(19) Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 32 913 A1** 2004.12.09

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **103 32 913.7**
(22) Anmeldetag: **19.07.2003**
(43) Offenlegungstag: **09.12.2004**

(51) Int Cl.[7]: **B23Q 17/00**
B23Q 1/00, G01B 11/00

(66) Innere Priorität:
103 23 673.2 16.05.2003
103 25 387.4 30.05.2003

(71) Anmelder:
Traub Drehmaschinen GmbH, 73262 Reichenbach, DE

(74) Vertreter:
HOEGER, STELLRECHT & PARTNER Patentanwälte, 70182 Stuttgart

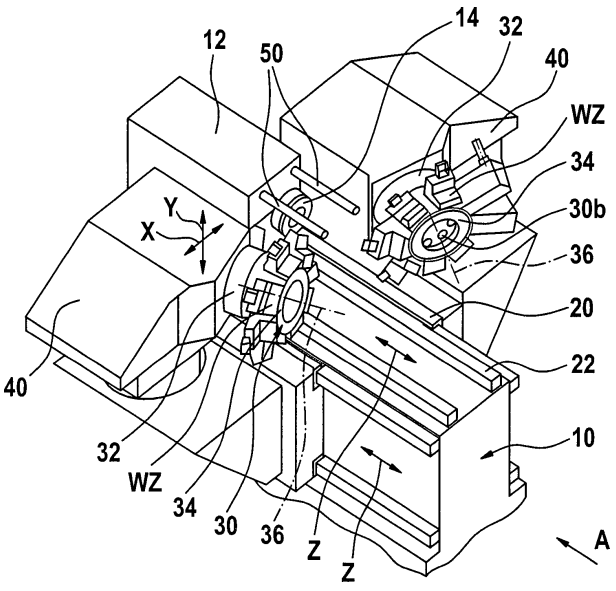
(72) Erfinder:
Baumann, Ulrich, 73252 Lenningen, DE; Klauss, Walter, 73099 Adelberg, DE; Eitel, Manfred, 73669 Lichtenwald, DE; Osswald, Ernst, 73262 Reichenbach, DE; Monz, Joachim, 73066 Uhingen, DE

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Werkzeugmaschine**

(57) Zusammenfassung: Um bei einer Werkzeugmaschine, umfassend ein Maschinengestell, einen Arbeitsraum, in welchem eine Bearbeitung eines Werkstücks mittels eines Werkzeugs durch Bewegung derselben relativ zueinander erfolgt, einen am Maschinengestell angeordneten Werkstückträger mit einer Aufnahme für das Werkstück, einen am Maschinengestell angeordneten Werkzeugträger mit einer Aufnahme für das Werkzeug, eine Maschinensteuerung zur Durchführung der Bewegung von Werkstück und Werkzeug relativ zueinander und eine optische Meßeinrichtung zum Erfassen von Geometriedaten von mindestens einem im Arbeitsraum angeordneten Objekt in einer innerhalb eines Erfassungsraums liegenden Erfassungsebene relativ zu einem Maschinenbezugspunkt, ein Vermessen eines Objekts im Arbeitsraum effizienter durchführen zu können, wird vorgeschlagen, daß die Meßeinrichtung eine elektronische Bilderfassungseinheit und eine dieser zugeordnete Abbildungsoptik aufweist, daß die Abbildungsoptik ein innerhalb des Erfassungsraums angeordnetes Objekt auf die Bilderfassungseinheit abbildet und daß der Bilderfassungseinheit eine Bildverarbeitungseinheit zugeordnet ist, mit welcher aufgrund von Geometriedaten des Objekts und Referenzdaten eine Relativposition des Objekts zu dem Maschinenbezugspunkt bestimmbar ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Werkzeugmaschine umfassend ein Maschinengestell, einen Arbeitsraum, in welchem eine Bearbeitung eines Werkstücks mittels eines Werkzeugs durch Bewegung derselben relativ zueinander erfolgt, einen am Maschinengestell angeordneten Werkstückträger mit einer Aufnahme für das Werkstück, einen am Maschinengestell angeordneten Werkzeugträger mit einer Aufnahme für das Werkzeug, eine Maschinensteuerung zur Durchführung der Bewegung von Werkstück und Werkzeug relativ zueinander und eine optische Meßeinrichtung zum Erfassen von Geometriedaten von mindestens einem im Arbeitsraum angeordneten Objekt in einer innerhalb eines Erfassungsraums liegenden Erfassungsebene relativ zu einem Maschinenbezugspunkt.

Stand der Technik

[0002] Eine derartige Werkzeugmaschine ist aus der deutschen Patentanmeldung Nr. 29 41 156 bekannt.

[0003] Bei dieser erfolgt ein Erfassen der Geometriedaten von mindestens einem im Arbeitsraum angeordneten Werkzeug durch eine Bedienungsperson mittels einer Visiereinrichtung.

[0004] Ein derartiges Vermessen eines Werkzeugs im Arbeitsraum mittels lediglich einer dem Benutzer zur Verfügung gestellten Visiereinrichtung ist aufwendig und unhandlich.

[0005] Insbesondere bei Werkzeugmaschinen mit einer Vielzahl von zu vermessenden Werkzeugen.

Aufgabenstellung

[0006] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, bei einer Werkzeugmaschine der eingangs beschriebenen Art ein Vermessen eines Objekts im Arbeitsraum effizienter durchführen zu können.

[0007] Diese Aufgabe wird bei einer Werkzeugmaschine der eingangs beschriebenen Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Meßeinrichtung eine elektronische Bilderfassungseinheit und eine dieser zugeordnete Abbildungsoptik aufweist, daß die Abbildungsoptik ein innerhalb des Erfassungsraums angeordnetes Objekt auf die Bilderfassungseinheit abbildet und daß der Bilderfassungseinheit eine Bildverarbeitungseinheit zugeordnet ist, mit welcher aufgrund von Geometriedaten des Objekts und Referenzdaten eine Relativposition des Objekts zu dem Maschinenbezugspunkt bestimmbar ist.

[0008] Der Vorteil der erfindungsgemäßen Lösung ist darin zu sehen, daß mit dieser in besonders effizienter Weise und mit großer Präzision die Vermessung eines Objekts im Arbeitsraum durchführbar ist.

[0009] Um die Abbildungsoptik vorteilhaft im Arbeitsraum anordnen zu können, ist vorzugsweise vorgesehen, daß die Abbildungsoptik in einem sich in einer Meßstellung in den Arbeitsraum erstreckenden Gehäuse angeordnet ist.

[0010] Vorzugsweise ist die Meßeinrichtung so ausgebildet, daß sie in einer Meßstellung die Relativposition des Objekts zum Maschinenbezugspunkt ermittelt.

[0011] Es ist aber auch möglich, mehrere Meßstellungen vorzusehen.

[0012] In einer derartigen Meßstellung der Meßeinrichtung ist es erforderlich, die Position des Erfassungsbereichs und der Erfassungsebene sowie der durch die Referenzdaten repräsentierten Orte innerhalb derselben relativ zum Maschinenbezugspunkt exakt zu kennen, um zuverlässige Messungen durchzuführen.

[0013] Dies setzt nicht zwingend voraus, daß nur eine Meßstellung vorgesehen ist. Im Rahmen der erfindungsgemäßen Lösung besteht auch die Möglichkeit, mindestens zwei oder mehrere Meßstellungen vorzusehen.

[0014] Dabei besteht die Möglichkeit, die Abbildungsoptik und deren Gehäuse beispielsweise so zu bewegen, daß damit auch der Erfassungsraum mit der Erfassungsebene in diese verschiedenen Meßstellungen bringbar ist.

[0015] Es ist aber auch denkbar, daß der Erfassungsraum und die Erfassungsebene durch eine Folge von Meßstellungen hindurchbewegt werden.

[0016] In einem derartigen Fall ist vorzugsweise vorgesehen, daß der Erfassungsraum und die Erfassungsebene entsprechend einer definierten Folge in die verschiedenen Meßstellungen bewegt wird.

[0017] Im Extremfall ist es sogar denkbar, daß eine Reihe von Meßstellungen kontinuierlich durchlaufen wird.

[0018] In diesem Fall ist es erforderlich, in jeder der Meßstellungen die Position des Erfassungsraums und der Erfassungsebene relativ zu dem Maschinenbezugspunkt exakt zu kennen oder zu erfassen. Hierzu ist es besonders vorteilhaft, wenn der Meßeinrichtung eine Positionserkennungseinrichtung zugeordnet ist.

[0019] Eine derartige Positionserkennungseinrichtung kann im einfachsten Fall durch Anschlagmittel

gebildet sein.

[0020] Besonders günstig ist es jedoch, wenn eine derartige Positionserkennungseinrichtung für die Meßeinrichtung kontinuierlich arbeitet und kontinuierlich beispielsweise Ortswechsel der Abbildungsoptik zu erfassen in der Lage ist.

[0021] Das Gehäuse könnte an jeder beliebigen Stelle des Arbeitsraums angeordnet sein. Besonders günstig ist es, wenn sich das Gehäuse in der Meßstellung ausgehend von einem den Arbeitsraum begrenzenden Element in diesen hinein erstreckt, beispielsweise in Form eines langgestreckten Arms.

[0022] Hinsichtlich der Ausbildung des Gehäuses sind die unterschiedlichsten Möglichkeiten denkbar. Eine Möglichkeit sieht vor, daß das Gehäuse zusätzlich zu der Abbildungsoptik die elektronische Bilderfassungseinheit aufnimmt und somit sowohl die Abbildungsoptik als auch die elektronische Bilderfassungseinheit zu einer in der Meßstellung im Arbeitsraum zu positionierenden Einheit kombiniert.

[0023] Eine andere vorteilhafte Lösung sieht vor, daß die elektronische Bilderfassungseinheit in einem eigenen, von dem Gehäuse der Abbildungsoptik separaten Gehäuse angeordnet ist.

[0024] Damit besteht insbesondere die Möglichkeit, die elektronische Bilderfassungseinheit von dem Gehäuse der Abbildungsoptik lösbar auszubilden, so daß beispielsweise die elektronische Bilderfassungseinheit an einer Komponente der Werkzeugmaschine ständig angeordnet sein kann, während das Gehäuse mit der Abbildungsoptik von der Bilderfassungseinheit lösbar ist.

[0025] Eine besonders günstige Lösung sieht dabei vor, daß das Gehäuse der Abbildungsoptik von der Meßstellung in eine Ruhestellung und umgekehrt bewegbar ist. Dabei kann das Gehäuse der Abbildungsoptik entweder manuell oder durch eine Vorrichtung, beispielsweise auch durch eine Art Greifeinrichtung, von der Meßstellung in die Ruhestellung und umgekehrt bewegt werden.

[0026] Für den Fall eines Ausführungsbeispiels, bei welchem mehrere Meßstellungen vorgesehen sind, ist vorteilhafterweise das Gehäuse mit der Abbildungsoptik in die mehreren Meßstellungen bewegbar, um in jeder der Meßstellungen die Position des Objekts erfassen zu können, wobei die Position des Objekts nur bei exakt bekannter Position der Meßstellung erfassbar ist.

[0027] Eine derartige Position der Meßstellung könnte entweder durch Anschlagmittel oder eine Positionserfassung präzise im Raum ermittelt werden.

[0028] Bei all diesen Lösungen ließe sich die Bewegbarkeit des Gehäuses der Abbildungsoptik dazu ausnutzen, die mehrere Meßstellungen anzufahren.

[0029] Es ist im Rahmen der erfindungsgemäßen Lösung aber auch denkbar, eine tatsächliche Messung nur in einer Meßstellung vorzunehmen, die Bewegung des Gehäuses der Abbildungsoptik aber auch dazu auszunützen, um Übersichtsbilder über Teilbereiche des Arbeitsraums zu erzeugen. Dabei ist es im einfachsten Fall nicht zwingend nötig, exakt die Position der Meßeinrichtung bei der Erfassung des Bereichs des Arbeitsraums zu kennen. Es reicht eine Grobermittlung der Position der Meßeinrichtung, um Übersichtsbilder über einen entsprechenden Bereich des Arbeitsraums aufnehmen zu können.

[0030] Dabei ist es prinzipiell denkbar, die Ruhestellung im Arbeitsraum vorzusehen.

[0031] Zum Schutz des Gehäuses der Abbildungsoptik und insbesondere der in dem Gehäuse enthaltenen Abbildungsoptik ist es besonders günstig, wenn das Gehäuse der Abbildungsoptik aus dem Arbeitsraum heraus in die Ruhestellung bewegbar ist.

[0032] Insbesondere ist es dabei wesentlich, daß das Gehäuse der Abbildungsoptik in der Ruhestellung gegen Spänebeaufschlagung und/oder Kühlmittelbeaufschlagung geschützt ist.

[0033] Hinsichtlich der Bewegung des Gehäuses, insbesondere im Arbeitsraum, beispielsweise von der Meßstellung in die Ruhestellung und umgekehrt, ist es besonders günstig, wenn das Gehäuse mittels eines Antriebs bewegbar ist.

[0034] Vorzugsweise ist dabei vorgesehen, daß das Gehäuse durch den Antrieb in den Arbeitsraum hinein und aus diesem heraus bewegbar ist.

[0035] Um ein Werkzeug besonders günstig vermessen zu können, ist vorzugsweise vorgesehen, daß das Gehäuse in Richtung quer zu einer Bewegungsachse des Werkzeugs bei der Bearbeitung des Werkstücks bewegbar ist.

[0036] Damit mit der erfindungsgemäßen Meßeinrichtung exakte Meßergebnisse erzielt werden, ist vorzugsweise eine Positioniereinrichtung vorgesehen, mit welcher das Gehäuse mitsamt der Abbildungsoptik in der Meßstellung im Arbeitsraum exakt positionierbar ist. Durch eine derartige exakte Positionierung der Abbildungsoptik im Arbeitsraum sind auch der Erfassungsraum und die Erfassungsebene exakte festlegbar, so daß daraus auch eine hohe Meßgenauigkeit resultiert.

[0037] Insbesondere wenn das Gehäuse aus der Abbildungsoptik aus dem Arbeitsraum entnehmbar

sein soll, ist vorteilhafterweise vorgesehen, daß mit der Positioniereinrichtung das Gehäuse im Arbeitsraum wiederholgenau positionierbar ist.

[0038] Eine derartige Positioniereinrichtung könnte beispielsweise eine Positionierung des Gehäuses durch Kraftschluß vorsehen.

[0039] Um dauerhaft eine exakte und insbesondere wiederholgenaue Positionierung des Gehäuses der Abbildungsoptik zu erhalten, ist vorzugsweise vorgesehen, daß die Positioniereinrichtung das Gehäuse durch Formschluß exakt positioniert.

[0040] Insbesondere in all den Fällen, in denen die Bilderfassungseinheit nicht mit dem Gehäuse der Abbildungsoptik aus dem Arbeitsraum entfernbar ist, ist vorzugsweise vorgesehen, daß das Gehäuse der Bilderfassungseinheit durch die Positioniereinrichtung exakt relativ zum Gehäuse der Abbildungsoptik positionierbar ist, das heißt daß gleichzeitig mit der exakten Positionierung des Gehäuses der Abbildungsoptik relativ zur Werkzeugmaschine auch eine exakte Positionierung der Abbildungsoptik relativ zur Bilderfassungseinheit erfolgt.

[0041] Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform sieht vor, daß der Positioniereinrichtung eine Führung für eine Bewegung des Gehäuses in den Arbeitsraum hinein und aus diesem heraus zugeordnet ist.

[0042] Mit einer derartigen Führung besteht die Möglichkeit, die Gesamtheit aus Bilderfassungseinheit und Abbildungsoptik in der Werkzeugmaschine aus dem Arbeitsraum heraus oder in diesen hinein zu bewegen, insbesondere zwischen der Meßstellung und der Ruhestellung.

[0043] Grundsätzlich wäre es denkbar, die gesamte Meßeinrichtung mitsamt der elektronischen Bilderfassungseinheit in dem Arbeitsraum anzuordnen. Da die elektronische Bilderfassungseinheit jedoch eine Vielzahl von elektrischen Anschlüssen benötigt, und außerdem empfindlich ist gegen die Einwirkung von Kühl- oder Schmiermittel im Arbeitsraum und/oder Spänen, würde die Anordnung der elektronischen Bilderfassungseinheit im Arbeitsraum einen hohen Aufwand für die Abschirmung und Kapselung derselben gegen die schädlichen Einflüsse im Arbeitsraum erfordern.

[0044] Aus diesem Grund sieht ein besonders günstiges Ausführungsbeispiel vor, daß in der Meßstellung des Gehäuses der Abbildungsoptik die elektronische Bilderfassungseinheit für die Abbildungsoptik außerhalb des Arbeitsraums angeordnet ist.

[0045] Dies gilt sowohl für den Fall, daß die elektronische Bilderfassungseinheit in das Gehäuse für die Abbildungsoptik integriert ist als auch für den Fall, daß die elektronische Bilderfassungseinheit ein separates Gehäuse aufweist, welches von dem Gehäuse für die Abbildungsoptik lösbar und wieder verbindbar ist, um das Gehäuse für die Abbildungsoptik mitsamt derselben aus dem Arbeitsraum zu entfernen.

[0046] Im Zusammenhang mit der bisherigen Beschreibung der Funktion der erfindungsgemäßen Meßeinrichtung wurde nicht näher darauf eingegangen, welche Geometriedaten von der Meßeinrichtung erfaßt werden.

[0047] Besonders günstig ist es, wenn die Meßeinrichtung eine Außenkontur des Objekts erfaßt, da diese einfach und mit der notwendigen Präzision abbildbar ist.

[0048] Ferner wurde auch die Arbeitsweise der Abbildungsoptik bei der erfindungsgemäßen Meßeinrichtung nicht näher präzisiert.

[0049] So sieht ein besonders günstiges Ausführungsbeispiel vor, daß die Abbildungsoptik in einer festgelegte Erfassungsebene liegende geometrische Konturen des Objekts auf die Bilderfassungseinheit abbildet.

[0050] Im einfachsten Fall ist damit die Abbildungsoptik auf eine einzige festgelegte Erfassungsebene hinsichtlich der Abbildungseigenschaften eingestellt.

[0051] Es ist aber auch denkbar, die Abbildungsoptik so aufzubauen, daß sie in der Lage ist, durch unterschiedliche Einstellung geometrische Konturen in mehreren, vorzugsweise zueinander parallel liegenden und in Beobachtungsrichtung einen unterschiedlichen Abstand aufweisenden Erfassungsebenen jeweils auf die Bilderfassungseinheit abzubilden.

[0052] Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Meßeinrichtung durch von einer der Erfassungsebene gegenüberliegenden Seite kommendes diffuses Hintergrundlicht sich in der Erfassungsebene abzeichnende Konturen erfaßt, deren derartige Schattenkonturen sind aufgrund deren Schärfe vorteilhaft für eine Messung einzusetzen.

[0053] Das diffuse Hintergrundlicht ist vorzugsweise dadurch erhältlich, daß es durch eine auf einer der Abbildungsoptik gegenüberliegenden Seite der Erfassungsebene angeordnete Strahlungsquelle erzeugt wird.

[0054] Eine andere Möglichkeit sieht vor, daß das diffuse Hintergrundlicht durch Reflexion von Licht erzeugt wird, das von einer Strahlungsquelle kommt, die auf der selben Seite der Erfassungsebene angeordnet ist wie die Abbildungsoptik.

[0055] Besonders günstig ist es, wenn hierbei die Strahlungsquelle an dem Gehäuse der Abbildungsoptik angeordnet ist.

[0056] Darüber hinaus besteht vielfach die Notwendigkeit, ein Werkzeug in mehreren nichtparallelen Erfassungsebenen zu vermessen, beispielsweise in der X/Z-Ebene und der X/Y-Ebene einer Werkzeugmaschine.

[0057] Dies ist vorzugsweise bei einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Lösung möglich, bei welcher die Abbildungsoptik derart ausgebildet ist, daß die Erfassung von Geometriedaten in zwei von einander verschiedenen, nichtparallelen Erfassungsebenen möglich ist.

