



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 198 40 801 B4** 2005.09.15

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **198 40 801.3**
(22) Anmeldetag: **08.09.1998**
(43) Offenlegungstag: **16.03.2000**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **15.09.2005**

(51) Int Cl.7: **B23Q 15/02**
B24B 3/00

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
WALTER Maschinenbau GmbH, 72072 Tübingen, DE

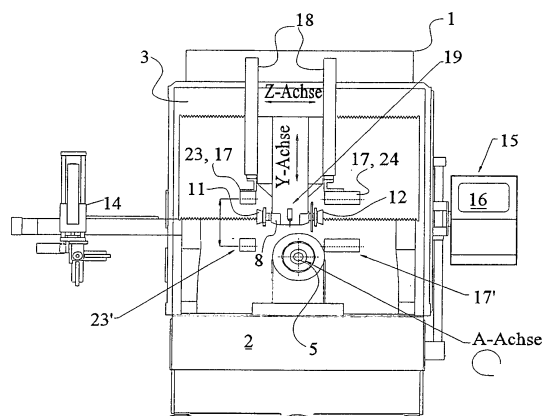
(74) Vertreter:
Rüger und Kollegen, 73728 Esslingen

(72) Erfinder:
Sachs, Carsten, 30455 Hannover, DE; Wenke, Oliver, 31535 Neustadt, DE; Morcom, Christopher, 29223 Celle, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
DE 42 42 906 C2
DE 196 26 204 A1
DE 196 16 353 A1
DE 40 22 799 A1
EP 02 64 445 A1

(54) Bezeichnung: **Werkzeugmaschine mit automatischer Prozesssteuerung/Überwachung und Verfahren zum Bearbeiten**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung (1) zum spanenden Bearbeiten, vorzugsweise Schleifen von Werkstücken, insbesondere Zerspanungswerkzeugen, mit einer Bearbeitungseinrichtung (8), die wenigstens ein Bearbeitungsmittel (11, 12) und ein Stellmittel (Y-Achse, Z-Achse) aufweist, mit dem das Bearbeitungsmittel (8) und/oder das Werkstück in Bezug aufeinander positionierbar sind, mit einer Steuereinrichtung (15), die mit dem Stellmittel verbunden ist und dieses anhand eines Schleifprogramms sowie anhand von Daten zur Erzeugung einer vorgegebenen Form an einer Serie gleicher aufeinander folgender Werkstücke ansteuert, mit einer Messeinrichtung (17), die mit der Steuereinrichtung (15) verbunden ist, mit der eine Messung an dem Werkstück (W) ausführbar ist, wobei die Steuereinrichtung (15) derart beschaffen ist, dass sie anhand der Messung zur Bearbeitung nachfolgender Werkstücke eine Korrektur der Ansteuerung des Stellmittels durch eine Änderung der Daten oder durch Bereitstellung eines Korrekturdatensatzes vornimmt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung sowie ein Verfahren zum spanenden Bearbeiten, vorzugsweise Schleifen von Werkstücken.

[0002] Werkzeugschleifmaschinen sind häufig mit einem Werkzeuglader ausgestattet, der über lange Zeit einen vollautomatischen Fertigungsprozess ohne Eingriff eines Bedieners erlaubt. Die von dem Werkzeuglader in die Schleifmaschine gegebenen Werkzeuge werden von der Werkzeugschleifmaschine mit vorgegebenen Maßen präzise geschliffen. Hier geht es insbesondere um die Schneidkantengeometrien, d.h. die Präzision der Schleifbearbeitung der Schneidkanten und der sich an die Schneidkanten anschliessenden Flächen der Werkzeuge (Freiflächen, Spanflächen).

Stand der Technik

[0003] Aus der DE 4242906 C2 ist eine solche numerisch gesteuerte Schleifmaschine zum Schleifen von vorzugsweise metallischen Werkstücken, insbesondere Werkzeugen bekannt. Diese Schleifmaschine weist einen in Richtung mehrere Achsen linear und schwenkend bewegbaren Schleifkopf mit einer zugeordneten verstellereinrichtung und eine Werkstückaufnahme auf, die ebenfalls in Richtung einer oder mehrerer Achsen bewegbar gelagert ist. Eine Steuereinrichtung führt die Antriebe der Verstellereinrichtungen und gestattet so das Schleifen der Werkstücke (Zerspanungswerkzeuge), wie bspw. Bohrer, Fräser oder ähnliches, nach einem vorgegebenen Programm, d.h. gemäß von Vorgaben.

