schwenkwelle
38	Zwischenflansch
39	Wälzlager
40	Gehäuse
41	Stator
42	Wälzlager
43	Rotor
44	Stator
45	Hydrodehnfutter
46	Schaft
47	Schaft
48	Zylinderbohrung
49	Zylinderbohrung
50	Zentralrohr
51	Innenausnehmung

52	Innenausnehmung
53	Radialwellendichtring
54	Radialwellendichtring
55, 55'	Meßtaster
56	Ringsphärometer
57	Platte
58	Halter
59	Tastspitze
60	Ladearm
61	Distanzstück
62	Pneumatikzylinder
63	Kolbenstange
64	Sauger
65	Düsen
66	Schwenkantrieb
67	Umfangsschleifscheibe
68	Außenrand
69	Düsenhalter

x	Breitenrichtung
y	Längsrichtung
z	Höhenrichtung

X	Linearachse Werkzeug
Y	Linearachse Werkzeug
Z	Linearachse Werkstück

Patentansprüche

1. Schleif- und Poliermaschine (10) zum Schleifen und/oder Polieren von Werkstücken in optischer Qualität, insbesondere von Linsen (17), mit mindestens einer Werkzeugspindel (30, 31) und mindestens einer Werkstückspindel (14, 15), die relativ zueinander in senkrecht zueinander stehenden Richtungen verstellbar sind, wobei die Werkzeugspindel (30, 31) an beiden Enden zur gleichachsigen Aufnahme jeweils eines Werkzeugs (32, 33, 34, 35) ausgebildet und in einem Spindelgehäuse (28) gelagert ist, welches um eine rechtwinklig zur Werkzeugspindel (30, 31) angeordnete Schwenkachse (29) schwenkbar ist, um jeweils eines der beiden Werkzeuge (32, 33, 34, 35) für einen Eingriff mit dem Werkstück bereitzustellen, wobei eine Einrichtung vorgesehen ist, mit welcher die Werkzeugspindel (30, 31) in beliebige definierte Winkelpositionen bezüglich der Werkstückspindel (14, 15) verdrehbar ist, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Einrichtung aus einem an der Schwenkachse (29) angeordneten Antrieb (26) besteht, mittels dessen die Werkzeugspindel (30, 31) um die Schwenkachse (29) sowohl für den gewünschten Werkzeugeingriff verschwenkbar als auch in beliebige definierte Winkelpositionen bezüglich der Werkstückspindel (14, 15) verdrehbar ist.

2. Schleif- und Poliermaschine (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Antrieb (26) ein gleichachsig mit der Schwenkachse (29) angeordneter Torquemotor ist, dessen Rotor (36) über eine Schwenkwelle (37) mit dem Spindelgehäuse (28) fest verbunden ist.

3. Schleif- und Poliermaschine (10) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** mehrere Werkzeugspindeln (30, 31) parallel zueinander im Spindelgehäuse (28) vorgesehen sind.

4. Schleif- und Poliermaschine (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Schwenkachse (29) durch den Massenschwerpunkt des Spindelgehäuses (28) verläuft.

5. Schleif- und Poliermaschine (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** am Spindelgehäuse (28) seitlich außen wenigstens ein Funktionselement zur Erfassung der Werkstückgeometrie oder für die Werkstückhandhabung angebracht ist.

6. Schleif- und Poliermaschine (10) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** als Funktionselement ein

Meßtaster (55, 55') am Spindelgehäuse (28) angebracht ist.

7. Schleif- und Poliermaschine (10) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** als Funktionselement ein Ringsphärometer (56) unter Zwischenlage einer gummielastisch-flexiblen Schicht (Platte 57) zur Messung von Radien an Werkstücken angebracht ist.

8. Schleif- und Poliermaschine (10) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** für die Werkstückhandhabung ein Ladearm (60) mit Sauger (64) oder Greifer am Spindelgehäuse (28) angebracht ist.

9. Schleif- und Poliermaschine (10) nach wenigstens einem der Ansprüche 5 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** mehrere unterschiedliche Funktionselemente an verschiedenen Stellen seitlich außen am Spindelgehäuse (28) angebracht sind.

10. Schleif- und Poliermaschine (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Werkzeugspindel (30, 31) mit einem im wesentlichen über ihre Länge durchgehenden Zentralrohr (50) versehen ist, das beiderseits mit Innenausnehmungen (51, 52) der Werkzeuge (34, 35) zur Kühlmittelzufuhr durch das Werkzeug (34, 35) hindurch in Verbindung steht, wobei auf der von dem aktiven Werkzeug (34, 35) abgewandten Seite der Werkzeugspindel (30, 31) eine Kühlmitteldüse (65) positionierbar ist.

11. Schleif- und Poliermaschine (10) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** am Spindelgehäuse (28) ein Düsenhalter (62) mittels eines pneumatischen oder elektrischen Schwenkantriebs (66) angebracht ist.