[0058] Eine derartige Erfassung in zwei verschiedenen Erfassungsebenen ist nur mit großem Aufwand gleichzeitig durchführbar und auch nicht gleichzeitig auswertbar, aus diesem Grund ist vorzugsweise vorgesehen, daß die Abbildungsoptik von einer Erfassungsebene auf die andere Erfassungsebene umschaltbar ist, so daß nacheinander eine Vermessung beispielsweise ein und desselben Werkzeugs in der einen Erfassungsebene und in der anderen Erfassungsebene möglich ist.

[0059] Im Rahmen dieser Lösung ist es aber auch genauso denkbar, unterschiedliche Werkzeuge, je nach der Art ihres Einsatzes und ihres Bearbeitungsaufgabe in unterschiedlichen Erfassungsebenen zu vermessen. Beispielsweise ist es mit dieser Lösung möglich, bestimmte Arten von Werkzeugen nur in einer Erfassungsebene zu vermessen, andere Arten von Werkzeugen in der anderen Erfassungsebene und/oder weitere Arten von Werkzeugen beispielsweise in beiden Erfassungsebenen.

[0060] Eine besonders vorteilhafte Lösung sieht vor, daß die Abbildungsoptik derart ausgebildet ist, daß mindestens eine Erfassungsebene parallel zu mindestens einer der Bewegungsachsen verläuft, längs welcher eine Relativbewegung zwischen dem Werkstück und dem Werkzeug zur Bearbeitung des Werkstücks erfolgt.

[0061] Insbesondere bei all den Ausführungsbeispielen, bei welchen das Werkstück vorzugsweise zur Durchführung zumindest eines Teils der Bearbeitung um eine Spindelachse drehbar ist, ist vorzugsweise vorgesehen, daß die eine Erfassungsebene parallel zur Spindelachse verläuft.

[0062] Alternativ oder ergänzend dazu ist bei einer weiteren Ausführungsform vorgesehen, daß eine Erfassungsebene quer zur Spindelachse verläuft.

[0063] Bei den bislang beschriebenen Ausführungsbeispielen wurde davon ausgegangen, daß mit der Meßeinrichtung in der Meßstellung eine Erfassung von Geometriedaten erfolgt. Es wurde nichts über den Einsatz der Meßeinrichtung in allen Stellungen außerhalb der Meßstellungen gesagt.

[0064] Im Rahmen der erfindungsgemäßen Lösung ist es alternativ oder ergänzend dazu denkbar, mit der Meßeinrichtung während einer Bewegung derselben im Arbeitsraum Geometriedaten zu erfassen. Dies kann eine Bewegung ohne exakte Festlegung der Position der Meßeinrichtung sein, und somit lediglich eine zumindest nicht auf hohe Präzision ausgelegte Erfassung von Geometriedaten. Es ist aber auch denkbar, die Position der Meßeinrichtung während der Bewegung exakt zu erfassen und aufgrund dieser Erfassung der Position der Meßeinrichtung exakte Messungen vorzunehmen.

[0065] Das exakte Erfassen der relativen Position der Meßeinrichtung relativ zu einem die Geometriedaten aufweisenden Objekt im Arbeitsraum kann in unterschiedlichster Weise erfolgen.

[0066] Beispielsweise kann hierzu ein Meßsystem vorgesehen sein, mit welchem die Bewegung der Meßeinrichtung im Arbeitsraum erfassbar ist.

[0067] Alternativ dazu läßt sich aber auch die Relativbewegung der Meßeinrichtung zum Objekt im Arbeitsraum dadurch erfassen, daß eine Erfassung der relativen Bewegung der Meßeinrichtung zum Objekt im Arbeitsraum durch eine gesteuerte Bewegung einer die Meßeinrichtung oder das Objekt tragenden Einheit der Werkzeugmaschine zu dem zu erfassenden Objekt bzw. der Meßeinrichtung erfolgt, denn in diesem Fall ist durch die Erfassung der Bewegung der Einheit der Werkzeugmaschine gleichzeitig unmittelbar eine exakte Erfassung der Position der Meßeinrichtung bzw. des Objekts im Arbeitsraum möglich, wenn die Meßeinrichtung bzw. das Objekt zu dieser Einheit der Werkzeugmaschine in einer definierten Anordnung steht.

[0068] Beispielsweise wäre es denkbar, im Rahmen der erfindungsgemäßen Lösung die Meßeinrichtung in eine Meßstellung relativ zu der Einheit der Werkzeugmaschine zu fahren, an welcher die Meßeinrichtung gehalten ist und dann die Einheit der Werkzeugmaschine mitsamt der Meßeinrichtung zu verfahren und dadurch die Meßeinrichtung im Arbeitsraum gesteuert zu bewegen.

[0069] Eine besonders zweckmäßige Lösung sieht bei einer Gegenspindelmaschine vor, eine Meßeinrichtung an einem bewegbaren Spindelgehäuse der Gegenspindel anzuordnen und die Meßeinrichtung dann mitsamt der Gegenspindel im Arbeitsraum zu bewegen, um beispielsweise Werkstücke in der Hauptspindel oder Werkzeuge in den Werkzeugträgern der Hauptspindel und/oder der Gegenspindel zu

vermessen.

[0070] Alternativ dazu besteht auch die Möglichkeit, die Relativbewegung zwischen dem zu erfassenden Objekt und der Meßeinrichtung umzukehren, nämlich dadurch, daß die Meßeinrichtung fest mit einer unbeweglichen Einheit, beispielsweise dem Spindelgehäuse der Hauptspindel, verbunden ist und das in der Gegenspindel aufgenommene Werkstück relativ zu der Meßeinrichtung bewegt wird.

[0071] Um für einen Bediener das Auffinden des Erfassungsraums, in welchem die Meßeinrichtung Messungen vornehmen kann, zu erleichtern, ist bei einer bevorzugten Ausführungsform vorgesehen, daß eine den Erfassungsraum durch ein Strahlenbündel im sichtbaren Bereich optisch kennzeichnende Markierungslichtquelle vorgesehen ist.

[0072] Die Markierungslichtquelle kann prinzipiell überall im Arbeitsraum oder an der Maschine angeordnet sein. Eine besonders günstige Lösung sieht vor, daß die Markierungslichtquelle an dem Gehäuse der Abbildungsoptik angeordnet ist.

[0073] In diesem Fall ist die relative Position der Markierungslichtquelle zur Abbildungsoptik festgelegt und somit erfolgt mit der Positionierung der Abbildungsoptik in der Meßstellung gleichzeitig eine entsprechende Positionierung der Markierungslichtquelle.

[0074] Im Zusammenhang mit der bisherigen Beschreibung der erfindungsgemäßen Lösung wurde nicht näher darauf eingegangen, mit welchen Mitteln eine Relativposition der Geometriedaten des Objekts zu Referenzdaten erfolgen soll.

[0075] So sieht ein vorteilhaftes Ausführungsbeispiel vor, daß der Bildverarbeitungseinheit ein das Objekt darstellender Bildschirm zugeordnet ist, mit welchem es möglich ist, das Objekt und auch die Referenzdaten optisch darzustellen.

[0076] Hinsichtlich der Referenzdaten wurden bislang auch keine näheren Angaben gemacht. So könnten die Referenzdaten beispielsweise durch ein in der Abbildungsoptik integriertes Fadenkreuz repräsentiert sein, das dann zwangsläufig ebenfalls von der Bilderfassungseinheit mitsamt der Abbildung der geometrischen Kontur des Objekts erfaßt wird.

[0077] Eine besonders zweckmäßige Lösung sieht jedoch vor, daß die Referenzdaten durch einen Referenzdatensatz gebildet sind, welcher in der Bildverarbeitungseinheit gespeichert ist, und somit in einfacher Weise zu einer automatischen Bestimmung der Relativposition der Geometriedaten des Objekts zu den Referenzdaten herangezogen werden kann.

[0078] Besonders günstig ist es, wenn die Referenzdaten mindestens einer Referenzlinie entsprechen.

[0079] Vorzugsweise sind die Referenzdaten so ausgebildet, daß sie zwei sich kreuzenden Referenzlinien entsprechen.

[0080] Die Referenzlinien können dabei beispielsweise auch gekrümmte Linien sein. Eine aufgrund ihrer Einfachheit besonders zweckmäßige Lösung sieht vor, daß die Referenzdaten ein Fadenkreuz darstellen.

[0081] Prinzipiell wäre es denkbar, auch mit der erfindungsgemäßen Lösung durch Vergleich der Geometriedaten des Objekts mit den Referenzdaten, beispielsweise beide dargestellt auf dem Bildschirm der Bildverarbeitungseinheit, seitens der Bedienungsperson das Berühren der Referenzdaten durch die Geometriedaten des Objekts feststellen zu lassen.

[0082] Um die Berührung zwischen den Geometriedaten des Objekts und den Referenzdaten möglichst präzise und möglichst selbsttätig erfassen zu können, ist vorzugsweise vorgesehen, daß die Bildverarbeitungseinheit ein Bildverarbeitungsprogramm aufweist, welches ein Berühren von durch die Referenzdaten bestimmten Orten durch die Geometriedaten des Objekts entsprechenden Orten erkennt.

[0083] Besonders günstig ist es dabei, wenn das Bildverarbeitungsprogramm in der Lage ist, ein Berühren der durch die Referenzdaten bestimmten Orte von einem Übergreifen der durch die Referenzdaten bestimmten Orte zu unterscheiden.

[0084] Um bei einem automatischen Erkennen der Relativpositionen der Geometriedaten des Objekts zu den Referenzdaten auch zu erreichen, daß das Objekt automatisch gesteuert so lange verfahren wird, bis die Geometriedaten die Referenzdaten berühren, ist vorzugsweise vorgesehen, daß die Bildverarbeitungseinheit über eine Vermessungssteuerung auf die Maschinensteuerung in dem Sinne einwirkt, daß das Objekt in sich zunehmend verkleinerndem Abstand an die Referenzdaten heranbewegbar ist.

[0085] Bei einem weiteren vorteilhaften Ausführungsbeispiel ist vorgesehen, daß der Bildverarbeitungseinheit eine Kamera zugeordnet ist, in deren Beobachtungsbereich in Arbeitsstellung zum Werkstück ausgerichtete Werkzeuge stehen. Mit einer derartigen Kamera läßt sich damit zumindest eine grobe Erkennung der Position der in Arbeitsstellung zum Werkstück ausgerichteten Werkzeuge ermitteln.

[0086] Darüber hinaus läßt sich aber auch mit einer derartigen Kamera beispielsweise die Durchführung

eines Bearbeitungsprozesses des Werkstücks ermitteln.

[0087] Die Kamera könnte prinzipiell an beliebigen Stellen im Arbeitsraum angeordnet sein, so lange sichergestellt ist, daß die in Arbeitsstellung zum Werkstück ausgerichteten Werkzeuge erfaßt werden können.

[0088] Besonders günstig ist es, wenn die Kamera auf einer der Meßeinrichtung gegenüberliegenden Seite des in der Werkstückaufnahme zur Bearbeitung vorgesehenen Werkstücks angeordnet ist.

[0089] In diesem Fall ist es besonders vorteilhaft, daß ohne eine Überlappen des Beobachtungsbereichs der Kamera und des Erfassungsbereichs der Meßeinrichtung gearbeitet werden kann.

[0090] Es ist aber auch beim Einsetzen einer Kamera denkbar, diese beispielsweise unmittelbar an der Meßeinrichtung anzuordnen und somit mit einem sich mit dem Erfassungsbereich überlappenden Beobachtungsbereich zu arbeiten, wobei der Beobachtungsbereich in diesem Fall üblicherweise weit größer als der Erfassungsbereich ist.

[0091] Der Beobachtungsbereich der Kamera ist dabei üblicherweise ein Teilbereich des Arbeitsraums.

[0092] Besonders günstig ist es dabei, wenn der Beobachtungsbereich der Kamera eine Ausdehnung aufweist, so daß alle einem zu bearbeitenden Werkstück zugeordneten und in Arbeitsstellung stehenden Werkzeug von der Kamera erfassbar sind. Diese Lösung hat den Vorteil, daß somit mit der Kamera die Möglichkeit besteht, alle in Arbeitsstellung stehenden Werkzeuge unabhängig von der Position des Werkzeugträgers zu erfassen und zu erkennen und dann ausgehend von dieser Erkennung der Stellungen der Werkzeuge diese in den Erfassungsraum zu bewegen.

[0093] Eine weitere vorteilhafte Lösung sieht vor, daß mit der Bildverarbeitungseinheit und der Kamera ein Bearbeitungsprozeß des Werkstücks aufzeichenbar ist.

[0094] Eine derartige Aufzeichnung des Bearbeitungsprozesses kann dabei einfach über einen längeren Zeitraum erfolgen, innerhalb von welchem der Bearbeitungsprozeß auf jeden Fall auftritt.

[0095] Eine andere vorteilhafte Lösungsmöglichkeit sieht vor, daß die Maschinensteuerung ein Startsignal und ein Stoppsignal liefert, durch welche für die Bildverarbeitungseinheit erkennbar ist, wann der Bearbeitungsprozeß beginnt und wann er endet, um die Bilderfassung im wesentlichen auf die Zeitdauer zwischen Beginn und Ende des Bearbeitungsprozesses zu konzentrieren und keine unnötig großen Datenmengen anfallen zu lassen.

[0096] Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung sind Gegenstand der nachfolgenden Beschreibung sowie der zeichnerischen Darstellung einer Ausführungsbeispiele.

Ausführungsbeispiel

[0097] In der Zeichnung zeigen:

[0098] **Fig.** 1 eine perspektivische Ansicht eines ersten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Werkzeugmaschine;

[0099] **Fig.** 2 eine Ansicht des ersten Ausführungsbeispiels in Richtung des Pfeils 1 **Fig.** 1;

[0100] **Fig.** 3 ein Schnitt längs Linie B-B in **Fig.** 2 durch das erfindungsgemäße Meßsystem unter Weglassung des Werkzeugträgers in **Fig.** 1;

[0101] **Fig.** 4 eine Schnittdarstellung entsprechend **Fig.** 3 bei aus dem Arbeitsraum entnommenem Gehäuse der Abbildungsoptik;

[0102] **Fig.** 5 eine vergrößerte Darstellung des Schnitts durch das Meßsystem gemäß **Fig.** 3;

[0103] **Fig.** 6 eine vergrößerte Darstellung der auf einem Bildschirm einer Bildverarbeitungseinheit erkennbaren Geometriedaten relativ zu Referenzdaten;

[0104] **Fig.** 7 eine schematische Darstellung der verschiedenen, durch das erste Ausführungsbeispiel möglichen Messungen;

[0105] **Fig.** 8 ein Schnitt ähnlich **Fig.** 5 durch eine erfindungsgemäße Meßeinrichtung eines zweiten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Werkzeugmaschine;

[0106] **Fig.** 9 eine schematische Darstellung einer Abbildungsoptik eines erfindungsgemäßen Meßsystems eines dritten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Werkzeugmaschine;

[0107] **Fig.** 10 eine Darstellung auf einer Werkzeugmaschine gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Werkzeugmaschine;

[0108] **Fig.** 11 eine schematische Darstellung der verschiedenen Einsatzmöglichkeiten gemäß dem vierten Ausführungsbeispiel;

[0109] **Fig.** 12 eine perspektivische Draufsicht auf eine Werkzeugmaschine gemäß einem fünften Aus-

führungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Werkzeugmaschine;

[0110] **Fig.** 13 eine Ansicht des fünften Ausführungsbeispiels mit Blick in Richtung des Pfeils C in **Fig.** 12;

[0111] **Fig.** 14 einen Schnitt durch das Meßsystem des fünften Ausführungsbeispiels längs Linie D-D in **Fig.** 13 bei in Meßstellung stehender Meßeinrichtung;

[0112] **Fig.** 15 einen Schnitt ähnlich **Fig.** 14 bei in Ruhestellung stehender Meßeinrichtung;

[0113] **Fig.** 16 eine vergrößerte Darstellung des Schnitts gemäß **Fig.** 14 durch das Meßsystem des fünften Ausführungsbeispiels und

[0114] **Fig.** 17 eine Ansicht eines sechsten Ausführungsbeispiels entsprechend **Fig.** 13.

[0115] Ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Werkzeugmaschine, beispielsweise ausgebildet als Drehmaschine, dargestellt in **Fig.** 1, umfaßt ein als Ganzes mit **10** bezeichnetes Maschinengestell, an welchem ein Spindelgehäuse **12** angeordnet ist, in dem eine Werkstückspindel **14** drehbar gelagert ist, die ihrerseits um eine Spindelachse **16** relativ zum Spindelgehäuse **12** drehbar ist und eine Werkstückaufnahme **18**, beispielsweise in Form eines Spannfutters aufweist, durch welche ein Werkstück W in der Werkstückspindel **14** aufnehmbar und fixierbar ist.

[0116] Das Spindelgehäuse **12** ist dabei entweder relativ zum Maschinengestell **10** stationär angeordnet oder auf einem Schlitten **20** angeordnet, welcher durch Längsführungen **22** am Maschinengestell **10** in einer parallel zur Spindelachse **16** verlaufenden Z-Richtung verschiebbar geführt ist.

[0117] Darüber hinaus sind an dem Maschinengestell **10** beispielsweise auf einander gegenüberliegenden Seiten der Spindelachse **16**, Werkzeugträger **30** vorgesehen, welche beispielsweise als Werkzeugrevolver ausgebildet sind und jeweils ein Revolvergehäuse **32** aufweisen, gegenüber welchem ein Revolverkopf **34** um eine Revolverachse **36** drehbar ist.

[0118] Jeder dieser Revolverköpfe **34** trägt nun eine Vielzahl von Werkzeugen WZ bzw. WZ, mit welchen das Werkstück W bearbeitet werden kann.

[0119] Jeder der Werkzeugrevolver **30** ist beispielsweise durch ein Schlittensystem **40** gegenüber dem Maschinengestell **10** zumindest in der Z-Richtung parallel zur Spindelachse **16** als auch in einer X-Richtung, das heißt quer zur Spindelachse **16** auf diese zu bewegbar, vorzugsweise noch in einer Y-Richtung, welche quer zur Z- und zur X-Richtung verläuft.

[0120] Die Bearbeitung des Werkstücks W erfolgt dabei in einem Arbeitsraum **42**, in welchen das Werkstück W hineinragt und in welchem auch die Werkzeuge WZ angeordnet sind.

[0121] Um die Werkzeuge WZ unmittelbar im Arbeitsraum **42** vermessen zu können, sind, wie in **Fig.** 1 und 2 dargestellt, an der Werkzeugmaschine zwei Meßeinrichtungen **50** vorgesehen, die jeweils in der Lage sind, in einer Erfassungsebene **60** sich darstellende Geometriedaten von Objekten zu erfassen, wobei die Erfassungsebenen **60** innerhalb eines sich ausgehend von der jeweiligen Meßeinrichtung in einer Beobachtungsrichtung **62** erstreckenden Erfassungsräumen **64** liegen, und sich quer, das heißt insbesondere senkrecht zu den Beobachtungsrichtungen **62** erstrecken.

[0122] Vorzugsweise liegen dabei die Erfassungsebenen **60** in einer durch die Spindelachse **16** und in X-Richtung verlaufenden geometrischen Ebene **66**, die somit parallel zur X-Richtung und Z-Richtung verläuft und außerdem liegen die Erfassungsräume **64** beiderseits jeweils neben der Spindelachse **16**, und zwar in einem Abstand von dieser, welcher in der Größenordnung eines maximalen Werkstückradius liegt, so daß die Möglichkeit besteht, ein sich in Arbeitsstellung in der X/Z-Ebene **66** erstreckendes Werkzeug WZ, beispielsweise vor und/oder nach einer Bearbeitung des Werkstücks W, zu vermessen. Beispielsweise sind die Meßeinrichtungen **50** so angeordnet, daß jedem der Werkzeugträger **30** eine eigene Meßeinrichtung **50** zugeordnet ist.