[0004] Die Toleranzen der Werkzeuge werden mit fortschreitenden Qualitätsanspruch immer enger vorgeschrieben. Für eine konstante Fertigungsqualität ist es deshalb erforderlich, den Einfluss von Störgrößen wie bspw. Temperaturänderungen, Verschleiß der Schleifscheibe und Ungenauigkeiten der Mechanik exakt zu kompensieren. Dazu kann der laufende Fertigungsprozeß unterbrochen werden, um die Qualität der Werkzeuge über externe Messmittel zu kontrollieren. Die Schleifmaschine muss, falls der Verschleiß fortgeschritten ist, nachgestellt werden, um wieder in der Mittel des Toleranzbereichs zu produzieren.

[0005] Produktionsunterbrechungen und manuelle Nachjustagen verhindern oder unterbrechen einen vollautomatischen Betrieb.

[0006] Aus der DE 196 26 204 A1 ist eine Werkzeugschleifmaschine zum Schleifen von Werkzeugen bekannt, die einen Drehtisch mit zwei zueinander um 180° versetzt diametral gegenüber liegend angeordneten Werkzeugaufspannpositionen aufweist. Ein dem Drehtisch benachbart angeordneter Bearbei-

tungskopf legt eine Bearbeitungsposition fest. An der gegenüber liegenden Seite des Drehtischs ist eine Messeinheit zum Ausmessen des geschliffenen Werkzeugs angeordnet. Die Messeinheit dient zur Überprüfung der Maßhaltigkeit des geschliffenen Werkzeugs. Falls notwendig, kann der Drehtisch das Werkzeug nochmals zu dem Schleifkopf rücktransportieren, so dass ein weiterer Schleifvorgang durchgeführt werden kann. Auf diese Weise kann das Realmaß iterativ an das Sollmaß angenähert werden.

[0007] Aus der DE 196 16 353 A1 ist eine einen Messkopf aufweisende Schleifmaschine bekannt, die bei Durchführung eines Schleifvorgangs den Durchmesser eines exzentrisch um eine Umlaufbahn umlaufenden Werkstücks von Zeit zu Zeit misst. Danach wird der Werkstückdurchmesser intermittierend abgegriffen. Eine Maschinensteuerung verwertet die Messwerte und steuert die Zustellung bis das Sollmaß erreicht ist. Damit wird jeder Schleifvorgang individuell so gefahren bis das Sollmaß erreicht ist.

[0008] Die DE 40 22 799 A1 offenbart eine Schleifmaschine zur Erzeugung einer gewünschten Werkstückkontur. Eine Konturüberwachungsvorrichtung dient dazu, die Achspositionen aller Maschinenachsen zu überwachen. Falls die Maschinenachsen nicht durch Störeinflüsse verstellt werden, erreichen die Schleifscheiben und das Werkstück während des Verfahrensablaufs immer die programmierte, für die Konturerzeugung optimale Position. Treten in den Weg- oder Winkelmesssystemen oder in den Achsantrieben jedoch Fehler auf, die zu nicht hinnehmbaren Abweichungen von den Sollwerten einzelner Achspositionen und damit zu Konturfehlern am bearbeiteten Werkstück führen, wird ein entsprechendes Fehlersignal ausgegeben.

[0009] Die EP 0 264 445 offenbart eine Schleifeinrichtung und ein Schleifverfahren, bei dem ein Werkstück unter genauer Messwertüberwachung geschliffen wird. Die Wirkungsweise des Steuerungssystems und der NC-Werkzeugmaschine besteht darin, dass zunächst ein Vorschub des Schneidwerkzeugs veranlasst wird, bis der geforderte Werkzeugdurchmesser erhalten ist. Sodann wird die Bearbeitung des Werkstücks durchgeführt, z.B. ein Drehvorgang. Nach Abheben des Drehmeißels wird eine Messung durchgeführt. Treten Abweichungen auf, wird ein Quervorschub des Drehmeißels vorgenommen, der einer Restzugabe entspricht, wonach erneut ein Bearbeitungsvorgang durchgeführt wird.