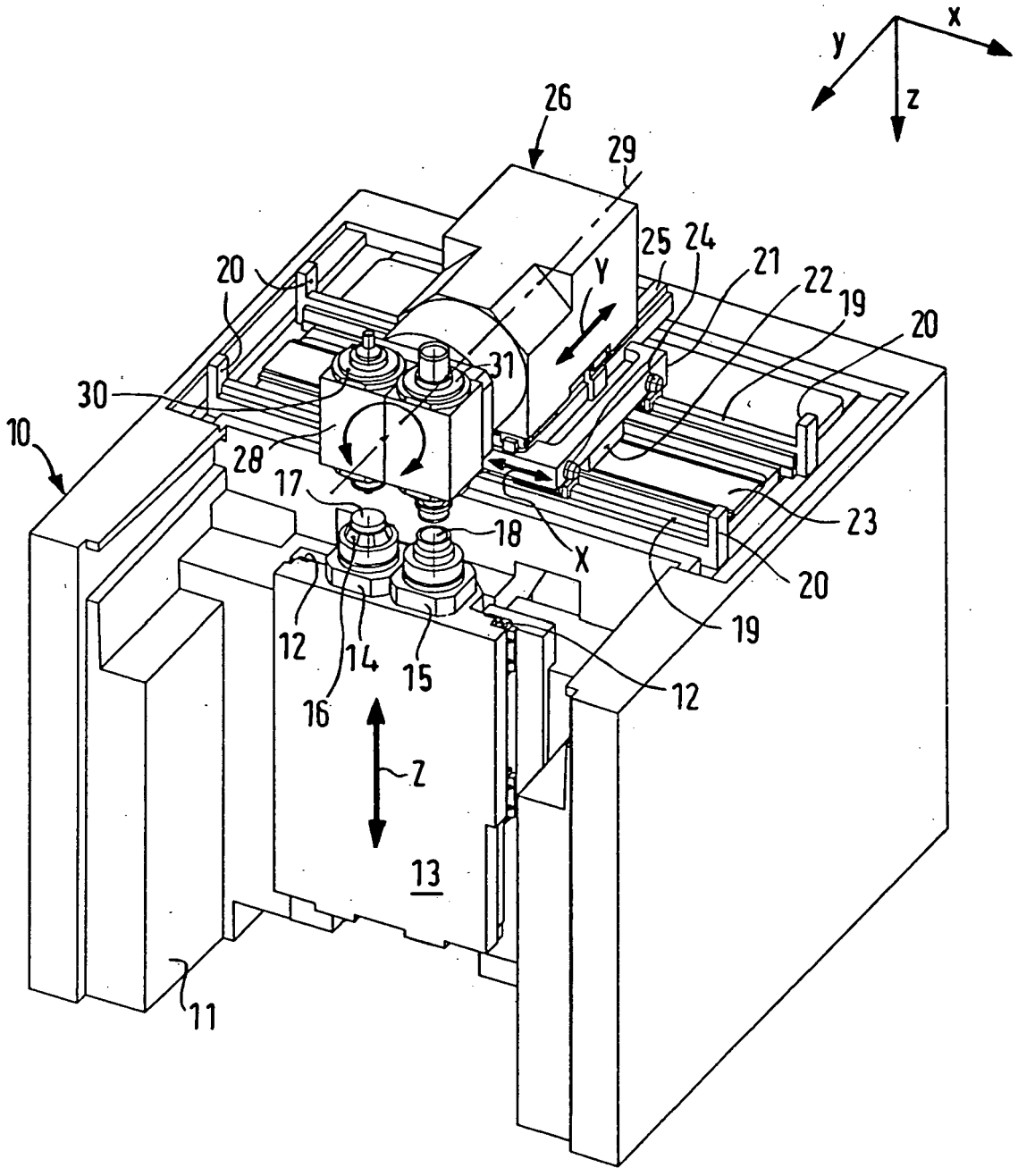

x
y
z
26
29
25
24
21
22
19
20
20
Y
31
30
10
28
17
18
X
23
20
19
12
14
15
16
12
Z
13
11