[0123] Wie in **Fig.** 3 und 4 exemplarisch anhand einer der Meßeinrichtungen **50** dargestellt, umfaßt jede der Meßeinrichtungen **50** einen sich ausgehend von einer Wand **68** des Arbeitsraums **42** in den Arbeitsraum **42** hinein erstreckenden Arm **70**, welcher ein rohrförmiges Gehäuse **72** für eine als Ganzes mit **74** bezeichnete Abbildungsoptik umfaßt, die beispielsweise einen Umlenkspiegel **76** sowie eine Teleskopoptik **78** aufweist, wobei ein den Erfassungsraum **64** definierender Beobachungsstrahlengang **80** sich ausgehend von einer Beobachtungsöffnung **82** des Gehäuses **72** mit einem externen Ast **84** in der Beobachtungsrichtung **62** erstreckt und auf die Erfassungsebene **60** trifft.

[0124] Ein von der Beobachtungsöffnung **82** ausgehend sich in dem Gehäuse **72** erstreckender interner Ast **84** des Beobachtungsstrahlengangs **80** wird durch den Umlenkspiegel **76** umgelenkt, durchsetzt die Teleskopoptik **78** und tritt in eine Bilderfassungseinheit **90** ein, in welcher ein elektronischer Kamerabaustein **92** angeordnet ist. Die Abbildungsoptik **74** ist dabei so aufgebaut, daß sie die Erfassungsebene **60** auf eine Detektorfläche **94** des elektronischen Ka-

merabausteins **92** scharf abbildet.

[0125] Der das rohrförmige Gehäuse **72** umfassende Arm **70** ist lösbar in einer Halterung **100** montierbar, und zwar durch einen an dem Arm **70** angeordneten Einsteckzapfen **102**, welcher in eine Zapfenaufnahme **104** der Halterung **100** einsteckbar und durch einen an der Zapfenaufnahme **104** gelagerten Spannkörper **106** in der Zapfenaufnahme **104** präzise und wiederholgenau festlegbar ist. Der Spannkörper **106** ist dabei vorzugsweise durch eine Spannkörperbetätigung **108** zum Festlegen des Einsteckzapfens **102** auf diesen zu bewegbar, wobei die Spannkörperbetätigung **108** manuell betätigbar ist.

[0126] Die Fixierung des Arms **70** über den Einsteckzapfen **102** und die Zapfenaufnahme **104** erfolgt beispielsweise dann, wenn der Einsteckzapfen **102** ein für Werkzeughalter üblicher Einsteckzapfen ist und die Zapfenaufnahme **104** ebenfalls entsprechend ausgebildet ist, präzise und wiederholgenau.

[0127] Die Halterung **100** ist vorzugsweise auf einer dem Arbeitsraum **42** zugewandten Seite der Wand **68** angeordnet, während auf einer dem Arbeitsraum **42** abgewandten Seite der Wand **68** die Bilderfassungseinheit **90** an der Halterung **100** angeordnet ist.

[0128] Diese umfaßt neben dem elektronischen Kamerabaustein **92** ein Gehäuse **96**, welches ebenfalls mit der Halterung **100** lösbar, beispielsweise über eine Fixiereinrichtung **112**, verbunden ist.

[0129] Bei in die Halterung **100** eingestecktem Arm **70** erstreckt sich der interne Ast **74** des Beobachtungsstrahlengangs **80** auch durch den Einsteckzapfen **102** und durch die Halterung **100** hindurch bis zum elektronischen Kamerabaustein **92**, wobei der interne Ast **86** auf seinem ganzen Wege von dem elektronischen Kamerabaustein **92** bis zur Beobachtungsöffnung **82** sowohl durch die Halterung **100** als auch den sich daran anschließenden Arm **70** gegenüber den Bedingungen im Arbeitsraum **42** geschützt verläuft, während sich der externe Ast **84** ausgehend von der Beobachtungsöffnung **82** in der Beobachtungsrichtung **62** frei im Arbeitsraum **42** bis zur Erfassungsebene **60** ausbreitet.

[0130] Bei dem ersten Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Werkzeugmaschine ist somit der Arm **70** in die Halterung **100** einsetzbar, um diesen in eine Meßstellung M zu bringen, beispielsweise wenn eines der Werkzeuge WZ in der Erfassungsebene **60** vermessen werden soll, und nach der Vermessung besteht die Möglichkeit, den Arm **70** aus der Halterung **100** zu lösen, beispielsweise manuell aus dem Arbeitsraum **42** zu entfernen, um den Arm **70** in eine Ruhestellung zu bringen, wobei zum Schutz des elektronischen Kamerabausteins **92** ein zeichnerisch in **Fig.** 4 nicht dargestellter Blindstopfen in die Zapfenaufnahme **104** eingesetzt wird.

[0131] Der Vorteil dieser Lösung, bei welcher nach Entfernen des Arms **70** aus dem Arbeitsraum **92** eine Trennung der Bilderfassungseinheit **90** von der Abbildungsoptik **74** erfolgt, ist darin zu sehen, daß durch die stationäre Anordnung der Bilderfassungseinheit **90** außerhalb des Arbeitsraums **42** die Möglichkeit besteht, die Bilderfassungseinheit **90** einerseits geschützt und andererseits stationär mit einer Bildverarbeitungseinheit **120** verbunden anzuordnen, so daß eine Vielzahl von Problemen, die bei einer trennbaren elektrischen Signalübertragung bestehen, durch die stationäre Anordnung der Bilderfassungseinheit **90** vermieden werden kann.

[0132] Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel erstreckt sich der Arm **70** mit seiner Längsachse **122** vorzugsweise ungefähr parallel zur Spindelachse **16** und der externe Ast **84** des Beobachtungsstrahlengangs erstreckt sich vorzugsweise quer zur Spindelachse **16** und quer zur X-Richtung sowie senkrecht zur Erfassungsebene **60**.

[0133] Ferner besteht bei diesem Ausführungsbeispiel die Möglichkeit, die Halterung **100** direkt mit dem Maschinengestell **10** zu verbinden. Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Halterung **100** über das Spindelgehäuse **12** an dem Maschinengestell **10** abgestützt, wobei somit bei stationärer Anordnung des Spindelgehäuses **12** relativ zum Maschinengestell **10** eine stationäre Anordnung der Meßeinrichtung **50** vorliegt oder im Falle eines relativ zum Maschinengestell **10** verfahrbaren Spindelgehäuses **12** eine bewegbare Anordnung der Meßeinrichtung **50**, bei welcher die Position des externen Astes **84** des Beobachtungsstrahlengangs **80** im Arbeitsraum **42** zumindest relativ zum Spindelgehäuse **12** exakt und wiederholgenau festgelegt ist. Im letzteren Fall ist eine Relativposition des Spindelgehäuses **12** zum Maschinengestell **10** durch eine Maschinensteuerung **130**, welche die Position des Spindelgehäuses **12** relativ zum Maschinengestell **10** definiert festlegt, aufgrund der Erfassung der Position des Spindelgehäuses **12** durch die Maschinensteuerung **130** relativ zum Maschinengestell **10** ermittelbar.

[0134] Damit liegt die Lage des externen Astes **84** des Beobachtungsstrahlenfeldes **80** relativ zum Maschinengestell **10** fest oder ist stets über die Maschinensteuerung **130** mit der notwendigen Präzision ermittelbar.

[0135] Mit der Meßeinrichtung **50** gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Werkzeugmaschine besteht die Möglichkeit, von einem vom externen Ast **84** des Beobachtungsstrahlengangs **80** erfaßten Objekt, beispielsweise einem der sich in der Erfassungsebene **60** erstreckenden Werkzeuge WZ, eine sich in der Erfassungsebene **60**

als Schattenbild darstellende geometrische Außenkontur AK, beispielsweise im Bereich einer Werkzeugspitze, dadurch zu erfassen, daß mit der Maschinensteuerung **130** eine Positionierung einer Abbildung der Außenkontur AK relativ zu Referenzlinien RF1 und RF2 erfolgt, die im einfachsten Fall ein Fadenkreuz bildende Geraden darstellen und deren Position relativ zu einem Bezugspunkt BP (**Fig.** 5) am Maschinengestell **10**, beispielsweise einem definierten Bezugspunkt BP auf der Spindelachse **16**, entweder festliegt oder durch die Maschinensteuerung **130** ermittelbar ist (**Fig.** 3, 6).

[0136] Zur Vermessung der Lage der Außenkontur AK, das heißt zur Festlegung von deren absoluter Position relativ zum Bezugspunkt BP, wird das Werkzeug WZ mittels der Maschinensteuerung **130** relativ zum externen Ast **84** des Beobachtungsstrahlenfeldes **80** in der Erfassungsebene **60** so lange verschoben, bis die Abbildung der Außenkontur AK die Referenzlinien RF1 und RF2 berührt, ohne diese zu übergreifen.

[0137] Die Position eines Bezugspunktes BPWZ, (**Fig.** 6) des Werkzeugs WZ, in welcher die Abbildung der durch Schattenbildung erhaltenen Außenkontur AK in der Referenzebene **60** die Referenzlinien RF1 und RF2 berührt und die Position eines entsprechenden Bezugspunktes BPWT (**Fig.** 2) des Werkzeugträgers **30**, lassen sich durch die Maschinensteuerung **130** ermitteln und können somit in Relation gesetzt werden zu der Lage der Referenzlinien RF1 und RF2 relativ zu dem Bezugspunkt BP am Maschinengestell **10**, der bei unverschieblichem Spindelgehäuse **12** durch die Anordnung der Meßeinrichtung **50** relativ zu dem Bezugspunkt BP des Maschinengestells **10** festlegbar ist oder bei einem durch die Maschinensteuerung **130** verschiebbaren Spindelgehäuse **12** durch die Maschinensteuerung **130** ermittelbar ist.

[0138] Die Referenzlinien RF1 und RF2 können mit der erfindungsgemäßen Lösung entweder in bekannter Weise als Fadenkreuz in der Teleskopoptik **78** realisiert und mit auf den elektronischen Kamerabaustein **92** abgebildet werden oder aber auch als in der Bildverarbeitungseinheit **120**, beispielsweise einem Speicher **124** derselben, gespeicherter Datensatz zur Generierung der Referenzlinien RF1 und RF2, beispielsweise durch Festlegung bestimmter Pixelreihen des elektronischen Kamerabausteins **92** als Referenzlinien RF1 und RF2, die somit softwaregenerierte Referenzlinien darstellen.

[0139] Beispielsweise ist zur visuellen Überprüfung der Position der Außenkontur AK der Werkzeugspitze WS des Werkzeugs WZ die Bildverarbeitungseinheit **120** mit einem Bildschirm **126** versehen, der die von dem elektronischen Kamerabaustein **92** erfaßte optische Information für einen Maschinenbediener vergrößert darstellt und insbesondere die Lage der Außenkontur AK relativ zu den Referenzlinien RF1 und RF2 zeigt, wie in **Fig.** 6 vergrößert dargestellt.

[0140] Damit besteht die Möglichkeit, durch Bewegung des Werkzeugs WZ mittels des jeweiligen Schlittensystems **40** die Außenkontur AK der Werkzeugspitze WS mit der Außenkontur AK exakt mit Berührung der Referenzlinien RF1 und RF2 zu positionieren, ohne daß die Außenkontur AK die Referenzlinien RF1 und/oder RF2 übergreift.

[0141] In diesem Fall steht das Werkzeug WZ mit der Außenkontur AK der Werkzeugspitze WS in einer durch die Referenzlinien RF1 und RF2 exakt festgelegten Position, die in Relation zu der von der Maschinensteuerung **130** durch Bewegen des Werkzeugträgers **30** erreichten Relativposition des Bezugspunktes BPWT des Werkzeugträgers **30** in Bezug auf den Bezugspunkt BP am Maschinengestell **10** gesetzt werden kann.

[0142] Durch eine derartige Messung besteht die Möglichkeit, sämtliche Positionierfehler des Bezugspunktes BPWZ des Werkzeugs WZ relativ zum Werkzeughalter WH und Positionierfehler des Werkzeughalters WH und relativ zum Werkzeugträger **30** zu korrigieren.

[0143] Dabei ist es besonders vorteilhaft, wenn die Bildverarbeitungseinheit **120** mit der Maschinensteuerung **130** direkt gekoppelt ist und somit die Zuordnung der durch die Referenzlinien RF1 und RF2 festgelegten Referenzposition zu der tatsächlich von der Maschinensteuerung **130** angefahrenen Position des Bezugspunktes BPWT des Werkzeugträgers **30** durch direkte Kommunikation zwischen der Bildverarbeitungseinheit **120** und der Maschinensteuerung **130** erhältlich ist.

[0144] Im einfachsten Fall erfolgt das Anlegen der Außenkontur AK in den Referenzlinien RF1 und RF2 durch manuelle Bedienung der Maschinensteuerung **130** und somit manuell gesteuertes Verfahren des Schlittensystems **40** so lange, bis die Außenkontur AK berührend an den Referenzlinien RF1 und RF2 anliegt wobei des Anliegen über den Bildschirm **126** von der Bedienungsperson überprüft werden kann.

[0145] Alternativ dazu ist vorgesehen, daß die Bildverarbeitungseinheit **120** über ein Programm den Abstand der Außenkontur AK beispielsweise in X-Richtung von der Referenzlinie RF1 und in Z-Richtung von der Referenzlinie RF2 ermittelt und diese Abstandswerte einer Vermessungssteuerung **132** übermittelt, die die Maschinensteuerung **130** dann so ansteuert, daß die Maschinensteuerung **130** das Schlittensystem **40** derart bewegt, daß die Abstände in X-Richtung und Z-Richtung schrittweise geringer werden, bis eine Berührung der Referenzlinien RF1 in X-Richtung und RF2 in Z-Richtung erfolgt.

[0146] Dieser Zustand wird dann erneut von der Bildverarbeitungseinheit **120** der Maschinensteuerung **130** übermittelt, die in der Lage ist, aufgrund der dieser vorliegenden Daten über die Position des Bezugspunktes BPWT des Werkzeugträgers **30** dieser Position dann die entsprechende Lage der Außenkontur AK des Werkzeugs WZ zuzuordnen, und zwar vorzugsweise werkzeugspezifisch, so daß in einer Werkzeugdatei **134** der Maschinensteuerung **130** diese Relativposition der Außenkontur AK zur Position des Bezugspunktes BPWT des Werkzeugträgers **30** abgespeichert und auch für spätere Bearbeitungsvorgänge verwendet werden kann.

[0147] Um in der Erfassungsebene **60** ein präzises Schattenbild der Außenkontur AK des Werkzeugs WZ zu erhalten, wie in **Fig.** 6 dargestellt, ist es erforderlich, daß das Werkzeug WZ in der Erfassungsebene **60** durch ein diffuses Hintergrundlicht **140** beleuchtet wird, welches von einer dem externen Ast **84** des Beobachtungsstrahlengangs **80** abgewandten Seite des Werkstücks WZ auf dieses fällt und somit zu einem scharten Schattenbild der in der Erfassungsebene **60** liegenden Außenkontur AK führt, die durch den externen Ast **84** des Beobachtungsstrahlengangs **80** erfassbar ist.

[0148] Ein derartiges Hintergrundlicht **140** läßt sich entweder auf der dem externen Ast **84** des Beobachtungsstrahlengangs **80** entgegengesetzten Seite der Erfassungsebene **60** angeordnete diffuse Strahlungsquellen erzeugen oder durch diffuse Reflexion des Lichts einer am Arm **70** angeordneten Strahlungsquelle **142**, wobei die Strahlung vorzugsweise eine außerhalb des sichtbaren Bereichs im Infraroten liegende Wellenlänge aufweist.

[0149] Die Erzeugung von diffusem Hintergrundlicht **140** mittels der am Arm **70** angeordneten Strahlungsquelle **142** erfolgt vorzugsweise durch Ausleuchten von den Arbeitsraum **42** begrenzenden Wänden und Abdeckungen, die vorzugsweise eine reflektierende, jedoch gebürstete Oberfläche aufweisen und daher auch bei direkter Anstrahlung das diffuse Hintergrundlicht **140** ergeben.

[0150] Darüber hinaus ist an dem Arm **70** noch eine Markierungslichtquelle **144** vorgesehen, die ein Lichtstrahlungsfeld **146** erzeugt, das dazu dient, entweder für einen Maschinenbediener im Arbeitsraum **42** kenntlich zu machen, wo ungefähr der Erfassungsraum **64** verläuft, wobei der Bediener beispielsweise daran, daß das in den Erfassungsraum **64** eintretende Werkzeug WZ mit einer Wellenlänge im sichtbaren Bereich angeleuchtet wird, erkennen kann, daß das Werkzeug WZ nunmehr den Erfassungsraum **64** erreicht hat und somit durch die Meßeinrichtung **50** vermessen werden kann.

[0151] Alternativ dazu ist es aber auch denkbar, durch das Anleuchten des Werkzeugs WZ mit dem Lichtstrahlungsfeld **146** der Markierungslichtquelle **144** in der Erfassungsebene **60** ein Bild zu erzeugen, durch welches von der Bildverarbeitungseinheit **120** das in den Erfassungsraum **64** eintretendes Objekt erkannt werden kann, so daß nach Erkennen eines derartigen, durch das Lichtstrahlungsfeld **146** markierten Objekts, in diesem Fall des Werkzeugs WZ, die Prozesse gestartet werden können, mit welchen die Außenkontur AK der Spitze WS des Werkzeugs WZ erfaßt und deren Annäherung an die Referenzlinien RF1 und RF2 in der beschriebenen Weise erreicht werden kann, um beim Berühren der Referenzlinien RF1 und RF2 die Relativposition der Außenkontur AK relativ zur Position des Bezugspunkte BPWT des Werkzeugträgers **30** ermitteln zu können.

[0152] Zur Speisung der Strahlungsquelle **142** und der Markierungslichtquelle **144** ist der Arm **70** vorzugsweise mit einer Kontakteinheit **148** versehen, die mit einer ein Gegenstück darstellenden Gegenkontakteinheit **150** am Halter **100** dann zwangsläufig in Wirkverbindung steht, wenn der Einsteckzapfen **102** des Arms **70** in die Zapfenaufnahme **104** der Halterung **100** eingesteckt ist.

[0153] Ferner ist die Kontakteinheit **148** zwangsläufig von der Gegenkontakteinheit **150** dann lösbar, wenn der Einsteckzapfen **102** des Arms **70** aus der Zapfenaufnahme **104** herausgezogen wird, um den Arm **70** aus dem Arbeitsraum **42** zu entfernen.

[0154] Im Zusammenhang mit dem ersten Ausführungsbeispiel wurde bislang lediglich beschrieben, daß das erfindungsgemäße Meßsystem **50** mit dem Arm **70** dazu eingesetzt wird, wie in **Fig.** 7a nochmals schematisch dargestellt, die Außenkontur AK eines der Werkzeuge WZ zu vermessen.

[0155] Es besteht aber auch, wie beispielsweise in **Fig.** 7b schematisch dargestellt, die Möglichkeit, den Arm **70** dazu einzusetzen, als Objekt nicht das Werkstück WZ zu vermessen, sondern ein Werkstück W, wobei dessen in der Erfassungsebene **60** liegende Außenkontur AK ebenfalls als Schattenbild erfaßt wird.

[0156] Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die Messeinrichtung mit dem Arm **70** nicht nur dazu einzusetzen, das Werkzeug WZ oder das Werkstück W zu vermessen, sondern die Bilderfassungseinheit **90** mit dem elektronischen Kamerabaustein **92** dazu einzusetzen, einen Bearbeitungsprozeß des Werkstücks W durch das Werkzeug WZ zu beobachten, wobei in der bereits beschriebenen Weise durch die im Arm **70** dargestellte Abbildungsoptik **74** die sich in der Erfassungsebene **60** abzeichnenden Konturen auf den elektronischen Kamerabaustein **92** abgebildet und durch die Bilderfassungseinheit **90** erfaßt werden können.