[0010] Somit wird eine iterative Annäherung des Durchmessers des bearbeiteten Werkstücks an den Sollwert erreicht.

Aufgabenstellung

[0011] Davon ausgehend ist es Aufgabe der Erfin-

zung, eine Vorrichtung und ein Verfahren zur spanenden Bearbeitung von Werkstücken, insbesondere eine Schleifmaschine und ein Schleifverfahren zu schaffen, mit denen ein unterbrechungsfreier Betrieb möglich ist.

[0012] Diese Aufgabe wird mit einer Vorrichtung nach Anspruch 1 bzw. einem Verfahren nach Anspruch 12 gelöst.

[0013] In die Schleifmaschine oder sonstige Bearbeitungsmaschine ist ein Sensor in Form einer Messeinrichtung integriert, der die Prozeßüberwachung erheblich vereinfacht. Mit der Messeinrichtung sind einige, ggfs. alle, qualitätsrelevanten Maße erfassbar. Das Werkzeug kann während und nach dem Bearbeitungsprozeß (Schleifprozeß) kontrolliert werden. Dadurch kann oft sogar die Endkontrolle des Werkzeugs entfallen, weil der Sensor die qualitätsrelevanten Maße bereits erfasst hat.

[0014] Anhand der einen Teil der Schleifmaschine bildenden Messeinrichtung können die Schleifparameter nachgesteuert werden, was zu einer konstant hohen Fertigungsqualität und einer Reduzierung von Ausschussteilen führt. Die Fertigung kann dadurch deutlich effizienter werden und ggfs. eine manuelle Kontrolle durch einen Bediener entfallen.

[0015] Die Messeinrichtung wird vorzugsweise intermitierend betrieben. Dies bedeutet, dass der Bearbeitungsvorgang und der Messvorgang zeitlich getrennt ablaufen. Während der Messung wird an dem Werkzeug nicht gearbeitet (geschliffen). Die von der Messung gelieferten Daten können dazu dienen, die Daten anhand derer das Schleifprogramm die Bearbeitungseinrichtung bzw. deren Stellmittel steuert, zu verändern bzw. zu korrigieren oder es kann anhand der durch die Messung gewonnenen Daten ein Korrekturdatensatz bereitgestellt werden, der von dem Schleifprogramm mit den die Schleifparameter vorgebenden Daten verknüpft wird. Der Korrekturdatensatz kann eine Tabelle mit Offsetgrößen und Proportionalfaktoren sein, die auf die Schleifdaten angewendet bzw. mit diesen verknüpft werden.

[0016] Die Bearbeitungseinrichtung kann sowohl einen als auch mehrere Schleifköpfe mit jeweils einer oder mehreren Schleifscheiben aufweisen. Vorzugsweise ist der Schleifkopf in mehreren Richtung verstell- und/oder schwenkbar, so dass relativ komplizierte Werkzeuggeometrien bearbeitet werden können.

[0017] Auch das Werkstück kann von einer Verstellereinrichtung positionierbar sein, um eine möglichst große Vielfalt von Werkstücken bearbeiten zu können. Die Verstellereinrichtung steht vorzugsweise ebenfalls unter der Steuerung der zentralen Steuerungseinrichtung, wobei die Daten oder das Programm

zum Bewegen des Werkstücks ebenfalls der Korrektur anhand der von der Messeinrichtung gelieferten Daten unterworfen sein können.