FIG. 1

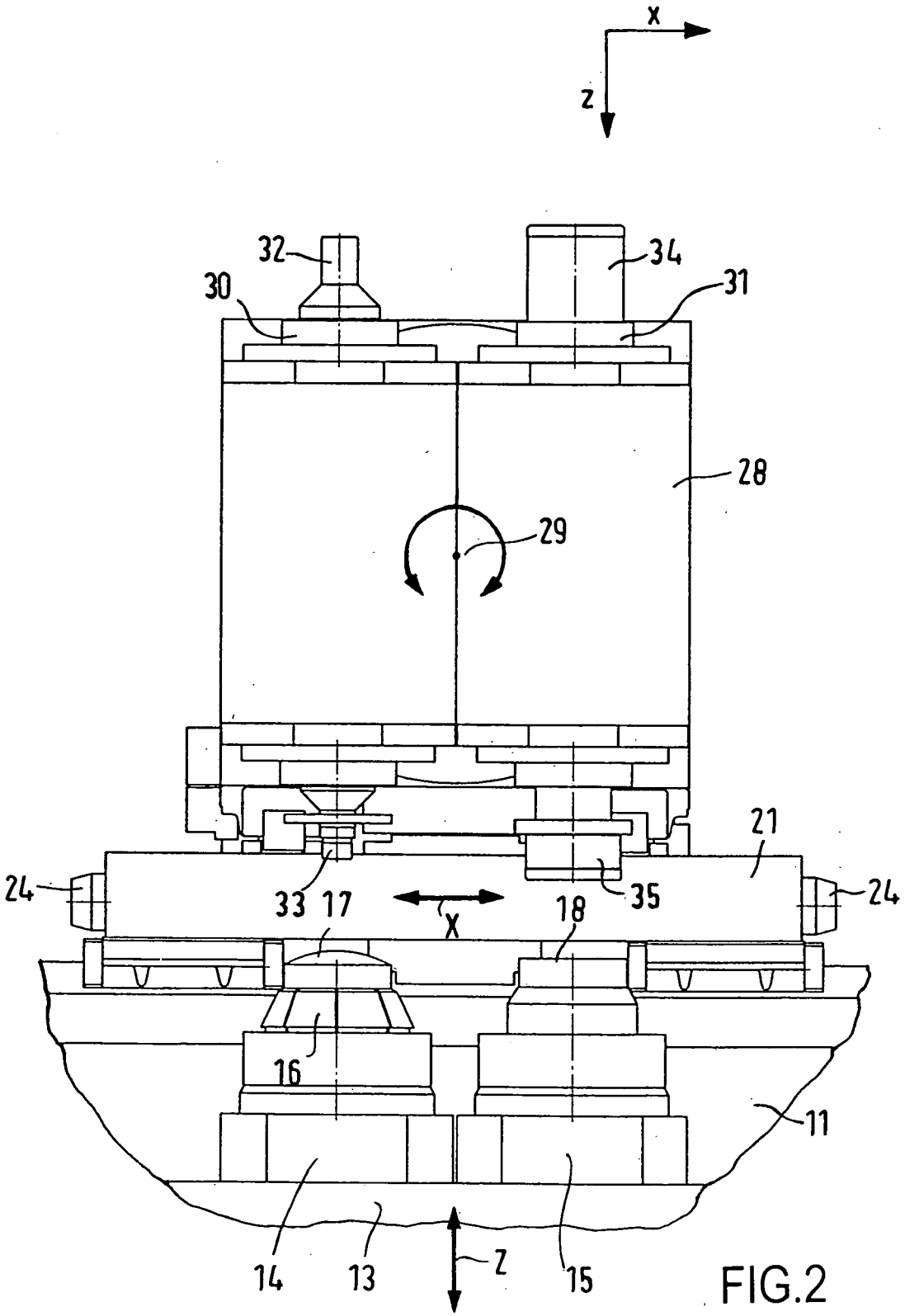


FIG.2

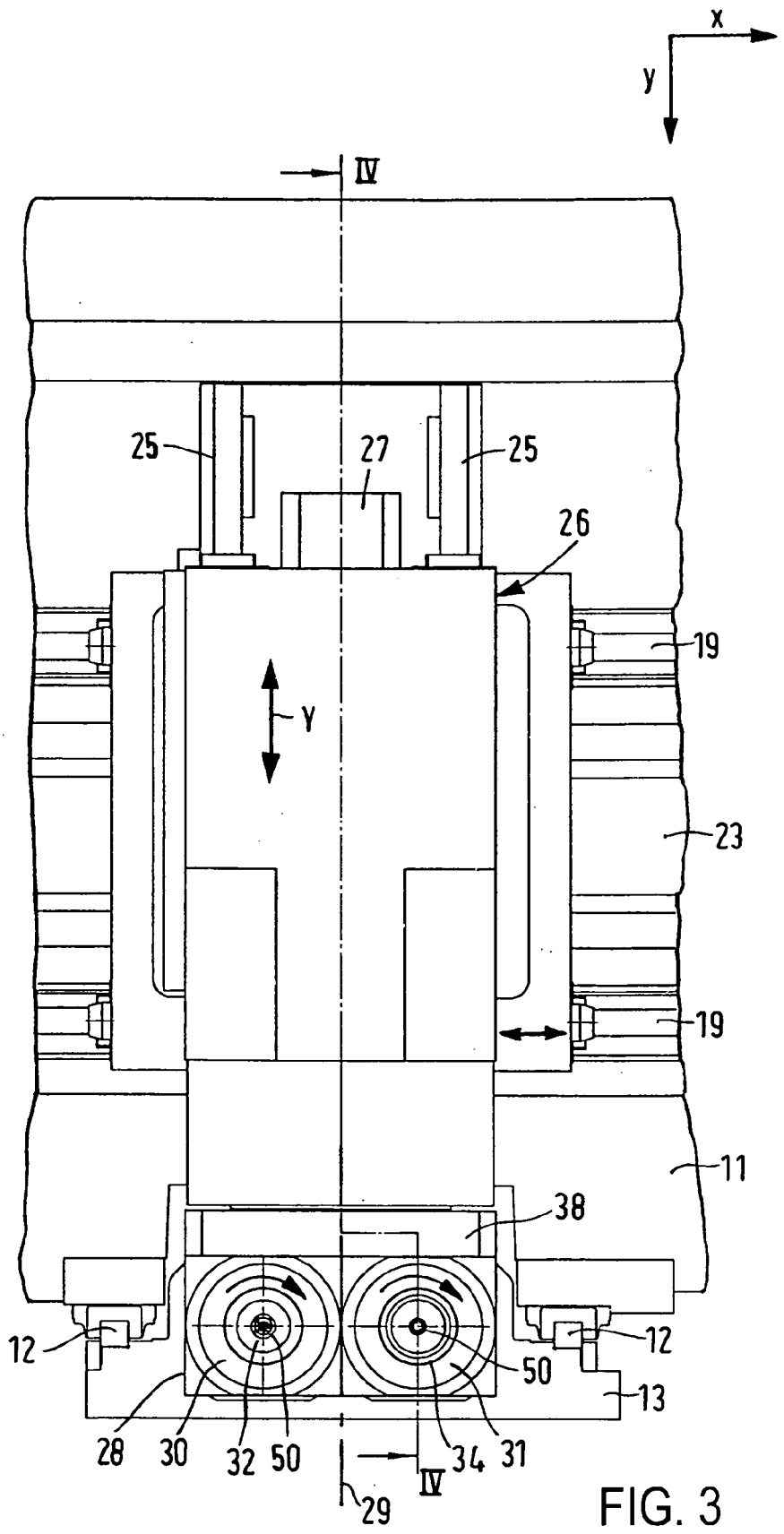


FIG. 3

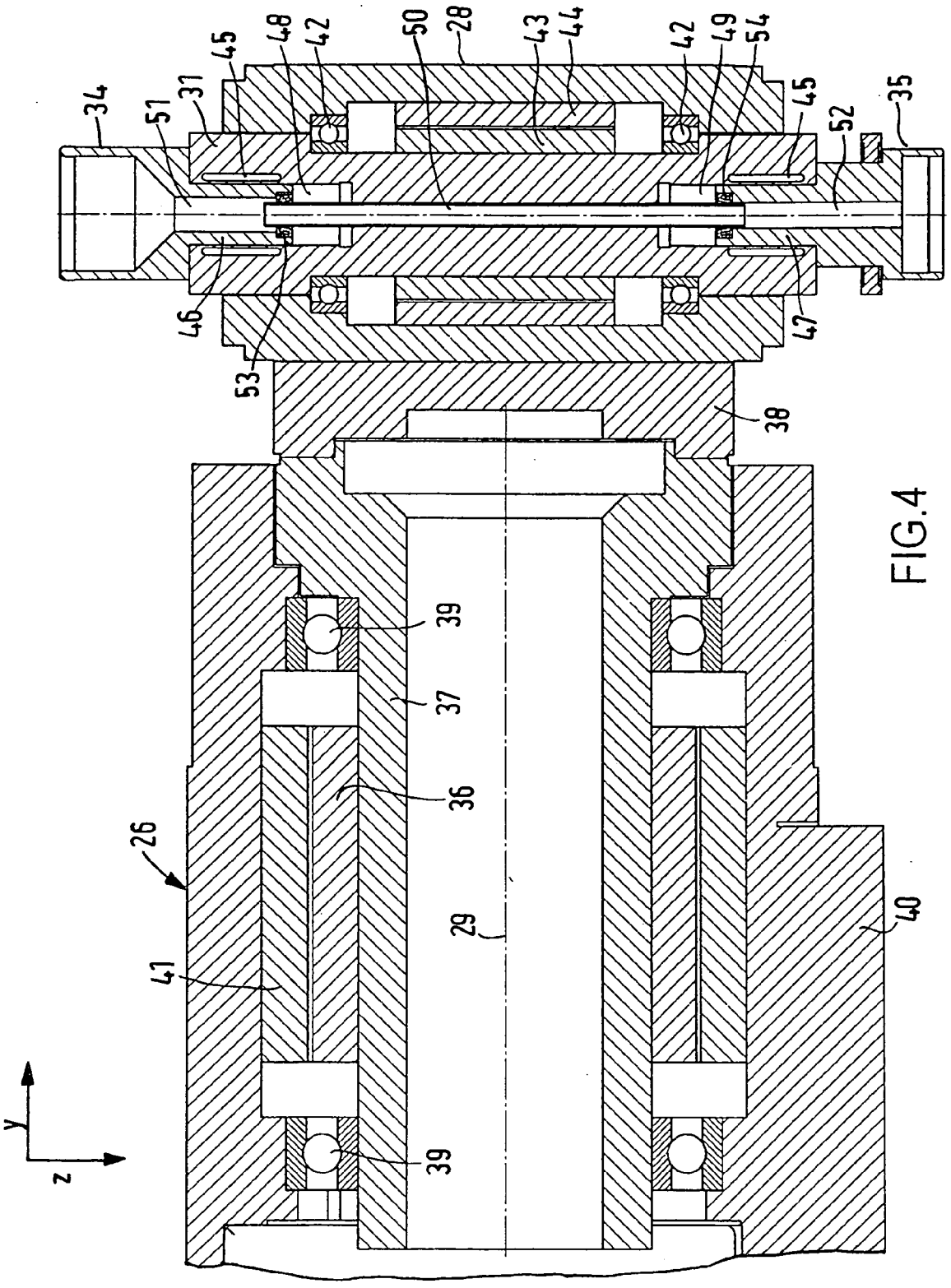

34
51
31
45
48
42
50
28
43
44
42
49
54
45
52
35
46
53
47
38
39
37
36
26
29
40
41
39
y
z