[0157] Alternativ dazu ist es aber auch denkbar, sowohl für die Vermessung des Werkstücks W, wie in **Fig.** 7b dargestellt, als auch für die Beobachtung des Bearbeitungsprozesses, wie in **Fig.** 7c dargestellt, Arme **70** mit modifizierter Abbildungsoptik **74** einzusetzen, wobei die Abbildungseigenschaften der Abbildungsoptik **74** jeweils den zu erfassenden Geometriedaten angepaßt sind und somit auch beispielsweise eine Anpassung der Ausdehnung des Erfassungsraums **64** und der Lage der Erfassungsebene **60** an die unterschiedlichen Aufgabenstellungen erfolgen kann.

[0158] Bei einem zweiten Ausführungsbeispiel, dargestellt in **Fig.** 8 ist der Arm **70'** der Meßeinrichtung **50'** derart ausgebildet, daß in dem rohrförmigen Gehäuse **72'** nicht nur die Abbildungsoptik **74** mit dem Umlenkspiegel **76** und der Teleskopoptik **78** angeordnet sind, sondern das Gehäuse **72'** gleichzeitig als Gehäuse für die Bilderfassungseinheit **90** und den elektronischen Kamerabaustein **92** dient, so daß die Abbildungsoptik **74** mitsamt der Bilderfassungseinheit **90** eine durch das Gehäuse **72'** umschlossene integrale Einheit bilden, die als Ganzes von der Ruhestellung in die Meßstellung M und umgekehrt bewegt werden kann.

[0159] In diesem Fall ist es nicht mehr erforderlich, daß sich durch den Einsteckzapfen **102** der interne Ast **86** des Beobachtungsstrahlengangs **80** hindurcherstreckt, sondern durch den Einsteckzapfen **102** sind elektrische Leitungen zu einer Kontakteinheit **152** geführt, die mit einer an dem Halter **100** vorgesehenen Gegenkontakteinheit **154** dann zusammenwirkt, wenn der Einsteckzapfen **102** in die Zapfenaufnahme **104** eingesteckt und durch den Spannkörper **106** fixiert ist. Von der Gegenkontakteinheit **154** führen dann jeweils Leitungen zu der Bildverarbeitungseinheit **120**.

[0160] Alternativ zum Vorsehen der Kontakteinheit **152** und der Gegenkontakteinheit **154**, die über mechanische Kontakte miteinander wechselwirken, ist es ebenfalls denkbar, miteinander induktiv oder kapazitiv wechselwirkende Informationsübertragungseinheiten vorzusehen, die sich noch besser als mechanische Kontakte für ein häufiges Herstellen und Lösen einer Verbindung zur Informationsübertragung, insbesondere von dem elektronischen Kamerabaustein **92** zu der Bildverarbeitungseinheit **120**, eignen.

[0161] Im übrigen ist das zweite Ausführungsbeispiel insoweit als dieselben Bezugszeichen wie beim ersten Ausführungsbeispiel eingesetzt werden, mit denselben Bezugszeichen versehen, so daß bezüglich dieses Teils vollinhaltlich auf das erste Ausführungsbeispiel Bezug genommen wird.

[0162] Im Zusammenhang mit dem ersten und zweiten Ausführungsbeispiel wurde lediglich eine Abbildungsoptik **74** beschrieben, welche in der Lage ist, eine Erfassungsebene auf die Detektorfläche **94** des Kamerabausteins **92** abzubilden.

[0163] Bei einem dritten Ausführungsbeispiel ist die Abbildungsoptik **74'** so ausgebildet, daß der Beobachtungsstrahlengang **80'** nach dem Umlenkspiegel **76** in einen Strahlteiler **160** eintritt, aus welchem ein erster Ast $\mathbf{162_1}$ und ein zweiter Ast $\mathbf{162_2}$ austreten. Der erste Ast $\mathbf{162_1}$ durchsetzt ein erstes optisches Schaltelement $\mathbf{164_1}$, aus welchem dann der erste externe Ast $\mathbf{84_1}$ des Beobachtungsstrahlengangs austritt, der zu der in bekannter Weise angeordneten ersten Erfassungsebene $\mathbf{60_1}$ führt, die parallel zur X-Richtung und Z-Richtung der Werkzeugmaschine verläuft.

[0164] Der zweite Ast $\mathbf{162_2}$ tritt ebenfalls durch ein optisches Schaltelement $\mathbf{164_2}$ hindurch und trifft außerdem auf einen Umlenkspiegel **166**, so daß sich nach diesem ein zweiter externer Ast $\mathbf{84_2}$ des Beobachtungsstrahlengangs **80'** in Richtung einer zweiten Erfassungsebene $\mathbf{60_2}$ ausbreitet, die in diesem Fall sich jedoch parallel zur X-Richtung und zur Y-Richtung erstreckt.

[0165] Der Beobachtungsstrahlengang **80'** ist nun so abgestimmt, daß je nach dem, welches der optischen Schaltelemente $\mathbf{164_1}$ oder $\mathbf{164_2}$ den Beobachtungsstrahlengang **80'** passieren läßt, entweder eine Abbildung eines sich in der ersten Erfassungsebene $\mathbf{60_1}$ erstreckenden Objekts oder eine Abbildung eines sich in der zweiten Erfassungsebene $\mathbf{60_2}$ erstreckenden Objekts auf die Detektorfläche **94** des elektronischen Kamerabausteins **92** erfolgt und somit die Möglichkeit besteht, ein Objekt abwechselnd in der einen Erfassungsebene $\mathbf{60_1}$ oder der anderen Erfassungsebene $\mathbf{60_2}$ zu erfassen.

[0166] Es besteht aber auch die Möglichkeit, ein und dasselbe Werkzeug WZ in jeder der Erfassungsebenen $\mathbf{60_1}$ und $\mathbf{60_2}$ zu positionieren und einerseits in der Erfassungsebene $\mathbf{60_1}$ und andererseits in der Erfassungsebene $\mathbf{60_2}$ zu vermessen, so daß die Außenkontur AK sowohl in der ersten Erfassungsebene $\mathbf{60_1}$ als auch in der zweiten Erfassungsebene $\mathbf{60_2}$ und somit die Außenkontur AK eines Werkzeugs WZ in unterschiedlichen Raumrichtungen exakt bestimmt werden kann.

[0167] Hinsichtlich der übrigen Teile des dritten Ausführungsbeispiels wird vollinhaltlich auf die Ausführungen zu den voranstehenden Ausführungsbeispielen Bezug genommen.

[0168] Bei einem vierten Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Werkzeugmaschine, beispielsweise dargestellt in den **Fig.** 10 und 11 sind zwei einander gegenüberliegende Werkstückspindeln **14a**

und **14b** vorgesehen, wobei jeder der Werkstückspindeln **14a** und **14b** beispielsweise zwei Werkzeugträger **30a** bzw. **30b** zugeordnet sind.

[0169] Um die Werkzeuge WZ aller Werkzeugträger **30a**, **30b** vermessen zu können, ist, wie in **Fig.** 11 dargestellt, die Meßeinrichtung **50** in gleicher Weise ausgebildet wie beim ersten Ausführungsbeispiel, allerdings mit dem Unterschied, daß an einander gegenüberliegenden Wänden **68a** und **68b** des Arbeitsraums **42** Halterungen **100a** bzw. **100b** vorgesehen sind und der Arm **70** entweder in die Halterung **100a** oder in die Halterung **100b** eingesteckt werden kann und somit die Abbildungsoptik **74** entweder mit der Bilderfassungseinheit **90a** oder der identisch ausgebildeten Bilderfassungseinheit **90b**, die beide nicht entnehmbar sind, zusammenwirkt, um die Werkzeuge WZ der Werkzeugträger **30a** bzw. **30b** vermessen zu können.

[0170] Schließlich wird hinsichtlich der übrigen Teile vollinhaltlich auf die Ausführungen zu den voranstehenden Ausführungsbeispielen Bezug genommen.

[0171] Bei einem fünften Ausführungsbeispiel, dargestellt in **Fig.** 12, ist den einander gegenüberliegenden Werkstückspindeln **14a** und **14b** jeweils nur eine Meßeinrichtung **50'a**, **50'b** zugeordnet, die auf einer dem Maschinengestell **10** zugewandten Seite der jeweiligen Spindelachsen **16a** bzw. **16b** angeordnet ist, wobei die Beobachtungsrichtungen **62** jeweils von den Armen **70** zu den Spindelachsen **16a**, **16b** und somit vom Maschinengestell **10** weg gerichtet sind.

[0172] Bei diesem fünften Ausführungsbeispiel ist die Meßeinrichtung **50"** vorzugsweise in einem Fußbereich **160** des Spindelgehäuses **12** angeordnet und zwar dergestalt, daß der Arm **70"** von der in **Fig.** 14 dargestellten Meßstellung M, in welcher der Arm über den Fußbereich **160** des Spindelgehäuses **12** in den Arbeitsraum **42** übersteht, so daß der Erfassungsraum **64** auf einer der Werkstückspindel **14** abgewandten Seite des Werkstücks W liegt und von der Spindelachse **16** durchsetzt ist, und in einer in **Fig.** 15 dargestellten Ruhestellung R einfahrbar ist, in welcher der Arm **70"** in den Fußbereich **160** eingefahren ist, und nicht mehr in den Arbeitsraum **42** hineinragt.

[0173] Wie insbesondere in **Fig.** 16 dargestellt, umfaßt der Arm **70"** das Gehäuse **72"** für die Abbildungsoptik **74**, welche vom Prinzip her in gleicher Weise ausgebildet ist wie bei den bislang beschriebenen Ausführungsbeispielen und insbesondere den Umlenkspiegel **76** sowie die Teleskopoptik **78** aufweist.

[0174] An das rohrförmige Gehäuse **72"** für die Abbildungsoptik **74** schließt sich ein endseitig des Arms **70"** angeordneter Abschlußkörper **162** an, der einerseits das rohrförmige Gehäuse **72'** abschließt und andererseits auf einer dem rohrförmigen Gehäuse **72"** gegenüberliegenden Seite die Bilderfassungseinheit **90** über deren Gehäuse **96** trägt, in welchem der elektronische Kamerabaustein **92** wie beschrieben angeordnet ist.

[0175] Der Abschlußkörper **162** weist dabei einen Durchgang **164** auf, durch welchen der interne Ast **86** des Beobachtungsstrahlengangs **80** durch den Abschlußkörper **162** hindurchtreten und in die Bilderfassungseinheit **90** eintreten kann, um auf die Detektorfläche **94** des elektronischen Kamerabausteins **92** aufzutreffen.

[0176] Bei dem Arm **70"** bildet das Gehäuse **72"** mit dem Gehäuse **96** der Bilderfassungseinheit **90** eine fest verbundene Einheit, allerdings dergestalt, daß die gesamte Bilderfassungseinheit **90** mit ihrem Gehäuse **96** und im wesentlichen auch der Abschlußkörper **162** sowohl in der Meßstellung M als auch in der Ruhestellung R auf einer dem Arbeitsraum **42** abgewandten Seite einer Stirnwand **168** des Fußbereichs **160** liegen und somit gegen Einflüsse aus dem Arbeitsraum **42** geschützt angeordnet sind.

[0177] Die Fixierung des gesamtem Meßeinrichtung **50"** erfolgt durch eine Halterung **170**, welche an der an den Arbeitsraum **24** angrenzenden Stirnwand **168** des Fußbereichs **160** gehalten ist und einerseits eine Führungsbüchse **172** umfaßt, die den Arm **70"** im Bereich eines Außenrohrs **174** in Richtung seiner Längsrichtung **122** verschiebbar führt, so daß der Arm **70"** von der in **Fig.** 16 dargestelltem, im wesentlichen in den Arbeitsraum **42** hineinragenden Meßstellung M in die in **Fig.** 15 dargestellte Ruhestellung R bringbar ist, in welchem der Arm **70"** mit einem endseitigen Deckel **176** die Führungsbüchse **172** der Halterung **170** abschließt, so daß der gesamte Arm **70"** im wesentlichen in dem Fußbereich **160** des Spindelgehäuses **12** und außerhalb des Arbeitsraums **42** angeordnet ist.

[0178] Um den Arm **70"** in den Meßstellung M mit seiner Längsrichtung **122** präzise ausgerichtet und in Richtung der Längsrichtung **122** präzise angeordnet positionieren zu können, ist die Halterung **170** mit einem ersten Formschlußelement **180** versehen, mit welchem ein zweites Formschlußelement **182**, angeordnet an dem Abschlußkörper **162** des Arms **70"**, in Eingriff bringbar ist. Dabei werden beispielsweise das erste Formschlußelement **180** und das zweite Formschlußelement **182** als Ringe mit einer Hirtverzahnung ausgebildet, wie sie beispielsweise zur exakten Positionierung von Revolverköpfen verwendet werden.

[0179] Dabei ist das erste Formschlußelement **180** so an der Halterung **170** angeordnet, daß das zweite Formschlußelement **182** in dieses dann vollständig

eingreift und exakt durch dieses positioniert ist, wenn der Arm **70"** in seiner Meßstellung M steht.

[0180] Um den Arm **70"** von der Meßstellung in die Ruhestellung und umgekehrt zu verfahren, ist ein Verschiebeantrieb **190**, beispielsweise in Form eines Hydraulik- oder Pneumatikzylinders mit einem Zylindergehäuse **192** in dem Fußbereich **160** stationär angeordnet, während ein am Zylindergehäuse **192** geführter Aktor **194** des Verschiebeantriebs **190** auf den Abschlußkörper **162** wirkt und vorzugsweise mit diesem fest verbunden ist.

[0181] Durch den Verschiebeantrieb **190** sind somit auch die Formschlußelemente **180** und **182** in einander preßbar, um eine exakte und wiederholgenaue Positionierung des Arms **70"** zu erreichen. Andererseits wird über den Aktor **194** der Arm **70"** zusätzlich noch relativ zum Zylindergehäuse **192** auf dem Wege zur Ruhestellung geführt, so daß in der Ruhestellung R der Arm **70"** einerseits in der Führungsbüchse **172** geführt ist und andererseits über den Aktor **194** und das Zylindergehäuse **192** ebenfalls nochmals relativ zum Fußbereich **160** des Spindelgehäuses **12** geführt ist.

[0182] Zweckmäßigerweise ist mit dem Abschlußkörper **162** auch noch eine Kabelführung **196** in Form einer Schleppkette verbunden, über welche die elektrischen Leitungen von der mit dem Arm **70"** mitbewegten Bilderfassungseinheit **90** zu der stationären relativ zum Maschinengestell **10** angeordneten Bildverarbeitungseinheit **120** geführt sind.

[0183] Der Verschiebeantrieb **190** ist vorzugsweise ebenfalls über die Bildverarbeitungseinheit **120** steuerbar, so daß dann, wenn die Durchführung einer Messung im Arbeitsraum **42** durch die Meßeinrichtung **50"** erforderlich ist, die Bildverarbeitungseinheit **120** ein Verfahren des Arms **70"** mittels des Verschiebeantriebs **190** von der Ruhestellung R in die Meßstellung M erfolgen kann und dann in bekannter Weise innerhalb des Erfassungsraumes **64** Geometriedaten eines Objekts in der beschriebenen Art und Weise erfaßt werden können.

[0184] Sobald keine Messung mehr notwendig ist, steuert die Bildverarbeitungseinheit **120** den Verschiebeantrieb **190** so an, daß der Arm **70"** in seine Ruhestellung R gebracht wird und somit außerhalb der Einflüsse des im Arbeitsraum UZ steht.

[0185] Vorzugsweise ist bei diesem Ausführungsbeispiel der Erfassungsraum **64** so angeordnet, daß die Erfassungsebene **60** durch die Spindelachse **16** verläuft, und somit die Möglichkeit besteht, alle Werkzeuge WZ, welche an dem Werkstück W zum Einsatz gebracht werden sollen, in die Erfassungsebene **60** bringbar sind, um mittels der Meßeinrichtung **50"** vermessen zu lassen.

[0186] Der Erfassungsraum **64** verläuft dabei vorzugsweise quer zur Spindelachse **16**, wird jedoch von dieser quer jedoch mittig durchsetzt.

[0187] Wie in **Fig.** 12 dargestellt, ist jeder der Arbeitsspindeln **14a**, **14b** eine derartige Meßeinrichtung **50'** zugeordnet, so daß vor dem in jeder der Arbeitsspindeln **14a**, **14b** eingespannten Werkstück W der jeweilige Erfassungsraum **64** liegt, in den dann die an diesem Werkstück W eingesetzten Werkzeuge WZ vermessen werden können.

[0188] Bei dem fünften Ausführungsbeispiel besteht neben der Möglichkeit, in der Meßstellung M Objekte zu vermessen, auch noch die Möglichkeit, im Verlauf der Linearverschiebung des Arms **70"** von der Ruhestellung R in die Meßstellung M oder umgekehrt das Werkstück W, das in der jeweiligen Werkstückspindel **14** gehalten ist, zumindest optisch, beispielsweise durch sein Schattenbild, zu erfassen.

[0189] Damit besteht beispielsweise die Möglichkeit, zu erkennen, ob überhaupt das Werkstück W korrekt in der Werkstückspindel **14** angeordnet ist. Das Erfassen des Werkstücks W kann aber auch insoweit noch weitere Informationen liefern, als beispielsweise die Möglichkeit besteht, eine Außenkontur des Werkstücks W zu erfassen oder zumindest hinsichtlich der Ausdehnung quer zur Spindelachse **16** zu vermessen.

[0190] Die Meßgenauigkeit der Ausdehnung des Werkstücks W quer zur Spindelachse hängt dabei von der Qualität der Führung des Arms **70"** auf dem Weg von der Ruhestellung R in die Meßstellung M oder umgekehrt ab und kann durch eine präzise Führung des Arms **70** ebenfalls ausreichend genau sein.

[0191] Darüber hinaus besteht auch noch die Möglichkeit, den Verschiebeweg des Arms **70"** beim Bewegen desselben von der Ruhestellung R in die Meßstellung M und umgekehrt zu erfassen und somit auch zusätzlich noch ein Vermessen des Werkstücks W hinsichtlich seiner Ausdehnung in Richtung der Spindelachse **16** durchzuführen, wobei ebenfalls die Präzision der Messung in Richtung der Spindelachse **16** bedingt ist durch die Präzision, mit welcher die Position des Arms **70"** zwischen der Ruhestellung R und der Meßstellung M erfassbar ist.

[0192] Neben einer Vermessung des Werkstücks W besteht auch noch die Möglichkeit, verfügbare Werkzeuge WZ zumindest hinsichtlich ihrer Anwesenheit oder ihrer groben Position ebenfalls beim Verfahren des Arms **70"** von der Ruhestellung R in die Meßstellung M und umgekehrt aufgrund des sich dabei durch den Arbeitsraum **42** hindurchbewegenden Erfassungsraum **64** zu erfassen, um beispielsweise nachfolgend durch durch die Maschinensteuerung **130** aufgrund der groben Positionsbestimmung ausführ-

bares Verbringen der erkannten Werkzeuge WZ in den der Meßstellung M entsprechenden Erfassungsraum **64** eine exakte Vermessung der Werkzeuge WZ bei in der Meßstellung M stehendem Arm **70"** durchführen zu können.

[0193] Es ist aber auch denkbar, die Position der Meßeinrichtung **50"** beim Bewegen derselben durch ein Meßsystem **198** exakt zu erfassen, um in einzelnen oder allen Positionen eine exakt definierte Meßstellung vorliegen zu haben, in welcher dann eine genaue Vermessung der Werkzeuge WZ oder des Werkstücks W durchführbar wäre.

[0194] Eine weitere Möglichkeit, die Meßeinrichtung **50"** im Arbeitsraum **42** zu bewegen und deren Position exakt zu erfassen, wäre beispielsweise die, die Meßeinrichtung **50"b** in die Meßstellung M relativ zum Spindelgehäuse **12b** zu verfahren und dann durch mittels der Maschinensteuerung **130** gesteuertem und somit hinsichtlich des Verfahrwegs bekanntem Verfahren des Spindelgehäuses **12b** die Meßeinrichtung **50"b** im Arbeitsraum **42** zu bewegen, beispielsweise um ein Werkstück W in der Werkstückspindel **14a** zu vermessen oder Werkzeuge WZ zu vermessen, die der Werkstückspindel **14a** oder gegebenenfalls auch der Werkstückspindel **14b** zugeordnet sind.