[0018] Die Messeinrichtung ist vorzugsweise als berührungslose optische Messeinrichtung ausgebildet. Dies gestattet eine schnelle Erfassung größerer Geometrien oder Teilgeometrien und somit eine hohe Produktivität. Die Messeinrichtung ist vorzugsweise von einer Positioniereinheit getragen, die eine Bewegung der Messeinrichtung gestattet. Damit kann die Messeinrichtung während der Bearbeitung (Schleifbearbeitung) des Werkstücks (Zerspanungswerkzeug) aus dem Bearbeitungsbereich heraus gefahren werden, so dass der Schleifkopf und/oder andere Bearbeitungswerkzeuge ungehindert an das Werkstück herangefahren werden können. Zur Durchführung der Messung wird die Messeinrichtung dann an das Werkstück herangefahren. Hier ist es in mehrere Messpositionen überführbar. Bspw. kann die Messeinrichtung bezüglich einer Längs- oder Drehachse des als Werkstück anzusehenden Zerspanungswerkzeugs um eine rechtwinklig zu dieser Achse stehende Achse geschwenkt werden. Damit kann die Messeinrichtung mit ihrer Messachse sowohl radial als auch axial zu dem Zerspanungswerkzeug positioniert werden. Damit ist sowohl die Vermessung im Wesentlichen axial eingestellter seitlicher Schneidkanten als auch die Vermessung der Stirnseite mit radial eingestellten Schneidkanten möglich. Zur Relativpositionierung der Messeinrichtung zu dem Werkstück können insbesondere die Achsen des Werkstückträgers benutzt werden. Dies ermöglicht die Vermessung aller Seiten des Werkstücks ohne zusätzlichen Positionieraufwand für die Messeinrichtung.

[0019] Ist die Messeinrichtung als optische Messeinrichtung ausgebildet, ist sie vorzugsweise sowohl nach dem Streif- oder Durchlichtprinzip, als auch nach dem Auflichtprinzip betreibbar. Es hat sich dabei zur Durchführung genauer Messung von scharfkantigen Werkzeugen die optische Messung mit einer CCD-Kamera bewährt, wobei mit der Durch- oder Streiflichtbeleuchtung die Außenkontur und axiale Position des Werkzeugs erfassbar ist. Eine Auflichtbeleuchtung gestattet die Aufnahme innerer Maße, wie bspw. Spanwinkel oder Spanraumtiefe und die exakte Bestimmung der radialen Position. Dadurch kann ein Mechanischer Taster ersetzt werden. Um eine hohe Auflichtintensität zu gestatten, wird bei einer bevorzugten Ausführungsform eine Beleuchtungseinheit für die Auflichtmessung im Bezug auf die Messeinrichtung beweglich gelagert. Soll eine Auflichtmessung durchgeführt werden, wird die Beleuchtungseinheit mittels einer Verstellereinrichtung an die Werkstückoberfläche herangefahren, um hier eine hohe Lichtintensität zu erhalten.

[0020] Die anhand der Messung gewonnenen Daten können zunächst insbesondere daraufhin unter-

sucht werden, ob und wie weit ein Messmerkmal vom Sollwert abweicht. Eine Nachsteuerung nur dann, wenn bestimmte Eingriffsgrenzen überschritten sind, führt zu einer Stabilisierung des Regelsystems. Außerdem ist es möglich, die Nachsteuerung auf Fälle zu beschränken, in denen das Messmerkmal mehrfach aufeinanderfolgend vom Sollwert abweicht. Damit können kurzfristige Abweichungen vom Sollwert ignoriert werden, die auch durch eine mögliche Verschmutzung des Werkzeugs am Messort bedingt sein können. Die gewonnenen radialen und axialen Positionen können zur Positionierung des Werkzeugs für das Schleifen verwendet werden.

[0021] Eine abschließende Messung entscheidet, ob ein Fertigungsschritt wiederholt werden muss, oder ob der Schleifprozess beendet werden kann. Falls ein Fehler nicht durch eine erneute Bearbeitung korrigiert werden kann, wird das Werkstück automatisch als Ausschuss erkannt. Für nachfolgende Bearbeitungen wird das Schleifprogramm nachgestellt, um nicht erneut Ausschuss zu produzieren.