FIG.4

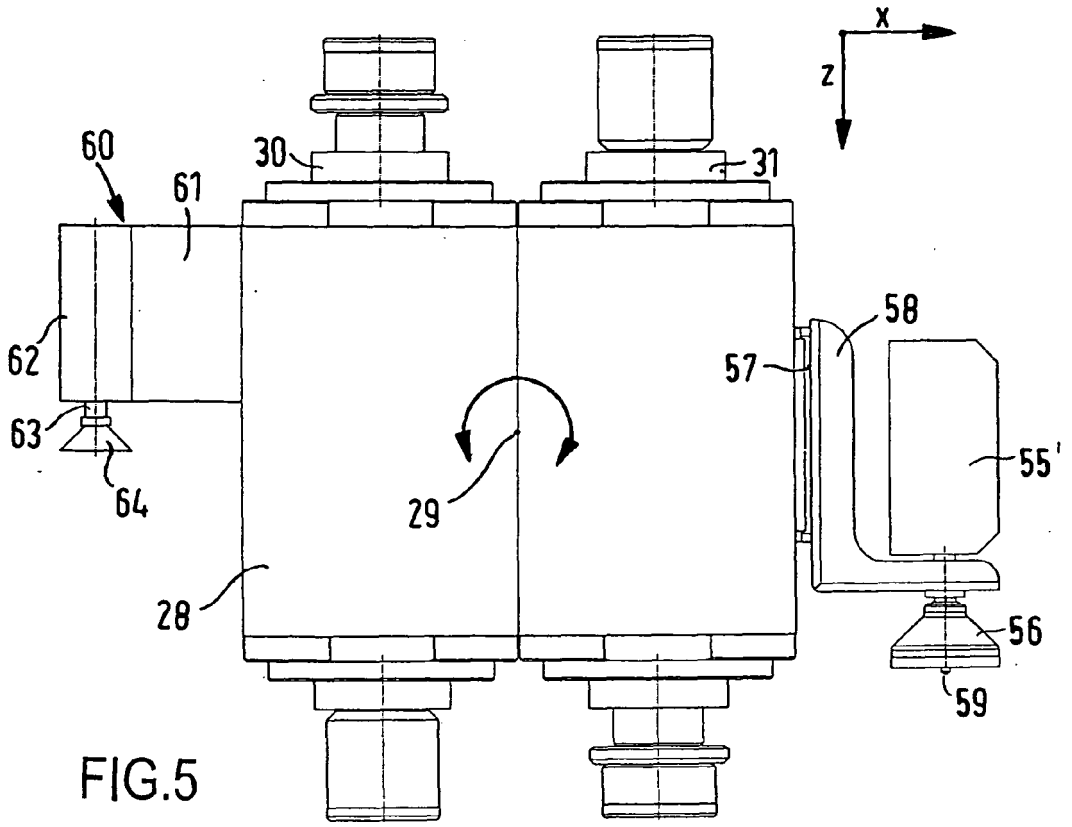


FIG.5

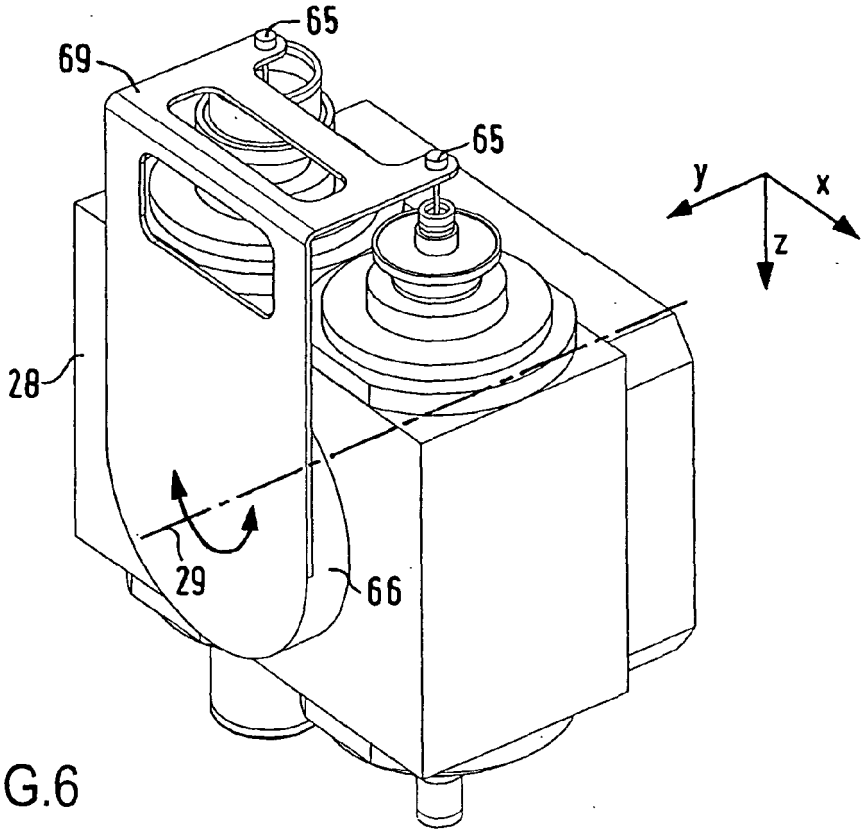


FIG.6

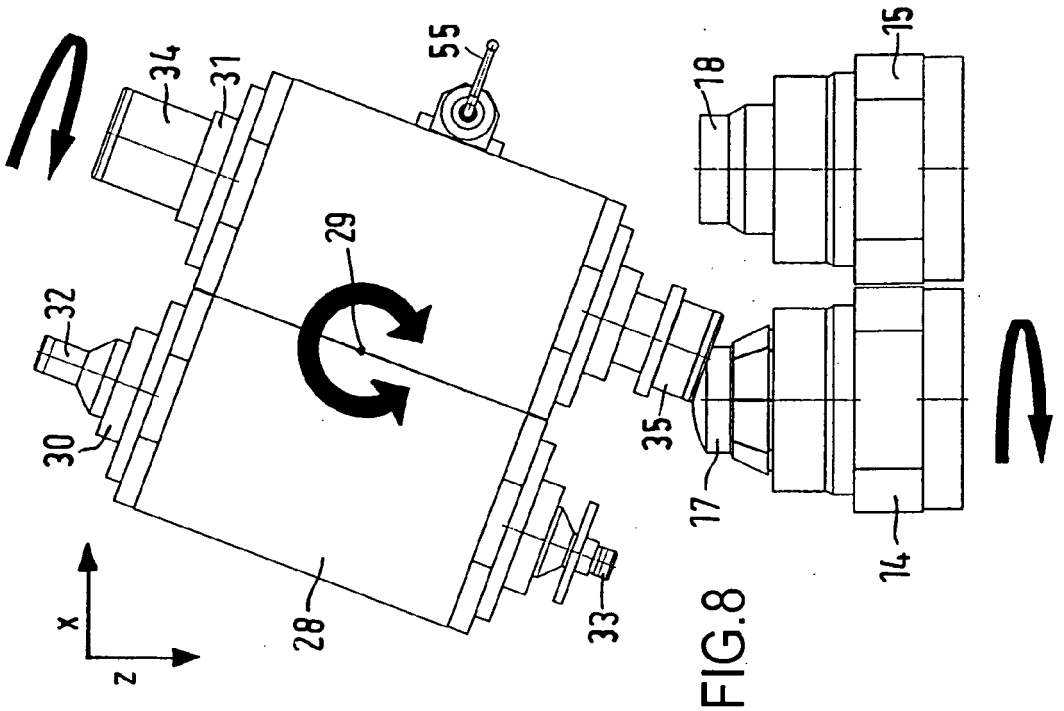


FIG.8

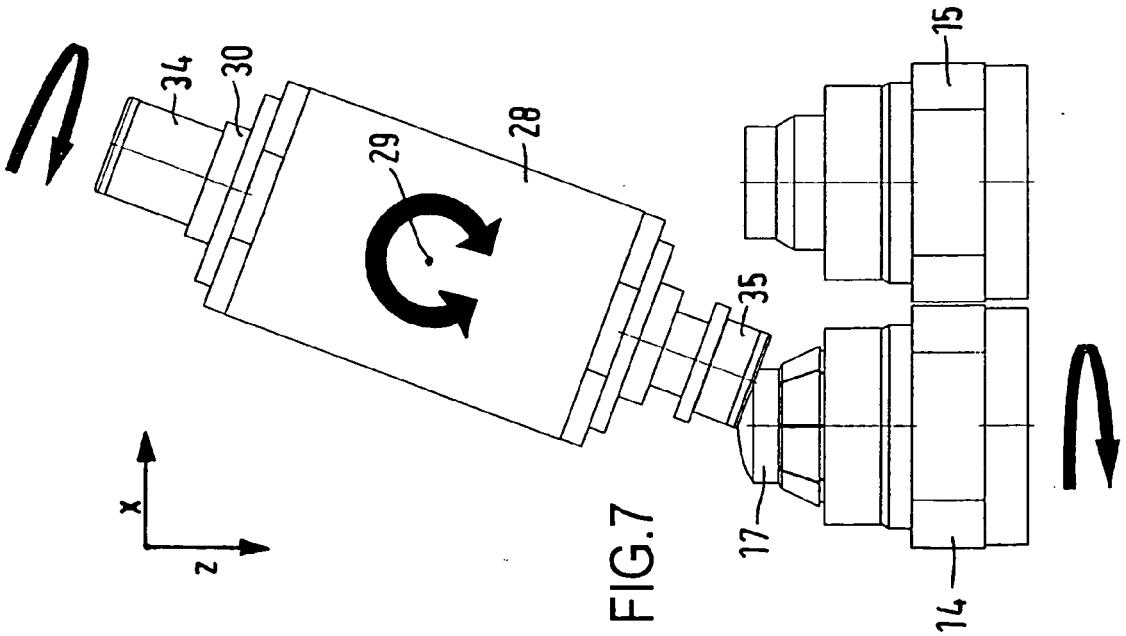


FIG.7

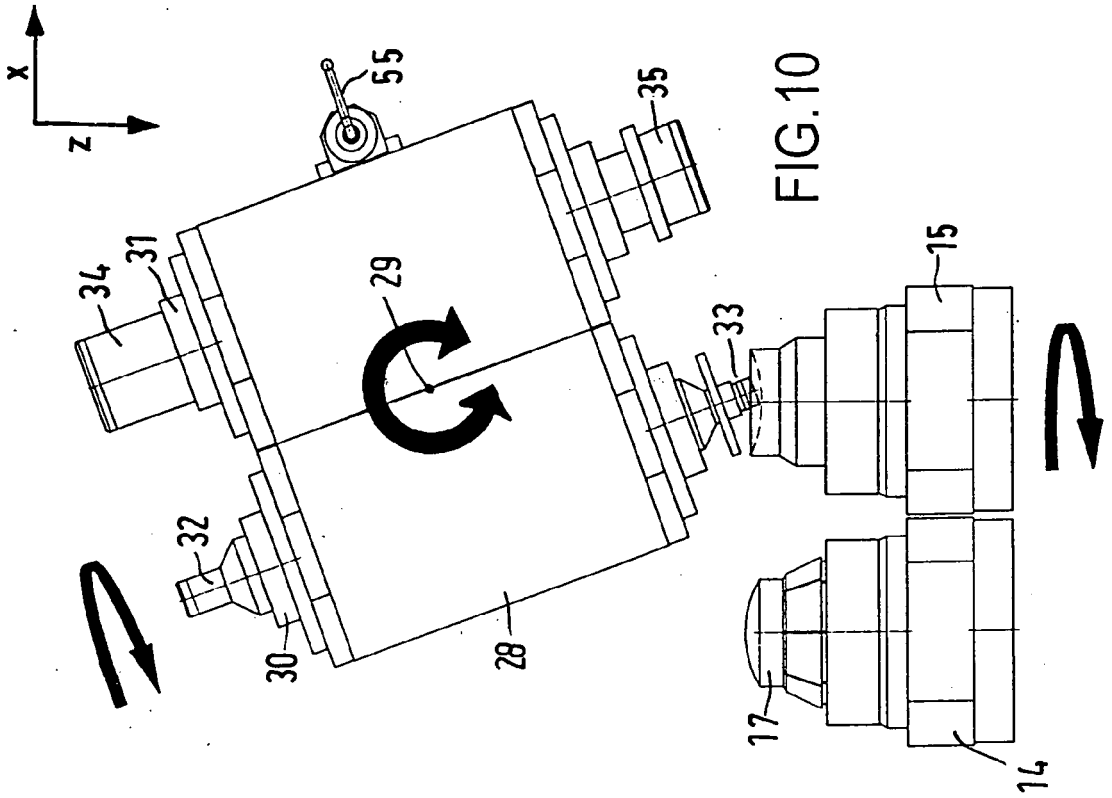

x
z
55
35
34
31
29
33
15
32
30
28
17
14

FIG.10

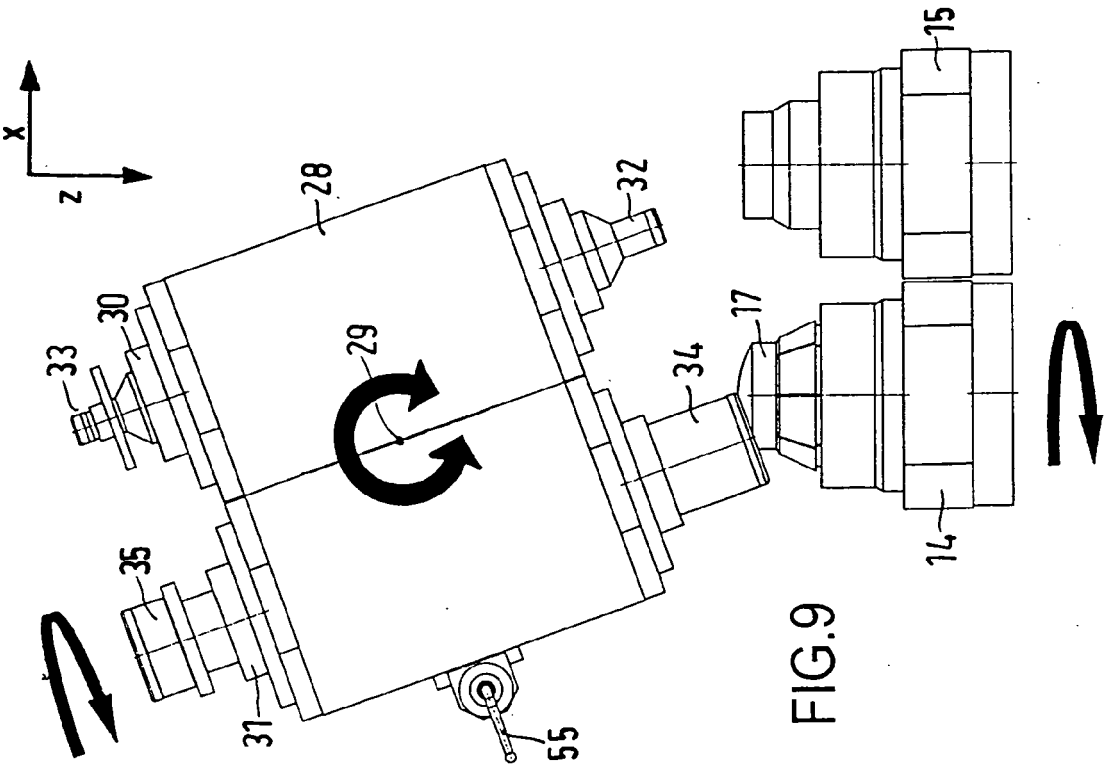

x
z
28
32
30
33
29
34
17
15
35
31
55
14

FIG.9

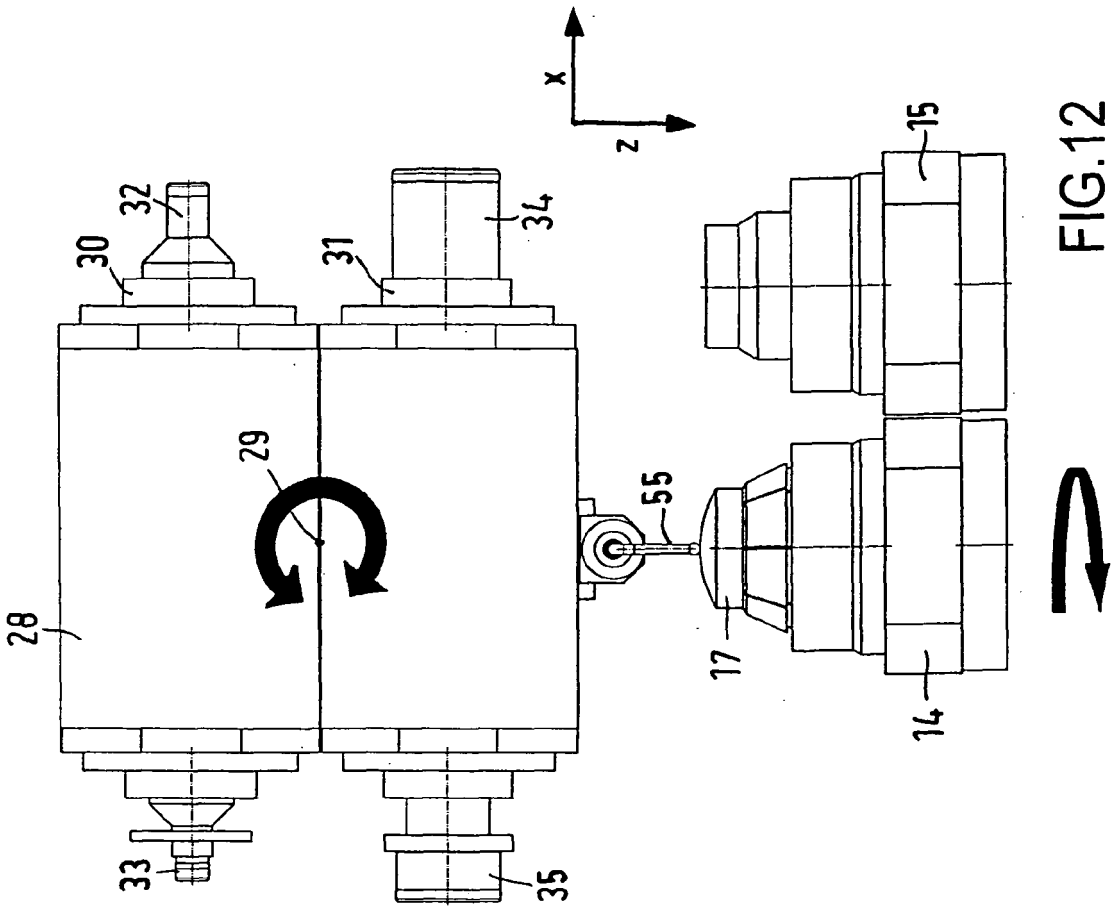