[0195] Alternativ dazu besteht auch die Möglichkeit, eine Relativbewegung zwischen der Meßeinrichtung **50"** und beispielsweise einem zu vermessenden Werkstück W dadurch zu erzeugen, daß beispielsweise die Meßeinrichtung **50"a** relativ zum Spindelgehäuse **14a** in die Meßstellung verfahren wird und das Werkstück W in der Werkstückspindel **14b** gehalten und durch mit der Maschinensteuerung **130** gesteuertem und somit hinsichtlich des Verfahrwegs bekanntem Verfahren der Werkstückspindel **14b** relativ zur Meßeinrichtung **50"a** bewegt wird.

[0196] Im übrigen wird hinsichtlich der Teile, die mit denen der voranstehenden Ausführungsbeispiele identisch sind und mit diesen identische Bezugszeichen aufweisen, auf die Beschreibung derselben im Zusammenhang mit den voranstehenden Ausführungsbeispielen vollinhaltlich Bezug genommen.

[0197] Bei einem sechsten Ausführungsbeispiel, dargestellt in **Fig.** 17, entspricht der Aufbau im Prinzip dem des fünften Ausführungsbeispiels.

[0198] Zusätzlich zu den Elementen des fünften Ausführungsbeispiels ist bei dem sechsten Ausführungsbeispiel an der Wand **68** des Arbeitsraums und auf einer der Meßeinrichtung **50"** gegenüberliegenden Seite des Werkstücks W eine Weitwinkelkamera **200** vorgesehen, welche einen Beobachtungsbereich **202** aufweist, der so groß ist, daß innerhalb des Beobachtungsbereichs **202** sämtliche in der Arbeitsstellung stehenden Werkzeuge WZ stehen, unabhängig von der Position des diese Werkzeuge WZ tragenden Werkzeugträgers **30**, so daß in jeder Stellung des Werkzeugträgers **30** die lokale Position des in Arbeitsstellung stehenden Werkzeugs WZ von der Weitwinkelkamera **200** erfaßt werden kann.

[0199] Das Bild der Weitwinkelkamera **200** wird daher ebenfalls der Bildverarbeitungseinheit **120** übermittelt und diese ist in der Lage, die grobe Position des Werkzeugs WZ im Arbeitsraum **42** zu erkennen und die Maschinensteuerung **130** derart anzusteuern, daß das Werkzeug WZ in den Erfassungsraum **64** bewegt wird, um dort mittels der Messeinrichtung **50"** vermessen werden zu können.

[0200] Ferner kann die Weitwinkelkamera **200** generell dazu eingesetzt werden, einen Bearbeitungsprozeß zu dokumentieren, wobei die Bilddaten vorzugsweise durch übliche Komprimierverfahren komprimiert und damit speicherplatzsparend speicherbar sind.

[0201] Vorzugsweise erfolgt das Anzeigen des Beginns des Bearbeitungsvorgangs und des Endes des Bearbeitungsvorgangs durch ein Startsignal und ein Stopsignal, welches von der Maschinensteuerung **130** der Bildverarbeitungseinheit **120** übermittelt wird, wobei diese dann zwischen dem Start- und dem Stopsignal den Bearbeitungsprozeß vollständig aufzeichnet und abspeichert.

[0202] Im übrigen ist das sechste Ausführungsbeispiel in gleicher Weise ausgebildet und arbeitet auch in gleicher Weise wie das fünfte Ausführungsbeispiel, so daß auf die Erläuterungen zum fünften Ausführungsbeispiel und hinsichtlich der mit den vorangehenden Ausführungsbeispielen ähnlichen Teile auf die Erläuterungen zu den vorangehenden Ausführungsbeispielen vollinhaltlich Bezug genommen werden kann.

Patentansprüche

1. Werkzeugmaschine umfassend ein Maschinengestell (**10**), einen Arbeitsraum (**42**), in welchem eine Bearbeitung eines Werkstücks (W) mittels eines Werkzeugs (WZ) durch Bewegung derselben relativ zueinander erfolgt, einen am Maschinengestell (**10**) angeordneten Werkstückträger (**14**) mit einer Aufnahme (**18**) für das Werkstück (W), einen am Maschinengestell (**10**) angeordneten Werkzeugträger (**30**) mit einer Aufnahme (**34**) für das Werkzeug (WZ), eine Maschinensteuerung (**130**) zur Durchführung der Bewegung von Werkstück (W) und Werkzeug (WZ) relativ zueinander und eine optische Meßeinrichtung (**50**) zum Erfassen von Geometriedaten von mindestens einem im Arbeitsraum (**42**) angeordneten Objekt (WZ, W) in einer innerhalb eines Erfassungsraums (**64**) liegenden Erfassungsebene (**60**) relativ zu ei-

nem Maschinenbezugspunkt (BP), **dadurch gekennzeichnet**, daß die Meßeinrichtung (**50**) eine elektronische Bilderfassungseinheit (**90**) und eine dieser zugeordnete Abbildungsoptik (**74**) aufweist, daß die Abbildungsoptik (**74**) ein innerhalb des Erfassungsraums (**64**) angeordnetes Objekt (WZ, W) auf die Bilderfassungseinheit (**90**) abbildet und daß der Bilderfassungseinheit (**90**) eine Bildverarbeitungseinheit (**120**) zugeordnet ist, mit welcher aufgrund von Geometriedaten des Objekts (WZ, W) und Referenzdaten (RF_1, RF_2) eine Relativposition des Objekts (WZ, W) zu dem Maschinenbezugspunkt (BP) bestimmbar ist.

2. Werkzeugmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Erfassung der Relativposition des Objekts (WZ, W) in mindestens einer Meßstellung (M) der Meßeinrichtung (**50**) erfolgt.

3. Werkzeugmaschine nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Erfassungsraum (**64**) und die Erfassungsebene (**60**) in mehrere Meßstellungen (M) bewegbar sind.

4. Werkzeugmaschine nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Meßeinrichtung (**50**) eine Positionserkennungseinrichtung (**198**) zugeordnet ist, mit welcher in der jeweiligen Meßstellung (M) die Position des Erfassungsbereichs (**64**) der Erfassungsebene (**60**) und der durch die Referenzdaten (RF_1, RF_2) repräsentierten Orte relativ zum Maschinenbezugspunkt (BP) bestimmbar sind.

5. Werkzeugmaschine nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Abbildungsoptik (**74**) in einem sich in der Meßstellung (M) in dem Arbeitsraum (**42**) erstreckenden Gehäuse (**72**) angeordnet ist.

6. Werkzeugmaschine nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß sich das Gehäuse (**72**) in der Meßstellung (M) ausgehend von einem den Arbeitsraum (**42**) begrenzenden Element (**68**, **168**) in diesen hinein erstreckt.

7. Werkzeugmaschine nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (**72'**) zusätzlich zu der Abbildungsoptik (**74**) die elektronische Bilderfassungseinheit (**90**) aufnimmt.

8. Werkzeugmaschine nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die elektronische Bilderfassungseinheit (**90**) in einem eigenen, von dem Gehäuse (**72**) der Abbildungsoptik (**74**) separaten Gehäuse (**96**) angeordnet ist.

9. Werkzeugmaschine nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die elektronische Bilderfassungseinheit (**90**) von dem Gehäuse (**72**) der Abbildungsoptik (**74**) lösbar ist.

10. Werkzeugmaschine nach einem der Ansprüche 5 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (**72**) der Abbildungsoptik (**74**) von der Meßstellung (M) in eine Ruhestellung (R) bewegbar ist.

11. Werkzeugmaschine nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (**72**) der Abbildungsoptik (**74**) aus dem Arbeitsraum (**42**) heraus in die Ruhestellung (R) bewegbar ist.

12. Werkzeugmaschine nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (**72**) der Abbildungsoptik (**74**) in der Ruhestellung (R) gegen Spänebeaufschlagung und/oder Kühlmittelbeaufschlagung geschützt ist.

13. Werkzeugmaschine nach einem der Ansprüche 5 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (**72''**) mittels eines Antriebs (**190**) bewegbar ist.

14. Werkzeugmaschine nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (**72''**) durch den Antrieb (**190**) in den Arbeitsraum (**42**) hinein und aus diesem heraus bewegbar ist.

15. Werkzeugmaschine nach einem der Ansprüche 10 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (**72''**) in Richtung quer zu einer Bewegungsachse (X) des Werkzeugs (WZ) bei der Bearbeitung des Werkstücks (W) bewegbar ist.

16. Werkzeugmaschine nach einem der Ansprüche 5 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß eine Positioniereinrichtung (**102**, **104**; **180**, **182**) vorgesehen ist, mit welcher das Gehäuse (**72**) mitsamt der Abbildungsoptik (**74**) in der Meßstellung (M) im Arbeitsraum (**42**) exakt positionierbar ist.

17. Werkzeugmaschine nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß mit der Positioniereinrichtung (**102**, **104**; **180**, **182**) das Gehäuse (**72**) der Abbildungsoptik (**74**) im Arbeitsraum (**42**) wiederholgenau positionierbar ist.

18. Werkzeugmaschine nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Positioniereinrichtung (**102**, **104**; **180**, **182**) das Gehäuse (**72**) durch Formschluß exakt positioniert.

19. Werkzeugmaschine nach einem der Ansprüche 16 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (**96**) der Bilderfassungseinheit (**90**) durch die Positioniereinrichtung (**102**, **104**) exakt relativ zum Gehäuse (**72**) der Abbildungsoptik (**74**) positionierbar ist.

20. Werkzeugmaschine nach einem der Ansprüche 16 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß der Positioniereinrichtung (**180**, **182**) eine Führung (**190**) für

eine Bewegung des Gehäuses (**72"**) der Abbildungsoptik (**74**) in den Arbeitsraum (**42**) hinein und aus diesem heraus zugeordnet ist.

21. Werkzeugmaschine nach einem der Ansprüche 16 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß in der Meßstellung (M) des Gehäuses (**72**) der Abbildungsoptik (**74**) die elektronische Bilderfassungseinheit (**90**) für die Abbildungsoptik (**74**) außerhalb des Arbeitsraums (**42**) angeordnet ist.

22. Werkzeugmaschine nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßeinrichtung (**50**) eine Außenkontur (AK) des Objekts (WZ, W) erfaßt.

23. Werkzeugmaschine nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Abbildungsoptik (**74**) in einer festgelegten Erfassungsebene (**60**) liegende geometrische Konturen (AK) des Objekts (WZ, W) auf die Bilderfassungseinheit (**90**) abbildet.

24. Werkzeugmaschine nach Anspruch 22 oder 23, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßeinrichtung (**50**) durch von einer der Erfassungsebene (**60**) gegenüberliegenden Seite kommendes diffuses Hintergrundlicht (**140**) sich in der Erfassungsebene (**60**) abzeichnende Konturen (AK) erfaßt.

25. Werkzeugmaschine nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß das diffuse Hintergrundlicht (**140**) durch auf einer der Abbildungsoptik (**74**) gegenüberliegenden Seite der Erfassungsebene (**60**) angeordnete Strahlungsquellen erzeugt wird.

26. Werkzeugmaschine nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß das diffuse Hintergrundlicht (**140**) durch Reflexion von Licht erzeugt wird das von mindestens einer Strahlungsquelle (**142**) kommt, die auf derselben Seite der Erfassungsebene (**60**) angeordnet ist wie die Abbildungsoptik (**74**).

27. Werkzeugmaschine nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlungsquelle (**142**) an dem Gehäuse (**72**) der Abbildungsoptik (**74**) angeordnet ist.

28. Werkzeugmaschine nach einem der Ansprüche 23 bis 27, dadurch gekennzeichnet, daß die Abbildungsoptik (**74**) derart ausgebildet ist, daß die Erfassung von Geometriedaten in zwei voneinander verschiedenen, nichtparallelen Erfassungsebenen ($\mathbf{60_1}$, $\mathbf{60_2}$) möglich ist.

29. Werkzeugmaschine nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß die Abbildungsoptik (**74**) von einer Erfassungsebene ($\mathbf{60_1}$) auf die andere Erfassungsebene ($\mathbf{60_2}$) umschaltbar ist.

30. Werkzeugmaschine nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Abbildungsoptik (**74**) derart ausgebildet ist, daß mindestens eine Erfassungsebene (**60**) parallel zu mindestens einer der Bewegungsachsen (X, Y) verläuft, längs welcher eine Relativbewegung zwischen Werkstück (W) und Werkzeug (WZ) zur Bearbeitung des Werkstücks (W) erfolgt.

31. Werkzeugmaschine nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkstück (W) zumindest zur Durchführung mindestens eines Teils der Bearbeitung um eine Spindelachse (**16**) drehbar ist.

32. Werkzeugmaschine nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, daß die eine Erfassungsebene (**60**) parallel zur Spindelachse (**16**) verläuft.

33. Werkzeugmaschine nach Anspruch 31 oder 32, dadurch gekennzeichnet, daß eine Erfassungsebene (**60**) quer zur Spindelachse (**16**) verläuft.

34. Werkzeugmaschine nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mit der Meßeinrichtung (**50**) während einer Bewegung derselben im Arbeitsraum (**42**) Geometriedaten erfassbar sind.

35. Werkzeugmaschine nach Anspruch 34, dadurch gekennzeichnet, daß die Bewegung der Meßeinrichtung (**50**) im Arbeitsraum (**42**) durch ein Meßsystem (**198**) erfassbar ist.

36. Werkzeugmaschine nach Anspruch 34, dadurch gekennzeichnet, daß eine Erfassung der relativen Bewegung der Meßeinrichtung (**50**) zu dem die Geometriedaten aufweisenden Objekt im Arbeitsraum (**42**) durch eine gesteuerte Relativbewegung einer die Meßeinrichtung (**50**) oder das Objekt (W, WZ) tragenden Einheit (**12**) der Werkzeugmaschine zu dem zu erfassenden Objekt (W, WZ) bzw. der Meßeinrichtung (**50**) erfolgt.

37. Werkzeugmaschine nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine den Erfassungsraum (**64**) durch ein Strahlenbündel (**146**) im sichtbaren Bereich optisch kennzeichnende Markierungslichtquelle (**144**) vorgesehen ist.

38. Werkzeugmaschine nach Anspruch 37, dadurch gekennzeichnet, daß die Markierungslichtquelle (**144**) an dem Gehäuse (**72**) der Abbildungsoptik (**74**) angeordnet ist.

39. Werkzeugmaschine nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Bildverarbeitungseinheit (**120**) ein das Objekt darstellender Bildschirm (**126**) zugeordnet ist.

40. Werkzeugmaschine nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Referenzdaten durch einen Referenzdatensatz (RF_1, RF_2) gebildet sind, welcher in der Bildverarbeitungseinheit (**120**) gespeichert ist.

41. Werkzeugmaschine nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Referenzdaten mindestens einer Referenzlinie (RF_1, RF_2) entsprechen.

42. Werkzeugmaschine nach Anspruch 41, dadurch gekennzeichnet, daß die Referenzdaten mindestens zwei sich kreuzenden Referenzlinien (RF_1, RF_2) entsprechen.

43. Werkzeugmaschine nach Anspruch 42, dadurch gekennzeichnet, daß die Referenzdaten ein Fadenkreuz (RF_1, RF_2) darstellen.

44. Werkzeugmaschine nach einem der voranstehenden Ansprüche , dadurch gekennzeichnet, daß die Bildverarbeitungseinheit (**120**) ein Bildverarbeitungsprogramm aufweist, welches ein Berühren von durch die Referenzdaten (RF_1, RF_2) bestimmten Orten durch den Geometriedaten des Objekts (WZ, W) entsprechenden Orten erkennt.

45. Werkzeugmaschine nach Anspruch 44, dadurch gekennzeichnet, daß das Bildverarbeitungsprogramm ein Berühren der durch die Referenzdaten (RF_1, RF_2) bestimmten Orte von einem Übergreifen von der durch die Referenzdaten (RF_1, RF_2) bestimmten Orte unterscheidet.

46. Werkzeugmaschine nach Anspruch 44 oder 45, dadurch gekennzeichnet, daß die Bildverarbeitungseinheit (**120**) über eine Vermessungssteuerung (**132**) auf die Maschinensteuerung (**130**) in dem Sinne einwirkt, daß das Objekt (WZ, W) in sich zunehmend verkleinerndem Abstand an die Referenzdaten (RF_1, RF_2) heranbewegbar ist.

47. Werkzeugmaschine nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Bildverarbeitungseinheit (**120**) eine Kamera (**200**) zugeordnet ist, in deren Beobachtungsbereich (**202**) in Arbeitsstellung zum Werkstück (W) ausgerichtete Werkzeuge (WZ) stehen.

48. Werkzeugmaschine nach Anspruch 47, dadurch gekennzeichnet, daß die Kamera (**200**) auf einer der Meßeinrichtung (**50"**) gegenüberliegenden Seite des in der Werkstückaufnahme (**14**) zur Bearbeitung vorgesehenen Werkstücks (W) angeordnet ist.

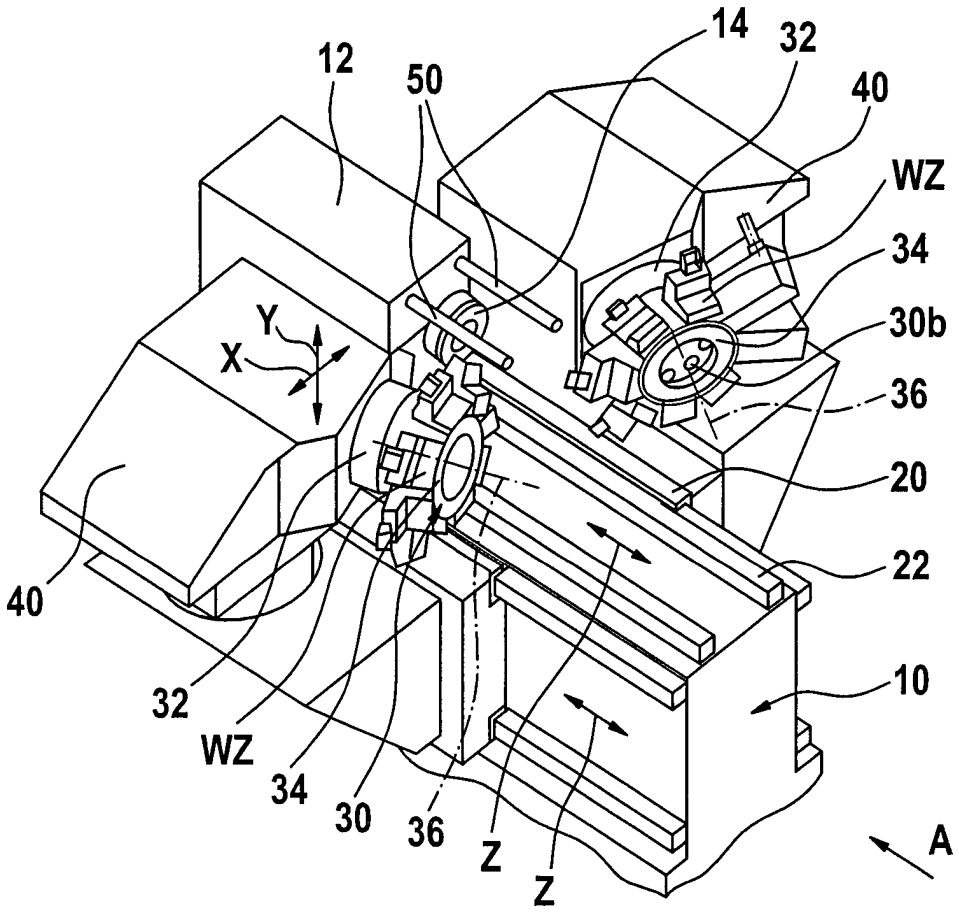
49. Werkzeugmaschine nach Anspruch 47 oder 48, dadurch gekennzeichnet, daß der Beobachtungsbereich (**202**) der Kamera (**200**) eine Ausdehnung aufweist, so daß alle einem zu bearbeitenden Werkstück (W) zugeordneten und in Arbeitsstellung stehenden Werkzeuge (WZ) von der Kamera erfassbar sind.