[0022] Mit den während des Prozeß durchgeführten Messungen läßt sich eine Fehlertendenz erkennen, bevor sie zur Produktion von Ausschussteilen führt. Ergeben sich bspw. durch Temperaturänderungen oder Verschleiß an den Schleifscheiben Maßänderungen, können diese noch in der Fertigungstoleranz ausgeregelt werden. Dazu ist es möglich, mittels eines von der Steuereinrichtung durchgeführten Programms eine Trendüberwachung durchzuführen, die bereits bei Annäherung an eine Toleranzgrenze eine Nachstellung der Schleifparameter vornimmt.

[0023] Es ist sowohl möglich, jedes einzelne Teil abschliessend sowie zusätzlich während einer oder mehrerer Unterbrechungen seines Bearbeitungsvorgangs zu vermessen. Hier können Arbeitspausen genutzt werden, die ohnehin zur Positionierung des Schleifkopfs erforderlich sind. Darüberhinaus kann es jedoch auch möglich sein, nur bei einigen Werkstücken eines Loses Zwischenmessungen während der Bearbeitung durchzuführen und alle anderen Werkstücke lediglich endzuvermessen. Letztendlich ist es bei etwas geringeren Qualitätsanforderungen unter Umständen auch möglich, lediglich Stichprobenmessungen durchzuführen.

Ausführungsbeispiel

[0024] Weitere Einzelheiten vorteilhafter Ausführungsformen der Erfindung ergeben sich aus der Zeichnung, der zugehörigen Beschreibung oder Unteransprüchen.

[0025] In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung veranschaulicht. Es zeigen:

[0026] [Fig. 1](#) eine Werkzeugschleifmaschine mit ei-

ner rechnergestützten Steuereinrichtung und in Verkettung mit einem Lader, in einer schematisierten Vorderansicht,

[0027] [Fig. 2](#) die Werkzeugschleifmaschine nach [Fig. 1](#), in einer Seitenansicht,

[0028] [Fig. 3](#) die optische Messeinrichtung der Werkzeugschleifmaschine nach den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#), in schematisierter Schnittdarstellung,

[0029] [Fig. 4](#) die Steuereinrichtung der Werkzeugschleifmaschine nach den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#), und deren Zusammenwirken mit Bedienelementen und Sensoren in einer schematischen Blockdarstellung, und

[0030] [Fig. 5](#) den Steuerungsablauf der Werkzeugschleifmaschine nach den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#), und der Steuereinrichtung nach [Fig. 4](#), als stark vereinfachtes schematisches Flussbild.

Beschreibung:

[0031] In [Fig. 1](#) ist eine Werkzeugschleifmaschine 1 in schematischer Darstellung in einer Ansicht von vorn veranschaulicht. Die Werkzeugschleifmaschine 1 weist einen Grundrahmen oder Tisch 2 und einen mit diesem verbundenen oberen Maschinenteil oder -rahmen 3 auf. An dem Tisch 2 ist eine auch aus [Fig. 2](#) ersichtliche Werkstückaufnahme 4 gelagert, die eine Spanneinrichtung 5 zur Aufnahme des Werkstücks aufweist. Das mit der Schleifmaschine 1 zu bearbeitende Werkstück ist ein Zerspanungswerkzeug, bspw. ein Bohrer, eine Räumnadel oder ein ähnliches linear und/oder drehend zu bewegendes Werkzeug. Die Werkzeugschleifmaschine 1 dient insbesondere dazu, die Schneidengeometrie an dem Werkzeug auszubilden oder wiederherzustellen.

[0032] Die Werkstückaufnahme 4 ([Fig. 2](#)) ist vorzugsweise in oder um drei Achsen bewegbar. Ein lediglich symbolisch veranschaulichter Schlitten 6 gestattet die Verschiebung der Werkstückaufnahme 4 in einer ersten Richtung X. Zusätzlich zu der horizontalen Achse X ist die Werkstückaufnahme 4 um eine Vertikalachse C schwenkbar angeordnet. Zur gezielten Positionierung dient ein Schwenkantrieb, der nicht weiter veranschaulicht ist.

[0033] Die Werkstückspanneinrichtung 5 ist, wie in [Fig. 1](#) angedeutet ist, um eine zu der X-Achse vorzugsweise parallelen Achse drehbar gelagert, wobei ein entsprechender Stellantrieb gezielte Positionierungen vornehmen kann.