x
z
32
30
31
34
29
28
55
15
17
14
33
35

FIG.12

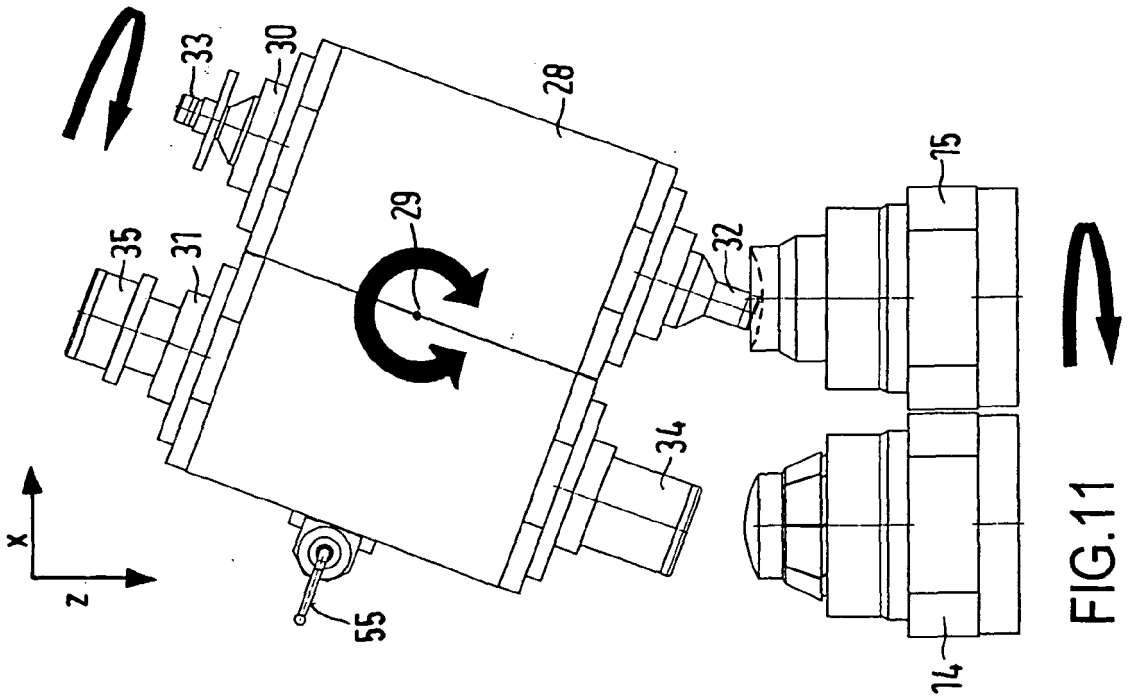

33
30
28
35
31
29
32
15
34
x
z
55
14

FIG.11

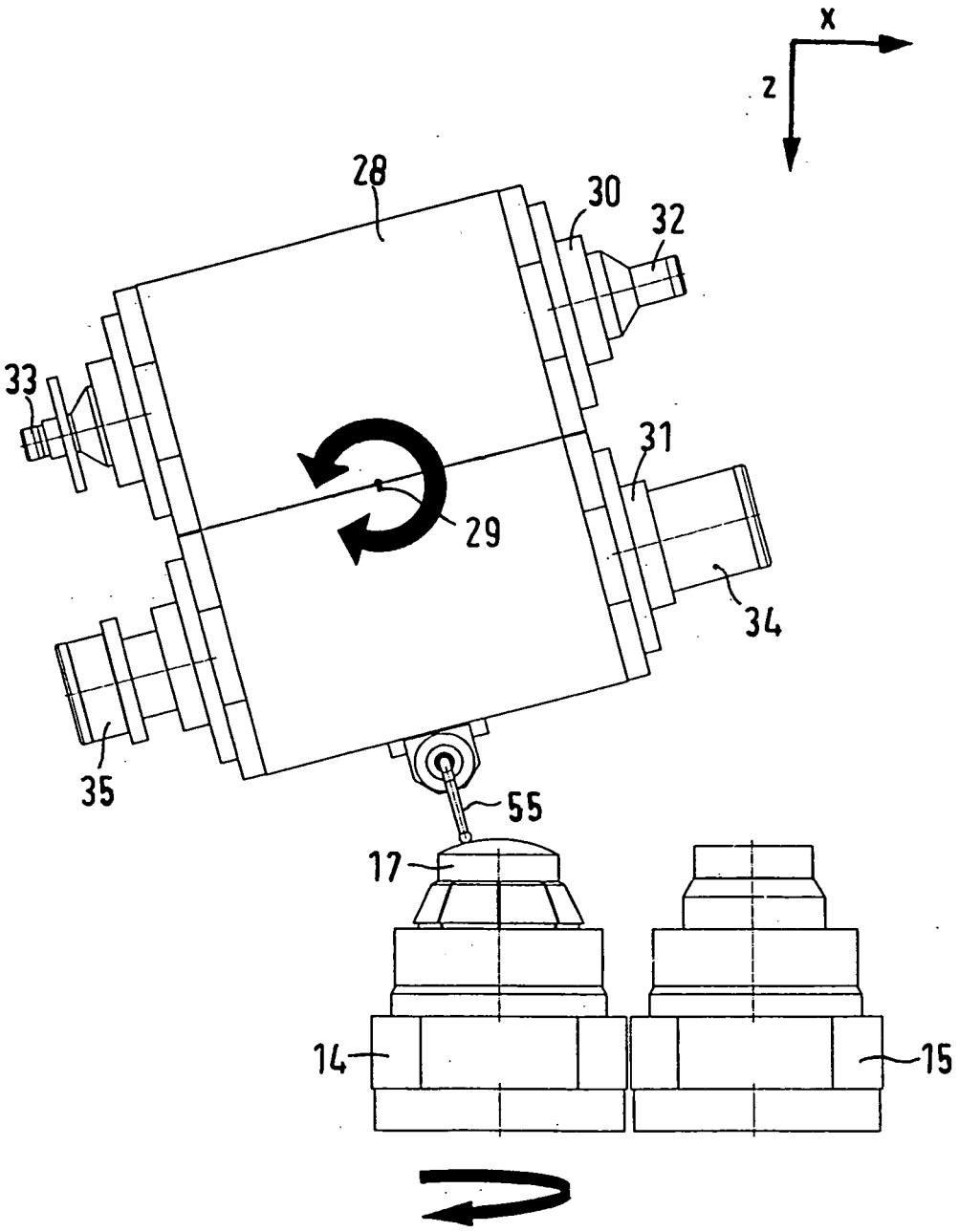


FIG.13

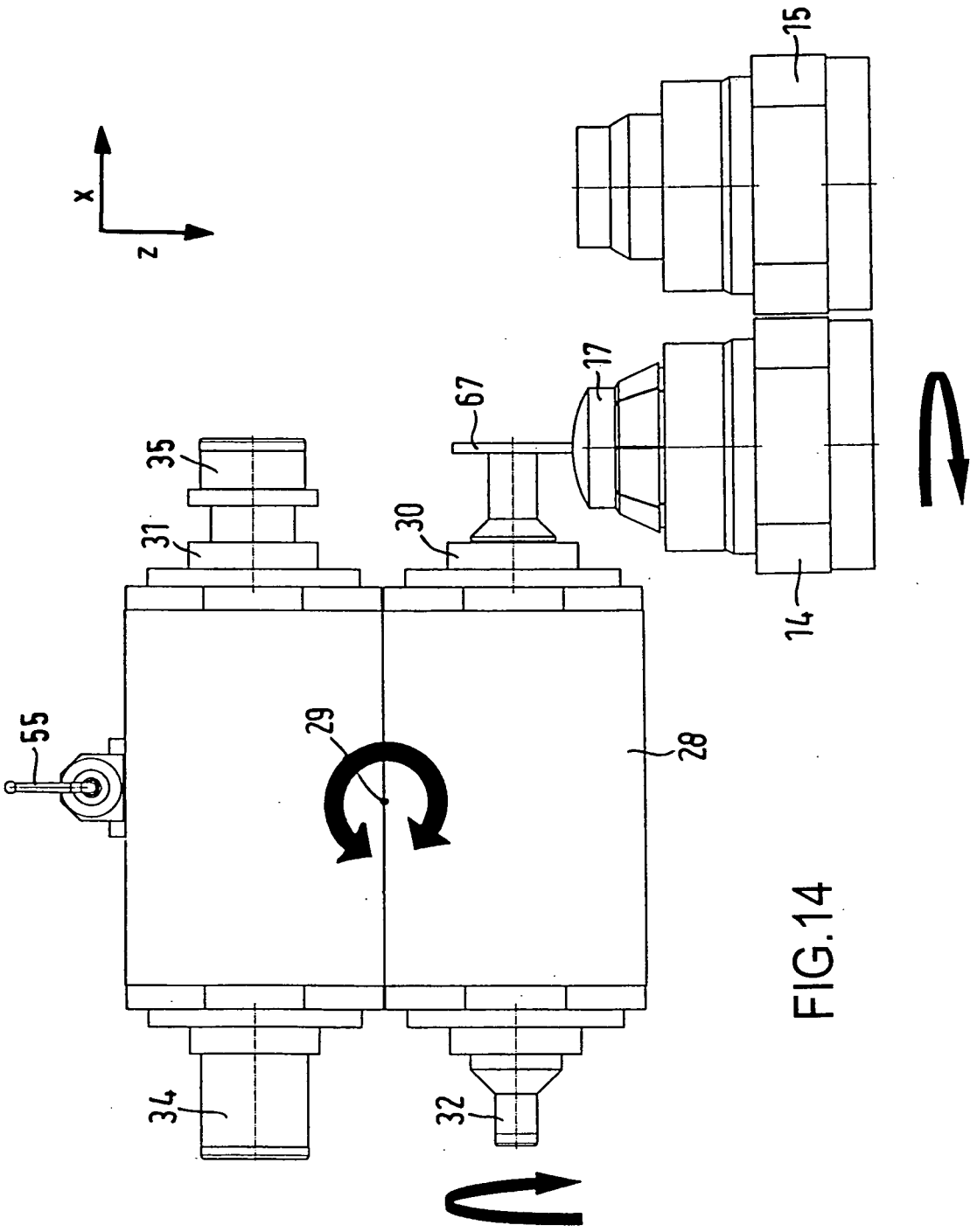


FIG.14

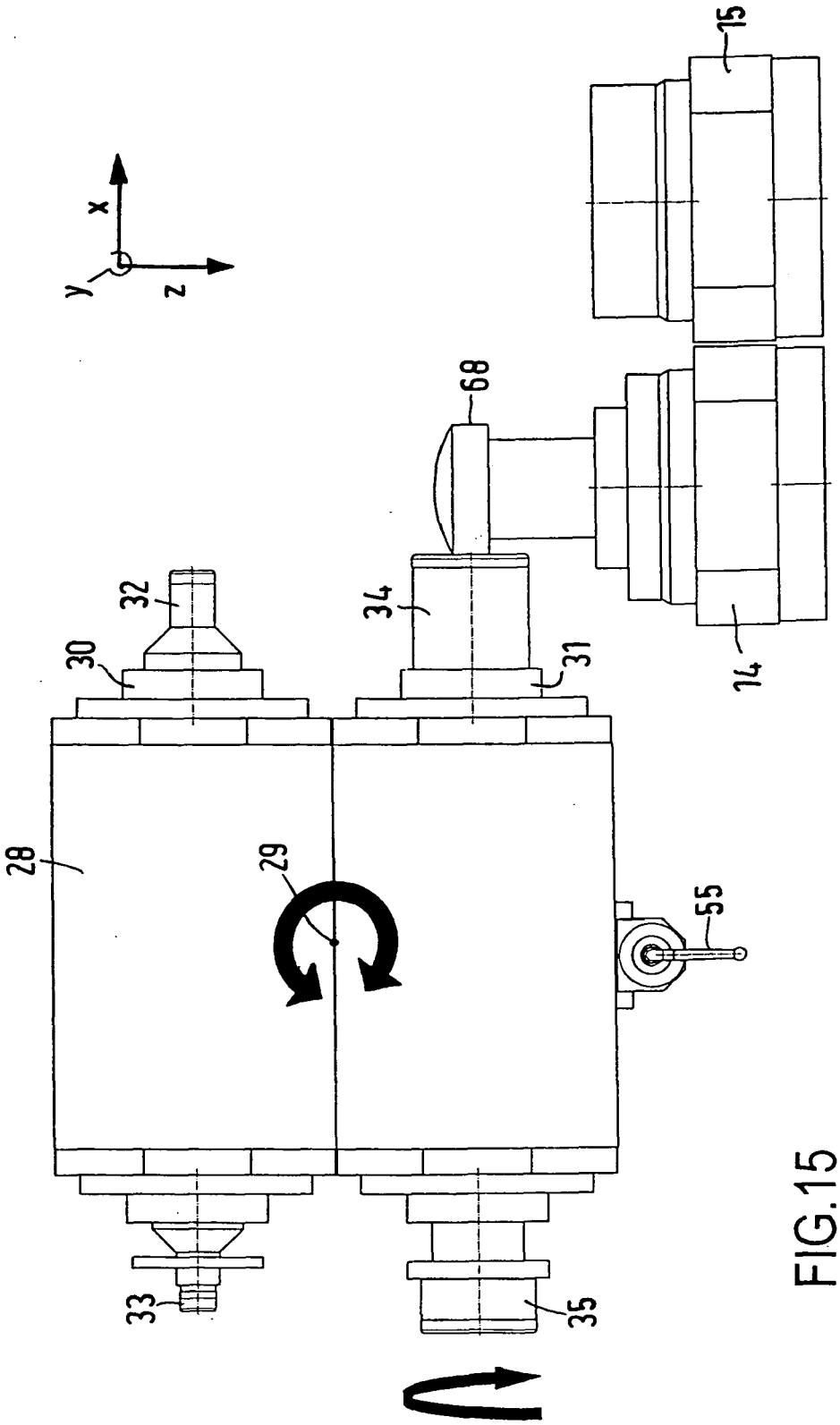


FIG.15

Europäisches Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 07 01 0309

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