50. Werkzeugmaschine nach einem der Ansprüche 47 bis 49, dadurch gekennzeichnet, daß mit der Bildverarbeitungseinheit (**120**) und der Kamera (**200**) ein Bearbeitungsprozess des Werkstücks (W) aufzeichenbar ist.

Es folgen 17 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1



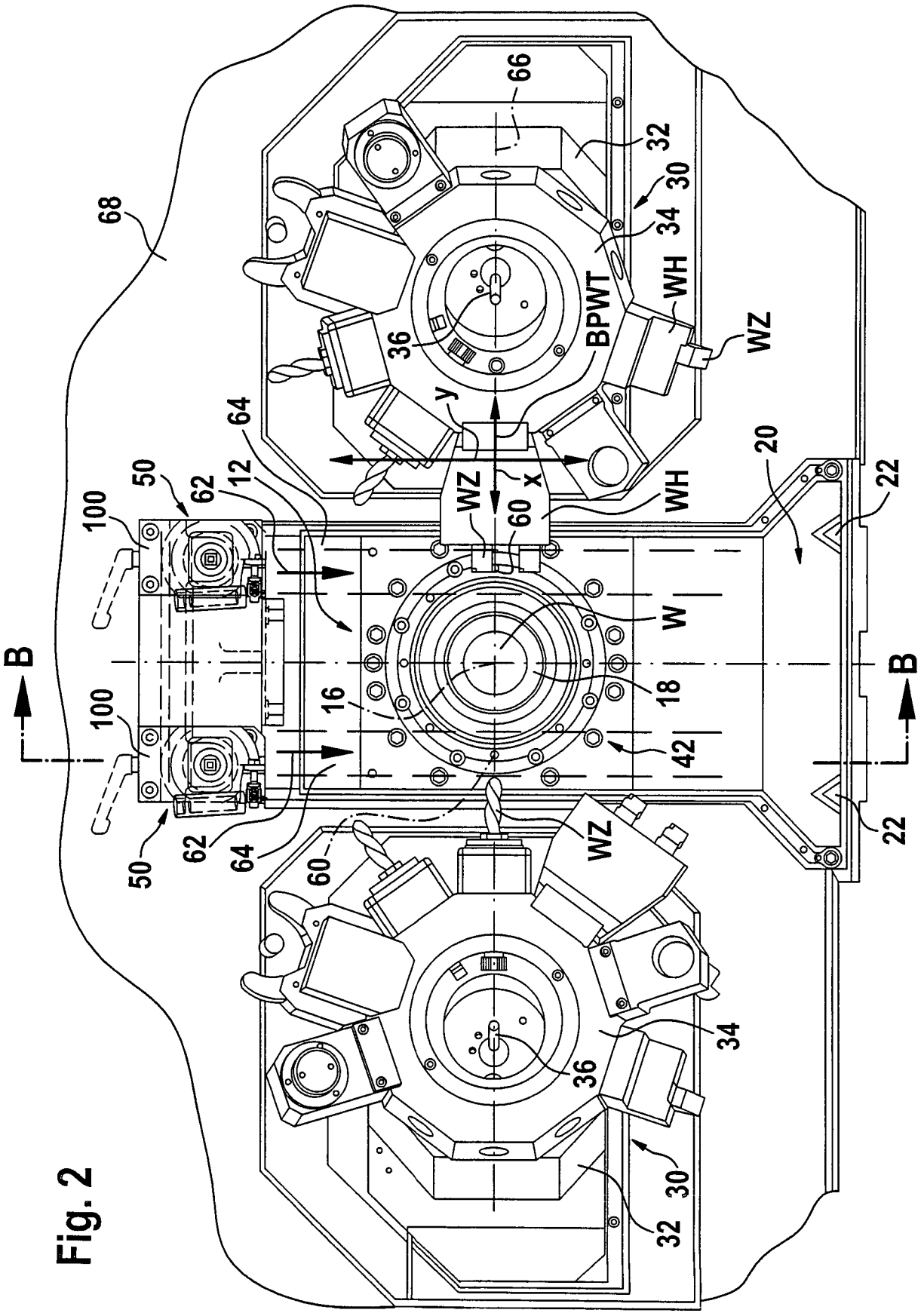


Fig. 2

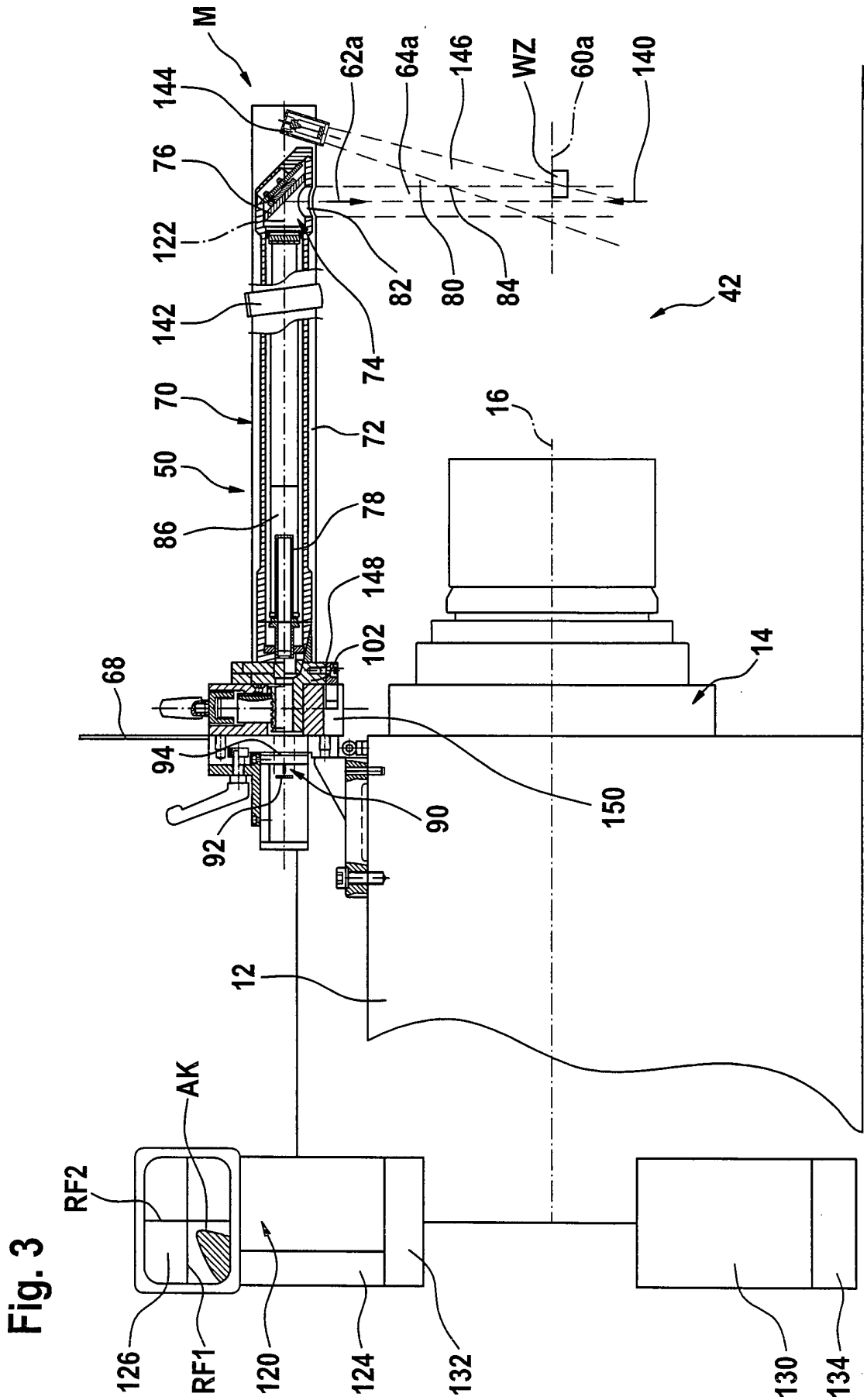
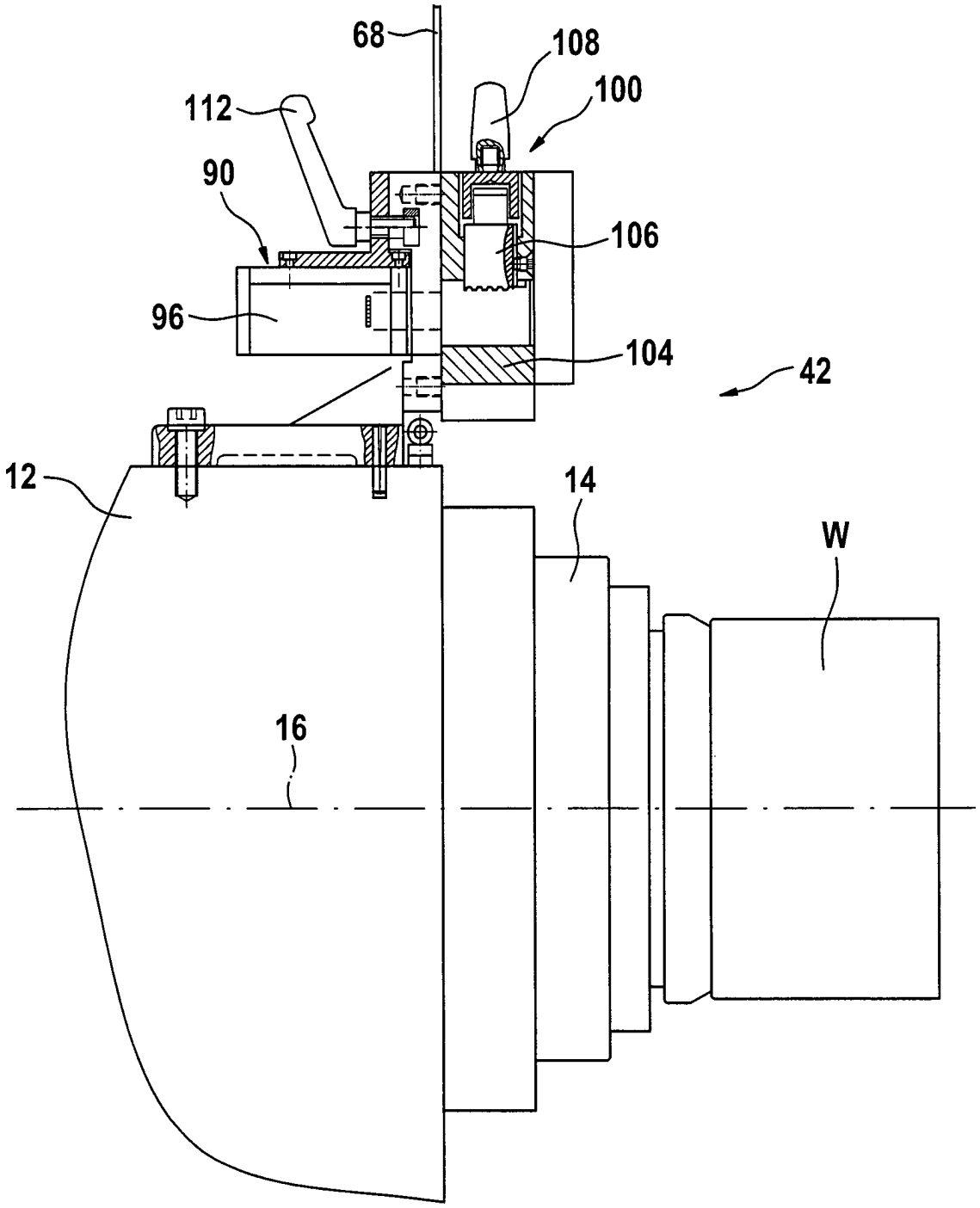

M
144
76
122
142
70
50
86
68
94
92
62a
64a
146
WZ
60a
140
82
80
84
74
72
78
148
102
42
16
14
150
90
12
AK
RF2
126
RF1
120
124
132
130
134

Fig. 3

Fig. 4



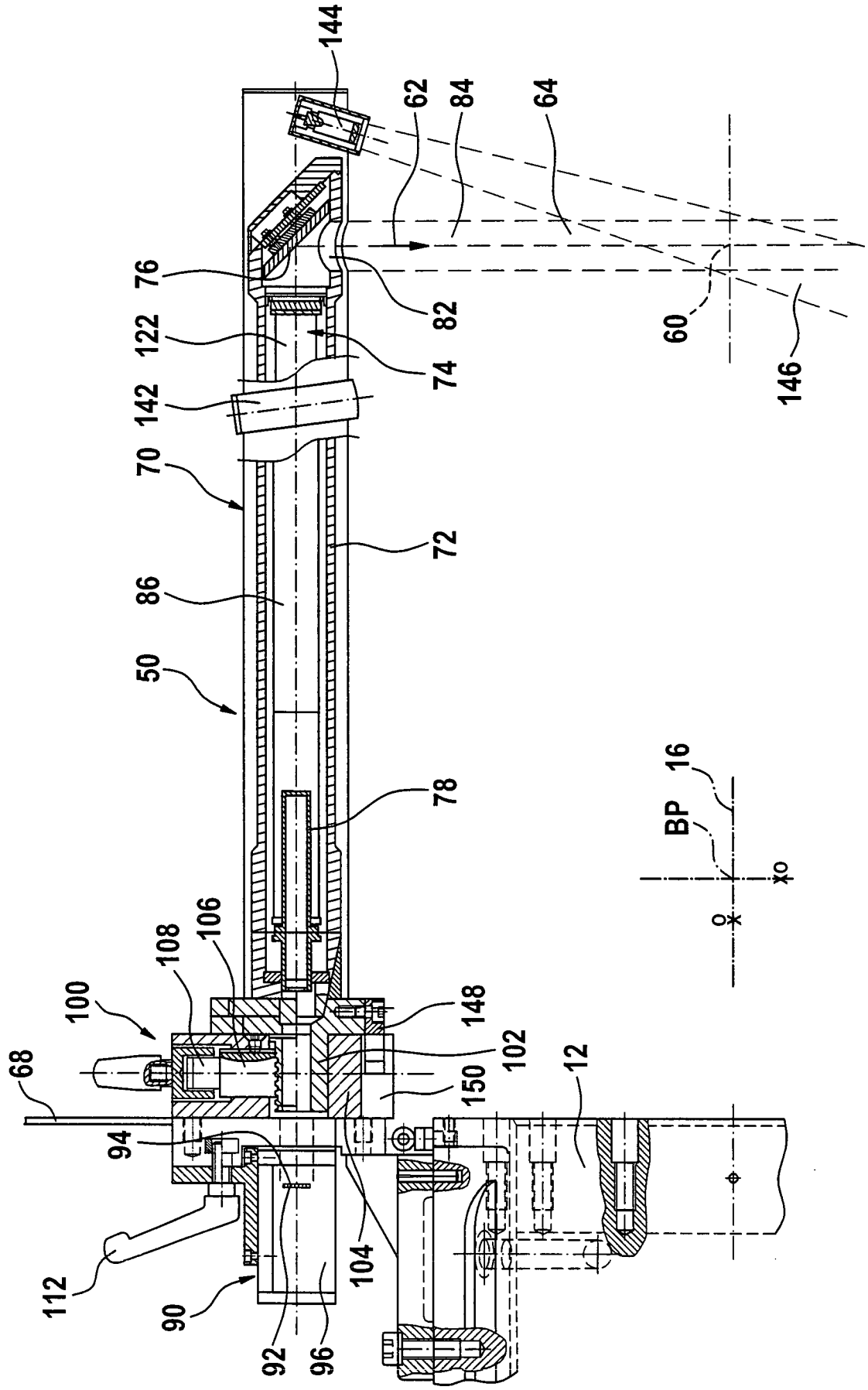

144
62
84
64
76
82
122
74
60
146
142
70
72
86
50
78
16
BP
106
108
100
148
102
68
150
12
94
112
104
90
92
96

Fig. 5

Fig. 6

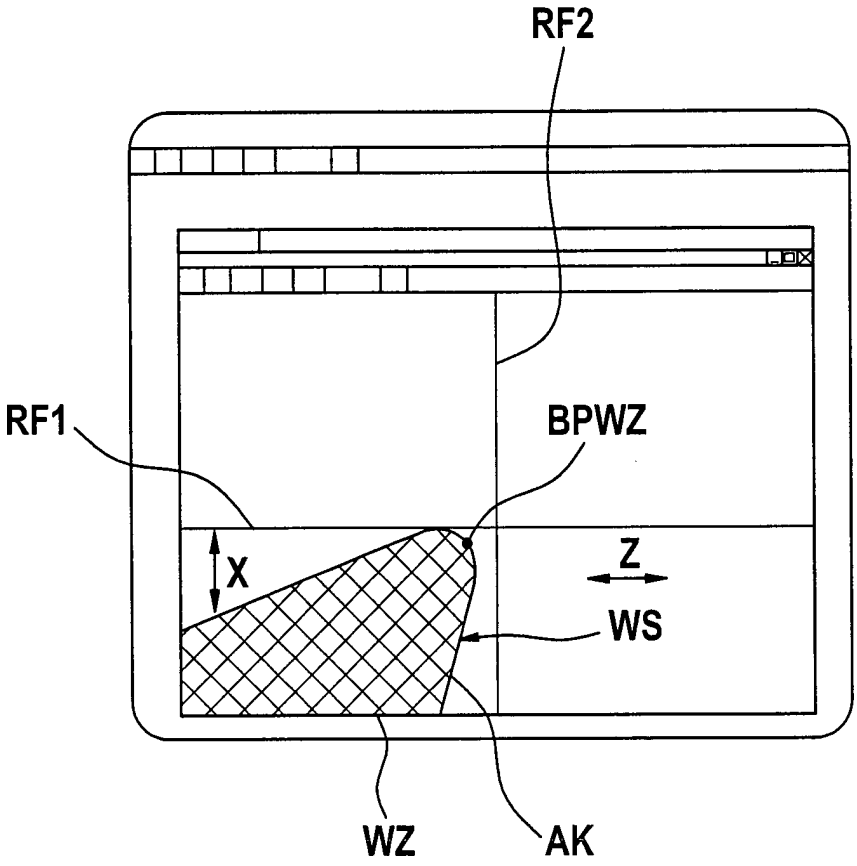


Fig. 7c

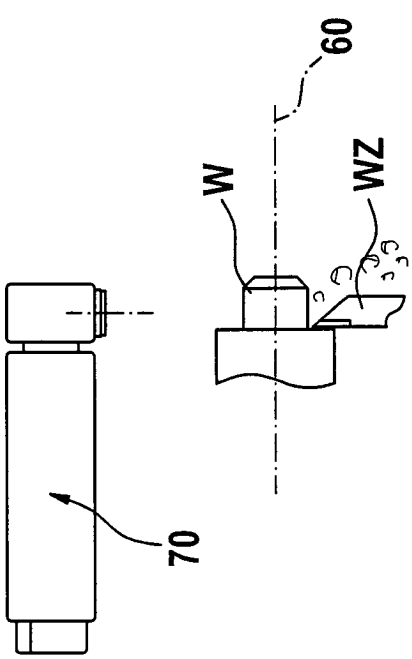


Fig. 7a

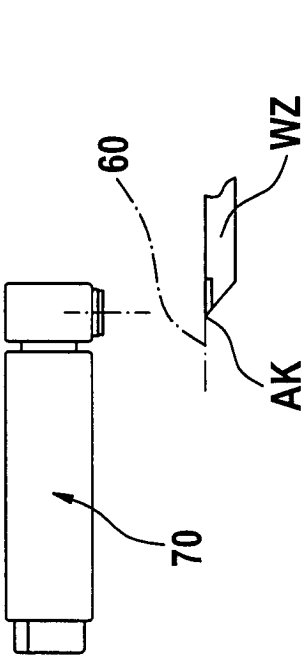


Fig. 7b

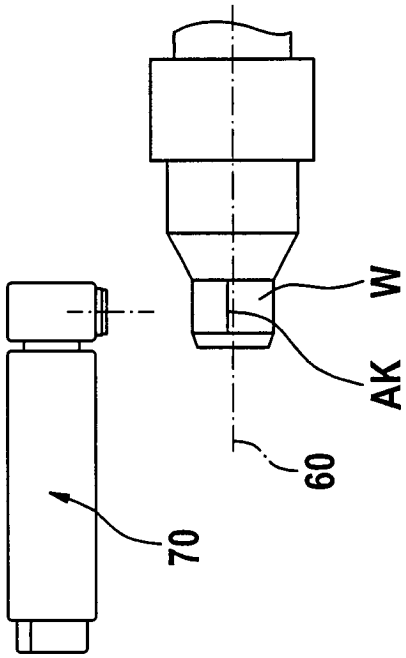
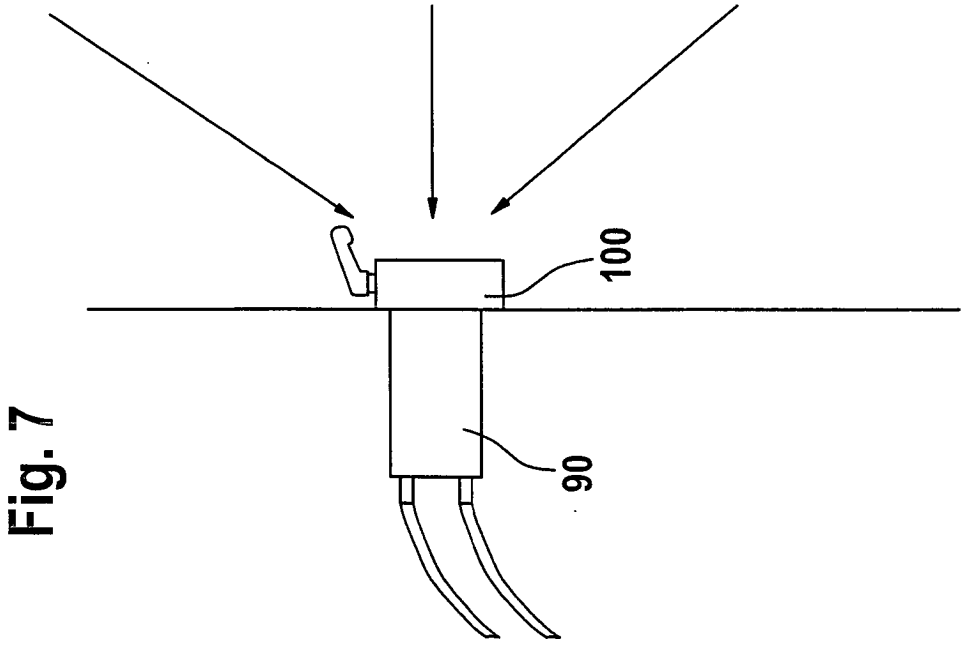