[0034] An dem oberen Maschinenrahmen 3 ist über einen Kreuzschlitten entlang einer vertikalen Y-Achse und einer horizontalen Z-Achse verstellbar ein Schleifkopf 8 verstellbar gelagert, der wenigstens ei-

ne, im vorliegenden Fall zwei oder mehrere drehend angetriebene Schleifscheiben **11**, **12** aufweist. Bedarfsweise kann der Schleifkopf **8** in weiteren Richtungen bewegbar sein. Bspw. kann er schwenkbar gelagert sein. Zur Betätigung des Schleifkopfs **8**, d.h. zu seiner Verstellung in Y- oder Z-Richtung dienen Stellantriebe, die in [Fig. 1](#) nicht weiter veranschaulicht sind.

[0035] Die Steuerung aller Stellantriebe sowie die Steuerung eines der Schleifmaschine **1** zugeordneten Laders **14**, der dazu dient, Rohlinge in die Spanneinrichtung **5** zu befördern und fertig bearbeitete Werkstücke aus dieser herauszunehmen, erbringt eine Steuereinrichtung **15**. Diese ist bspw. eine Rechnersteuerung mit einem Display **16**, sowie mit Bedienelementen.

[0036] Zur Durchführung von Messungen an dem zu schleifenden Zerspanungswerkzeug **W** ist die Werkzeugschleifmaschine **1** mit einer Messeinrichtung **17** versehen, die berührungslos arbeitet und der Vermessung des teilweise oder fertiggeschliffenen Zerspanungswerkzeugs dient. Die Messeinrichtung **17** ist an ein oder zwei, bspw. pneumatisch bewegten Linearachsen, vorzugsweise in Y-Richtung bedarfsweise aber auch in anderen Richtung bewegbar gelagert. Dazu dienen Pneumatikantriebe **18**, die ebenfalls der Steuerung der Steuereinrichtung **15** unterliegen. Die Messeinrichtung **17** kann in eine Parkposition überführt werden, in der sie von dem Zerspanungswerkzeug **W** und der Werkzeugaufnahme **4** entfernt ist. Sie ist somit aus dem Arbeitsbereich herausgefahren und stört den Bearbeitungsablauf nicht. Zur Durchführung einer Messung kann die Messeinrichtung **17** in eine Messposition verfahren werden, in der sie in [Fig. 1](#) mit **17'** bezeichnet ist. In dieser Messposition liegt das Zerspanungswerkzeug im Lichtweg der optischen Messeinrichtung **17** in einer Fokusebene.

[0037] Bei der dargestellten fünfsachsigen Werkzeugschleifmaschine **1** ist die Messeinrichtung **17** vertikal bewegbar. Eine Anpassung an andere Achskonfigurationen kann bspw. mit anderen Bewegungsrichtungen der Messeinrichtung **17** leicht vorgenommen werden. Weitere Sensoren wie ein taktiler Sensor **19** und einen Lichtschranke **20** ([Fig. 4](#)) können bedarfsweise vorgesehen werden, und ermöglichen eine beschleunigte Ermittlung der Orientierung und der äußeren Abmessungen des Zerspanungswerkzeugs **W**. Je nach Art der Messmerkmale ist der taktiler Sensor **19** oder die Lichtschranke **20** oder eine Kombination von beiden vorteilhaft zu verwenden. Die Lichtschranke **20** dient im Wesentlichen der groben Ermittlung der Länge des Zerspanungswerkzeugs und der Definition eines Schutzbereichs um das Zerspanungswerkzeug, um die mögliche Kollision bei Fehlbedienung der Werkzeugschleifmaschine **1** auszuschliessen.

[0038] In [Fig. 3](#) ist die Messeinrichtung **17** gesondert veranschaulicht. Zu ihr gehört eine Beleuchtungseinheit **23** zur Erzeugung eines im Wesentlichen parallelen Lichtbündels, das von dem Zerspanungswerkzeug **W** mehr oder weniger abgeschattet wird, sowie ein optischer Sensor **24**, der das teilweise abgeschattete Lichtbündel auffängt. Während die Beleuchtungseinheit **23** an dem in [Fig. 1](#) linksseitigen Pneumatikzylinder gehalten und von diesem betätigt wird, wird der Sensor **24** von dem in [Fig. 1](#) rechtsseitigen Pneumatikzylinder **18** positioniert. Somit ist die Beleuchtungseinheit **23** unabhängig von dem optischen Sensor **24** von Messposition in Parkposition überführbar.