D,A	DE 197 51 750 A1 (SCHNEIDER GMBH & CO KG [DE]) 2. Juni 1999 (1999-06-02) * das ganze Dokument *	1-11	INV. B24B13/005 B24B13/00
D,A	DE 197 37 217 A1 (SCHNEIDER GMBH & CO KG [DE]) 4. März 1999 (1999-03-04) * das ganze Dokument *	1-11	
D,A	DE 100 29 967 A1 (LOH OPTIKMASCHINEN AG [DE] SATISLOH GMBH [DE]) 17. Januar 2002 (2002-01-17)		
A	FR 2 465 559 A1 (PRONTOR WERK GAUTHIER GMBH [DE]) 27. März 1981 (1981-03-27)		

RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)

B24B

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt

Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
München	25. Juli 2007	Koller, Stefan

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 anderen Gründen angeführtes Dokument

& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR. EP 07 01 0309

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

25-07-2007

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19751750 A1	02-06-1999	KEINE	
DE 19737217 A1	04-03-1999	KEINE	
DE 10029967 A1	17-01-2002	US 2002006764 A1	17-01-2002
FR 2465559 A1	27-03-1981	DE 2937977 A1	02-04-1981
		GB 2063117 A	03-06-1981
		US 4392331 A	12-07-1983

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 10029967 A1 **[0003]**
- DE 19737217 A1 **[0004]**
- DE 19751750 A1 **[0005]**