Fig. 7



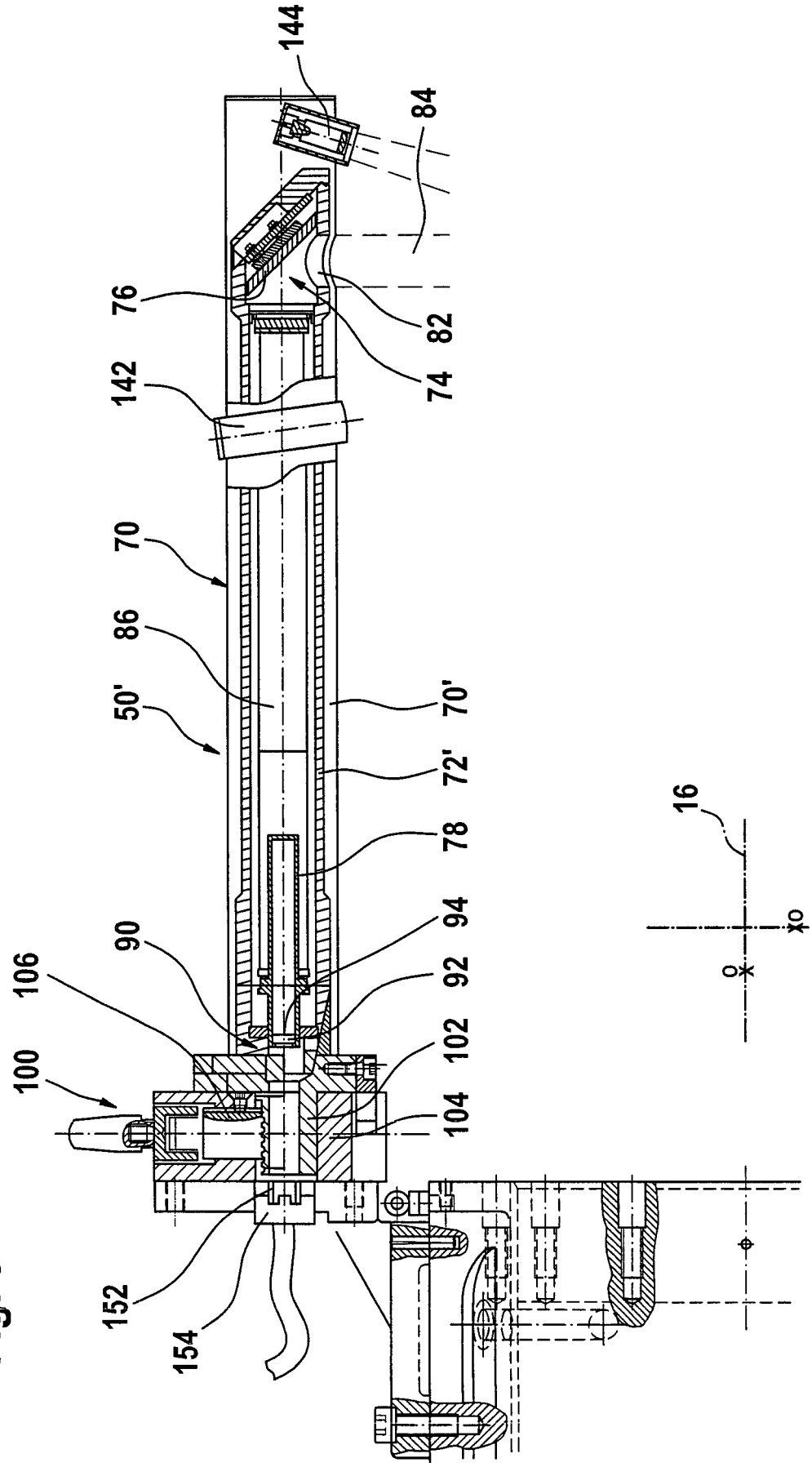

144
84
76
82
74
142
70
86
50'
70'
72'
78
94
90
92
106
102
100
104
152
154
16

Fig. 8

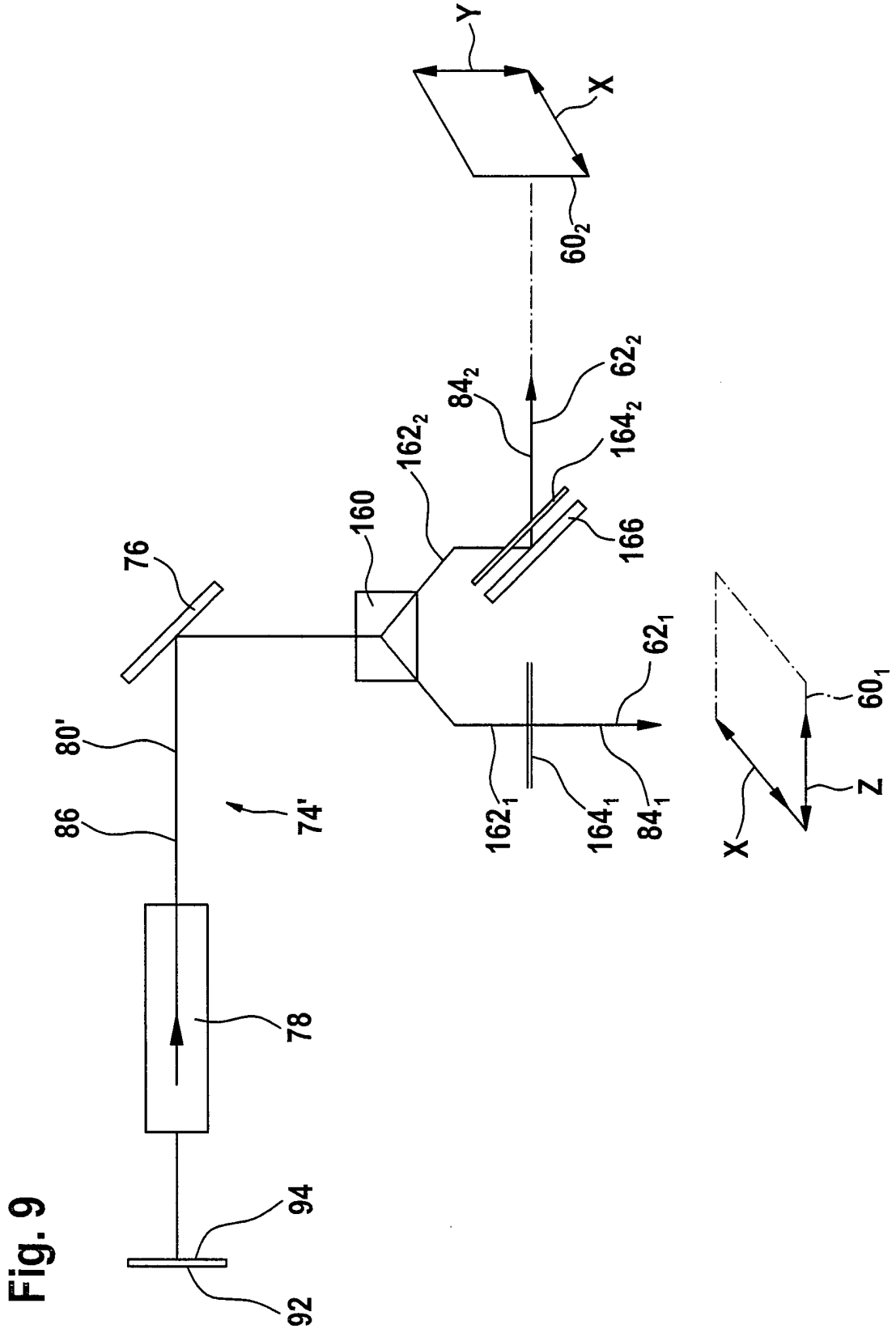

Y
X
60_2
84_2
62_2
162_2
164_2
160
166
76
62_1
80'
60_1
86
74'
Z
X
162_1
164_1
84_1
78
94
92

Fig. 9

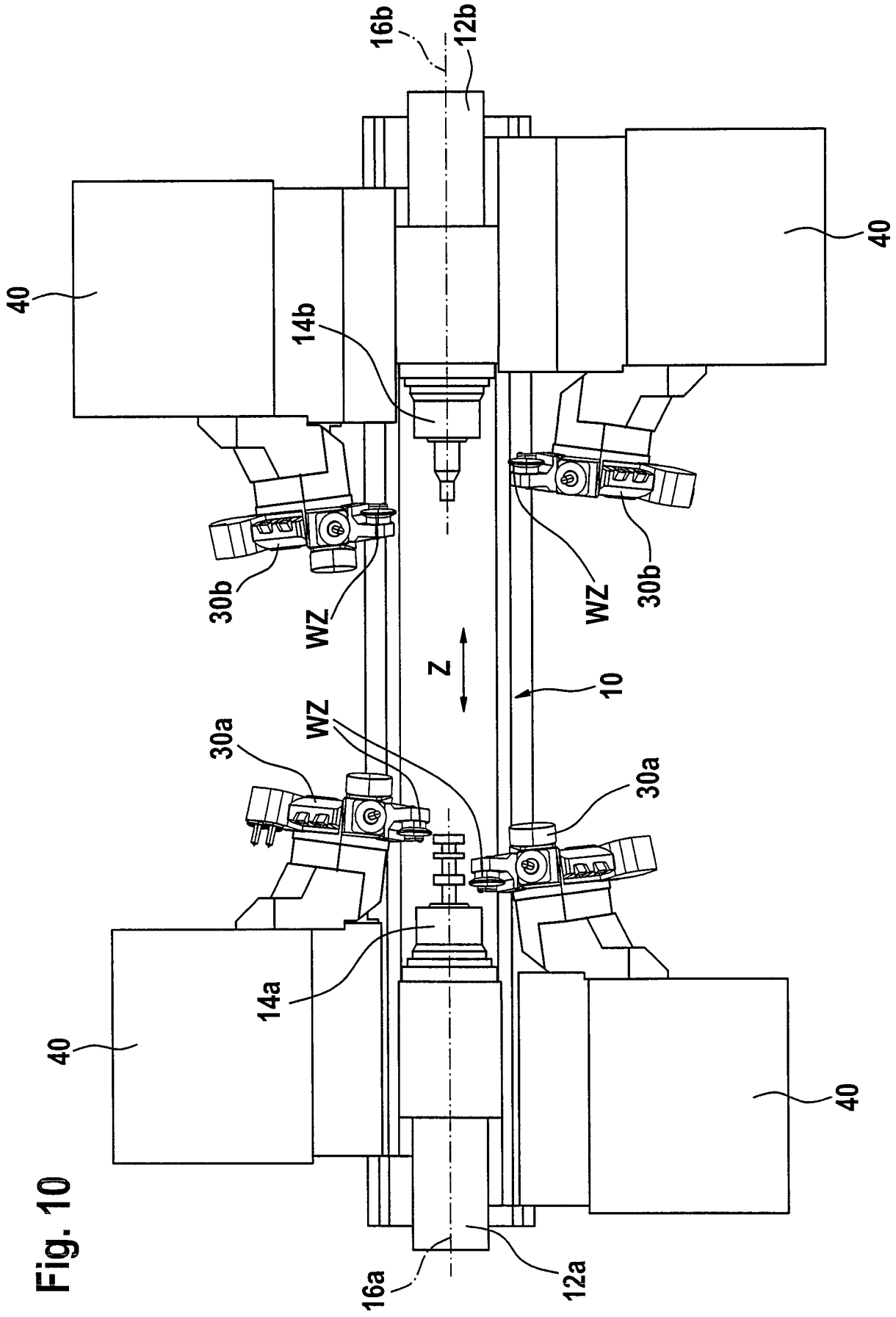


Fig. 10

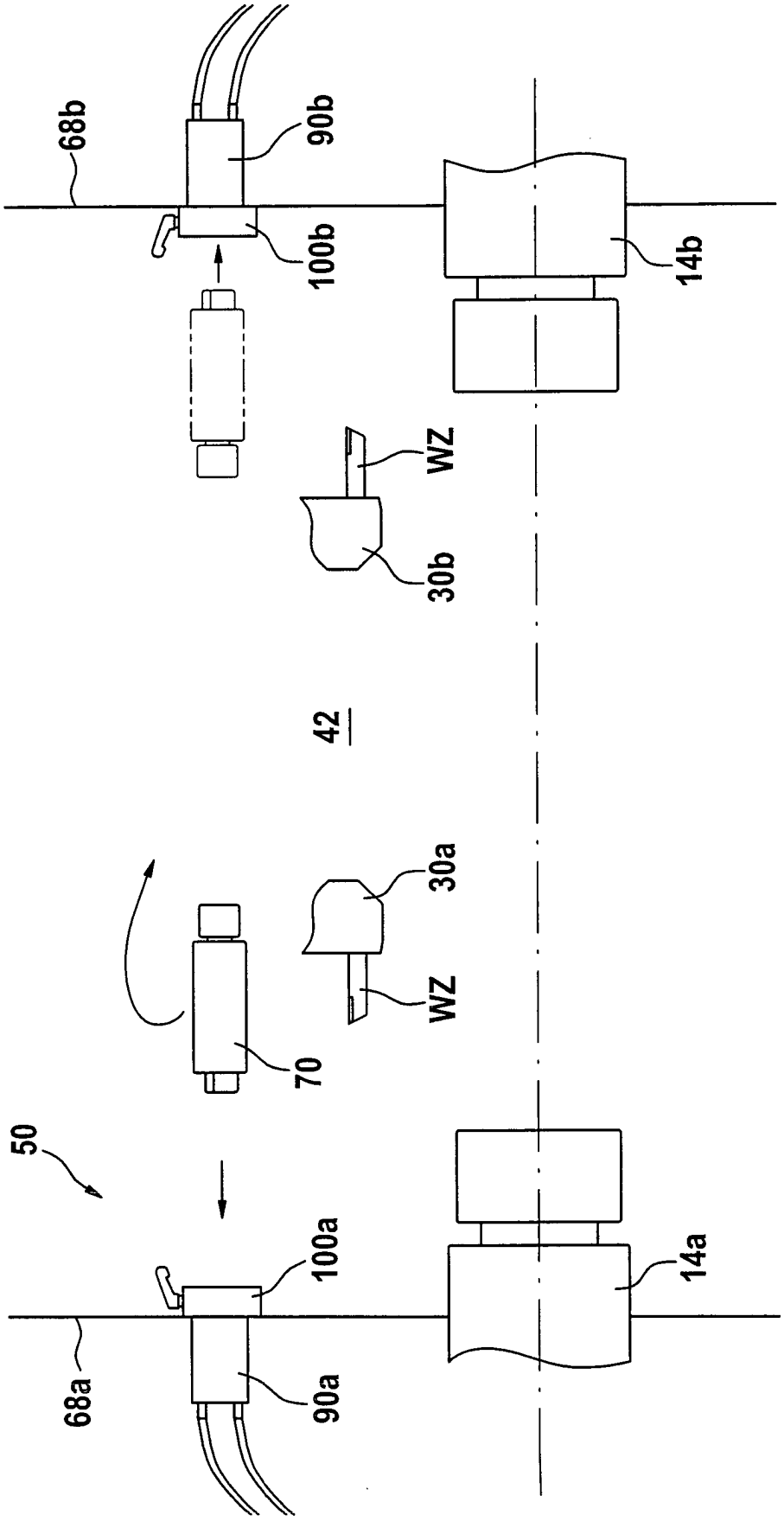


Fig. 11

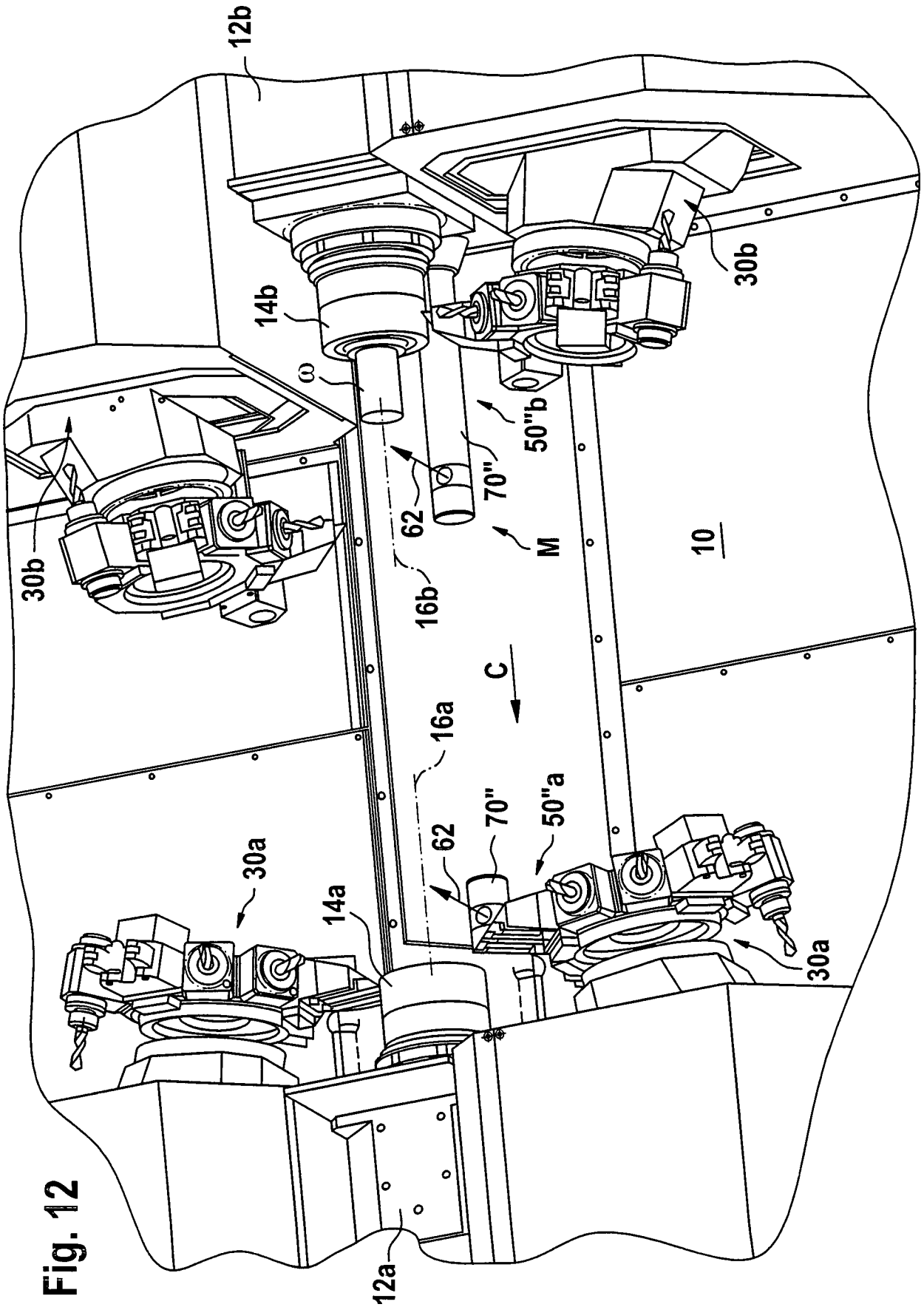


Fig. 12

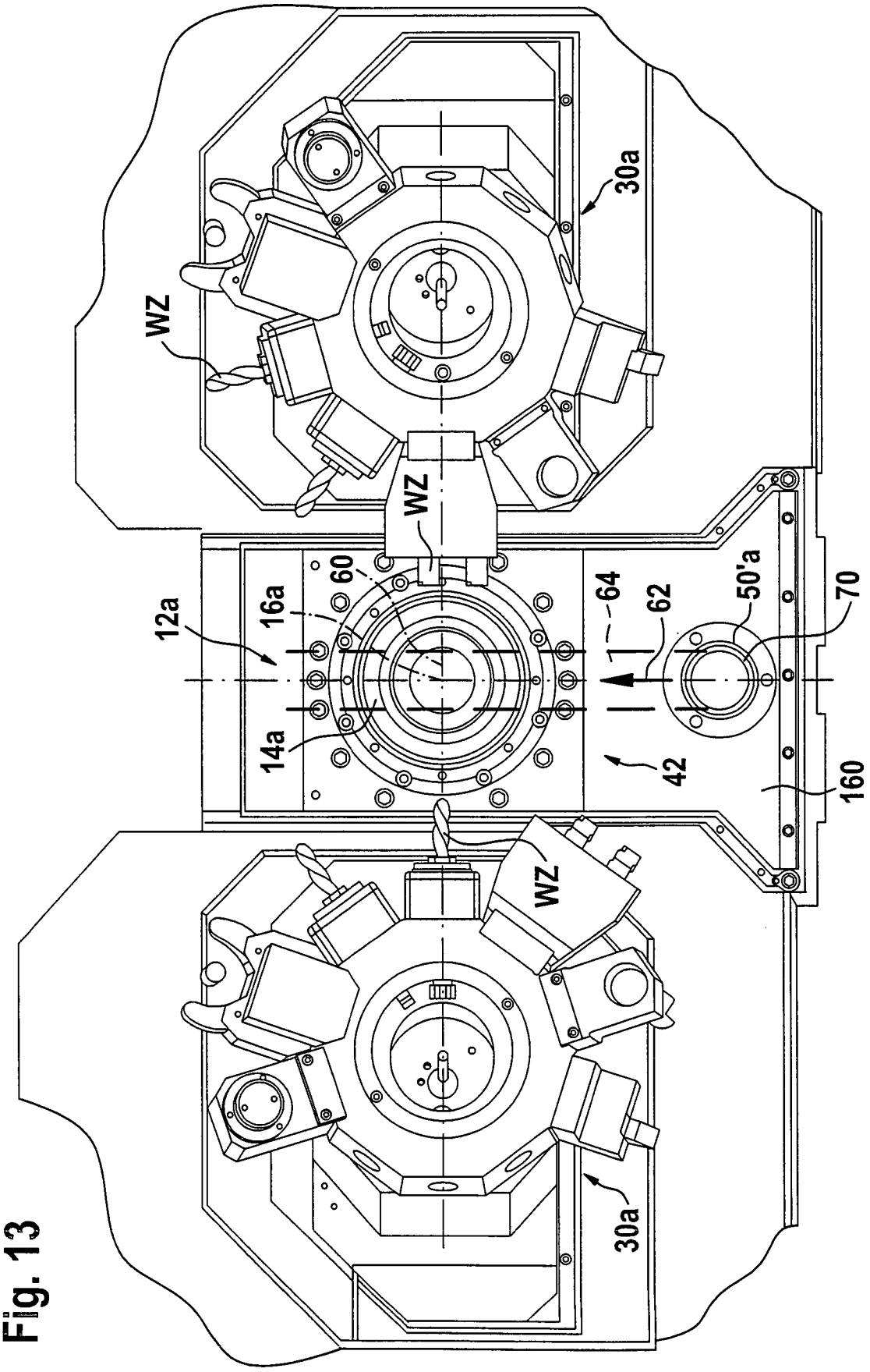


Fig. 13

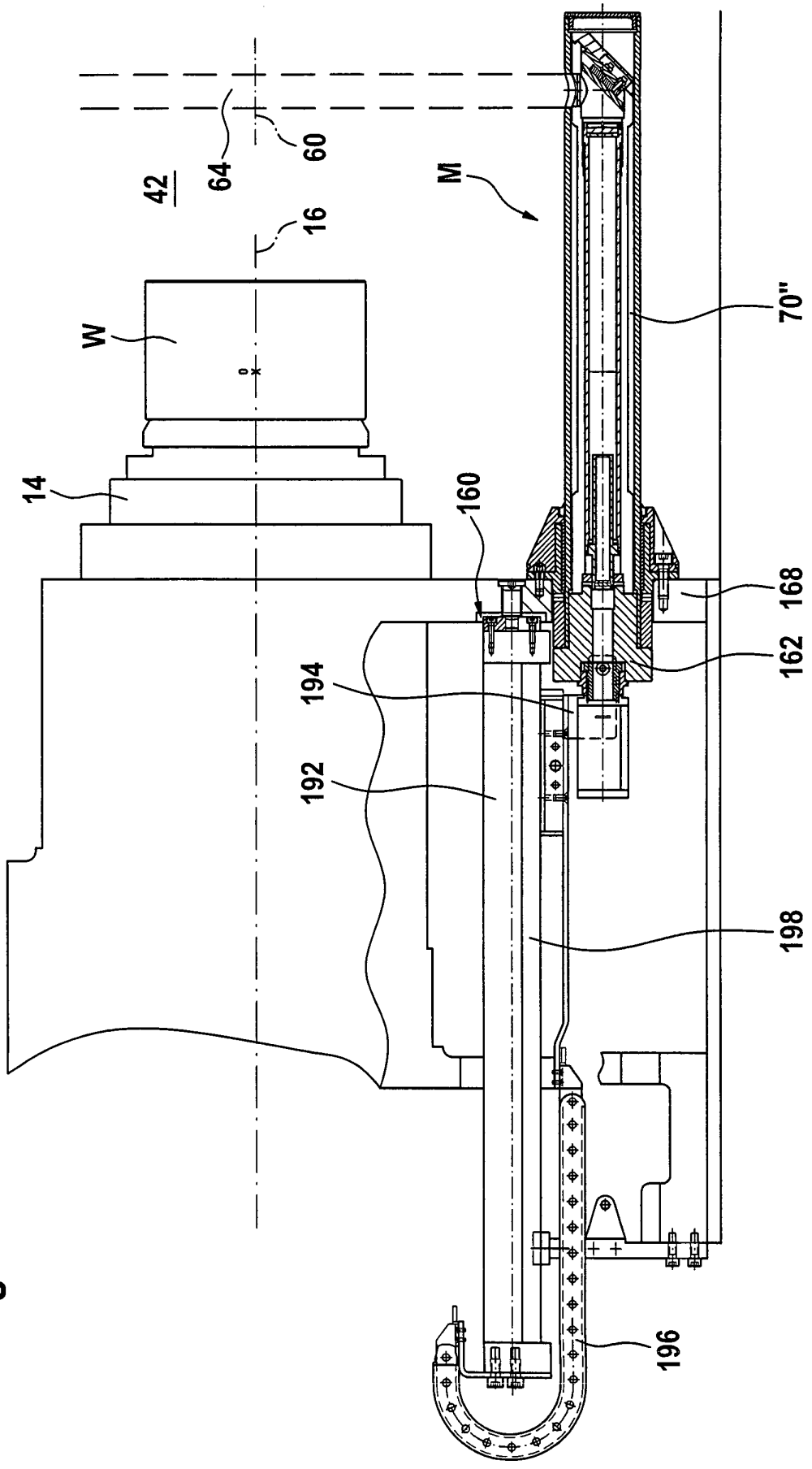


Fig. 14

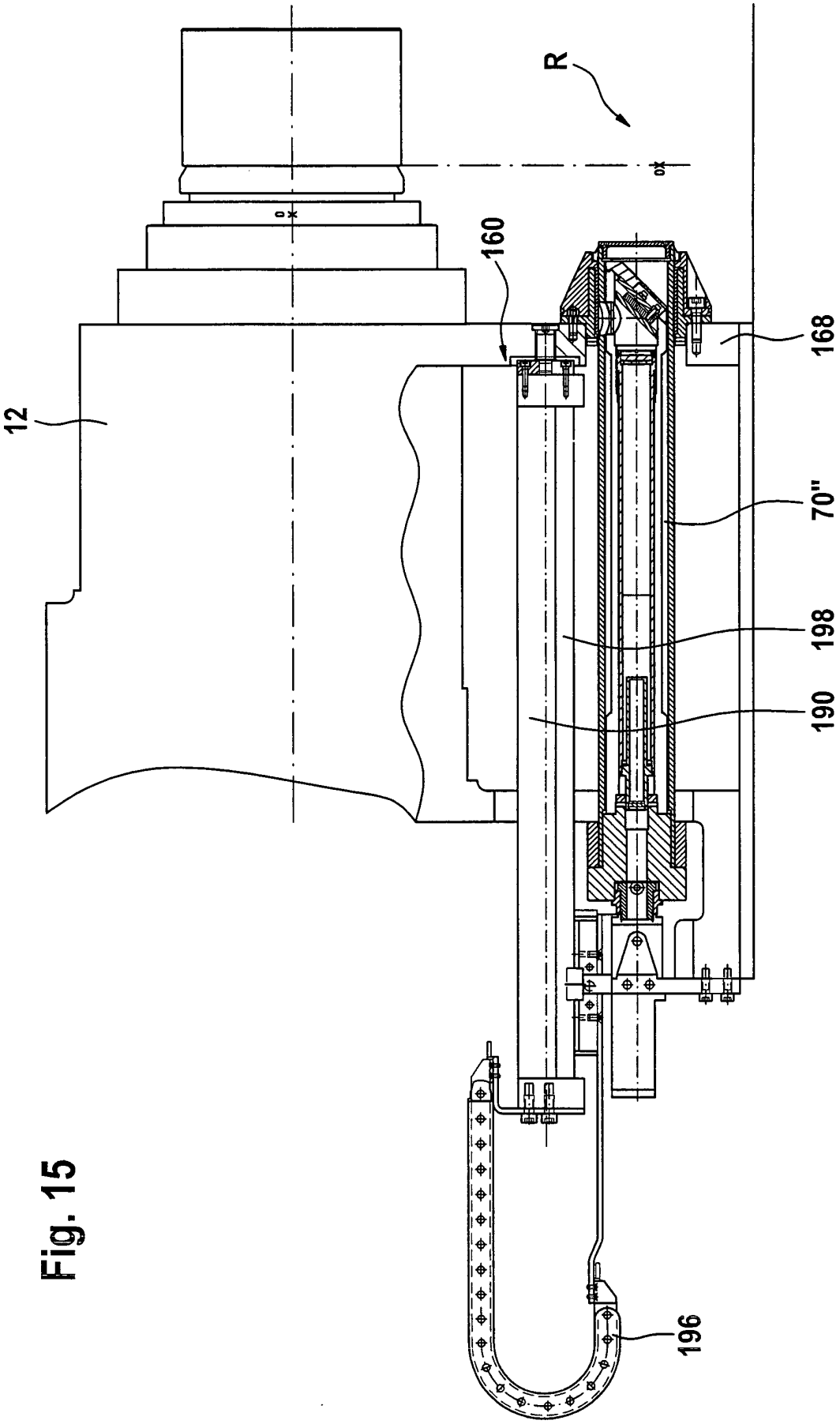


Fig. 15

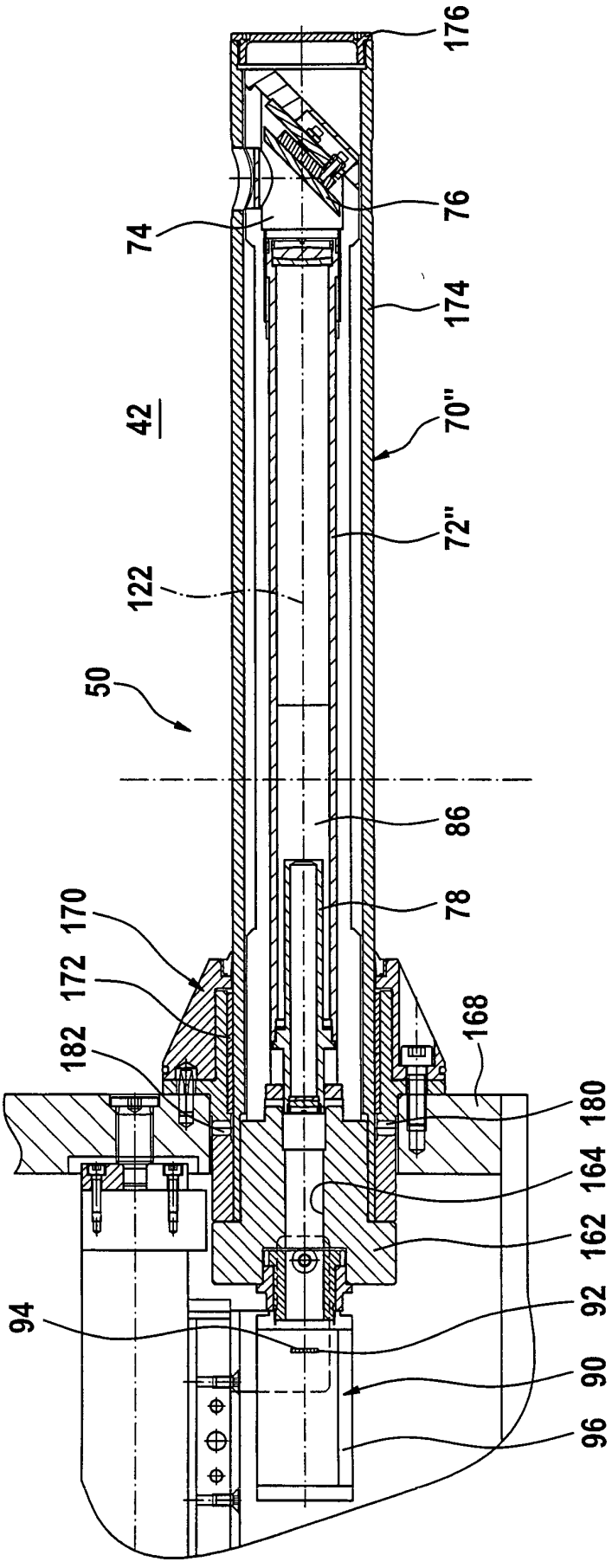

176
76
74
174
42
70"
72"
122
50
86
78
170
172
182
168
180
164
162
92
94
90
96

Fig. 16

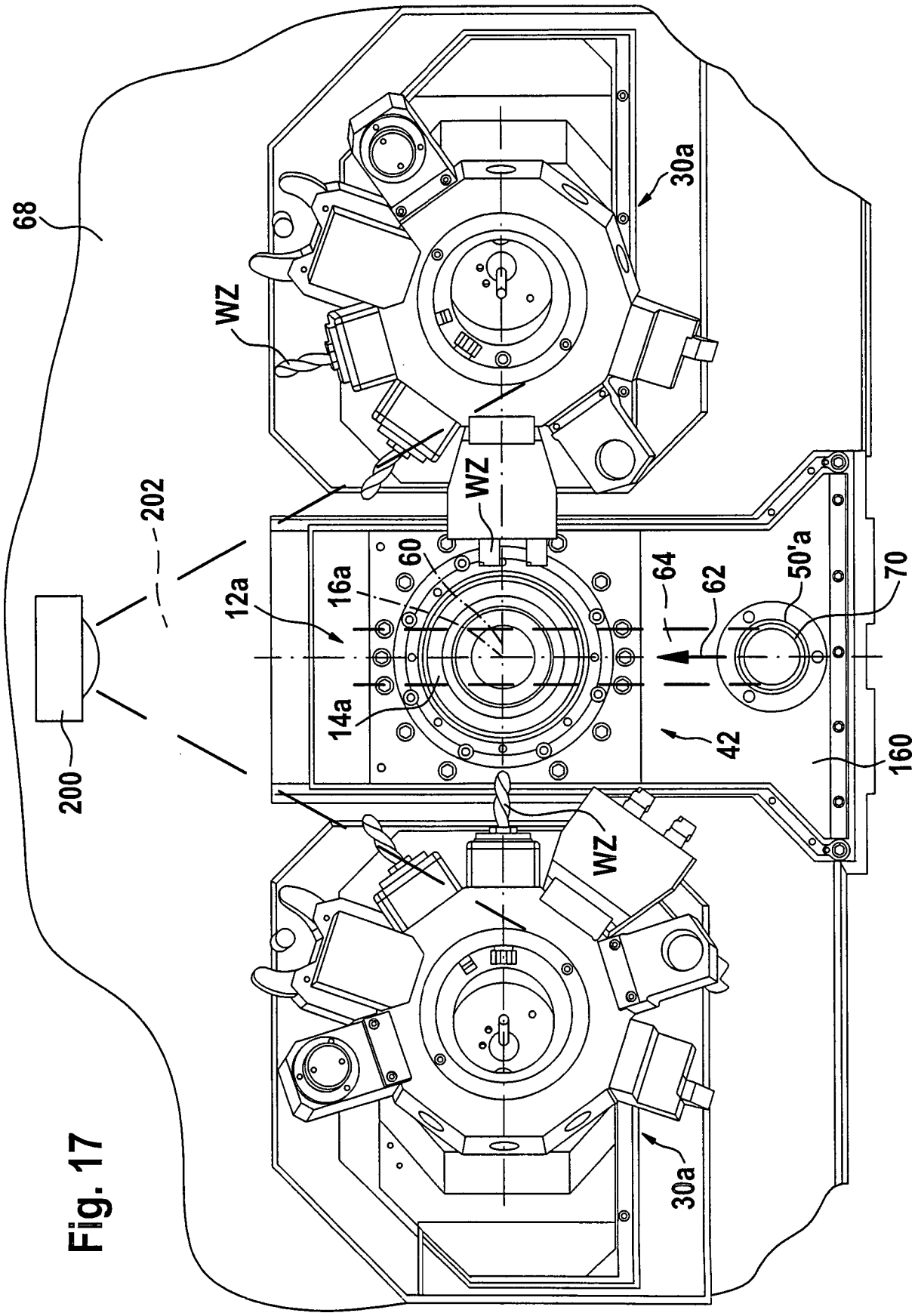


Fig. 17