[0039] Die Beleuchtungseinheit **23** enthält eine Hälfte **20a** der Lichtschranke **20**, während der Sensor **24** eine andere Hälfte **20b** der Lichtschranke **20** enthält. Das Zerspanungswerkzeug **W** liegt im Lichtweg und unterbricht einen zwischen den Hälften **20a**, **20b** der Lichtschranke **20** laufenden Lichtstrahl.

[0040] Die Beleuchtungseinheit **23** weist zur Erzeugung des parallelen Lichtbündels ein Blendensystem **25** und ein Linsensystem **26** auf. Diese bilden einen Kollimator. Zur Lichterzeugung dient eine nahezu punktförmige Quelle **27**. Alternativ kann ein Laser als Beleuchtungseinheit dienen, dem eine Strahlaufweitung nachgeschaltet ist.

[0041] Zu dem Sensor **24** gehört eine CCD-Kamera **32**. Diese kann eine Zeilenkamera oder eine Matrixkamera sein. Vor der CCD-Kamera **32** ist eine telezentrische Optik **33** angeordnet, die eine pneumatische Blendensteuerung **34** aufweist. Die CCD-Kamera **32**, deren telezentrische Optik **33** und die Blendensteuerung **34** sind in einem kühlsmierstoff- und öldichten Schutzgehäuse **36** angeordnet, dessen Lichteintrittsöffnung von einem Schutzglas **37** verschlossen ist. Vor dem Schutzglas **37** sind Luftdüsen **38** angeordnet, mit denen vor dem Schutzglas **37** ein Luftstrom erzeugt wird. Dieser verhindert, dass Kühlschmierstoffspritzer an das Schutzglas **37** gelangen.

[0042] Die Messeinrichtung **17** ist alternativ für die Durchführung von Auflichtmessungen eingerichtet. Dazu ist eine Auflichtbeleuchtungseinrichtung **41** vorgesehen, die konzentrisch zu einer optischen Achse **O** angeordnet ist. Die optische Achse **O** ist parallel zu dem von der Beleuchtungseinheit **23** ausgesandten Lichtbündel und zugleich die optische Achse des Sensors **24**. Die Auflichtbeleuchtung **41** ist parallel zu der optischen Achse **O** von einer Parkposition **P** in eine Messposition **M** verstellbar. Dazu dient ein Pneumatikzylinder **42**, der die Auflichtbeleuchtung **41** mit einem das Gehäuse **36** tragenden Träger **43** verbindet.

[0043] Während die Beleuchtungseinheit **23** zur Beleuchtung des Werkstücks **W** im Streiflicht und somit

zur Erfassung ihrer Kantengeometrie dient, ist die Auflichtbeleuchtung **41** für die inneren Maße notwendig. Um eine hohe Lichtintensität zu erreichen, die zur Messung des Werkstücks W mit Auflicht erforderlich sein kann, weist die Auflichtbeleuchtung **41** eine Lichtfokussierung auf das Messobjekt (Werkzeug W) auf. Die Kombination von Auflicht- und Durchlichtmessung erlaubt die Ermittlung von nahezu allen qualitätsrelevanten Merkmalen des Werkzeugs. Die pneumatische Blendensteuerung **34** gestattet den Wechselbetrieb zwischen Durchlicht und Auflicht. Die Blendensteuerung **34** ist wie die gesamte Messeinrichtung **17** an die Steuereinrichtung **15** angeschlossen. Diese geht gesondert und schematisch aus [Fig. 4](#) hervor:

An eine zentrale elektronische Steuereinheit **51**, die von einem PC oder einem Mikrorechner μ c gebildet sein kann, ist die Werkzeugschleifmaschine **1** mit ihren einzelnen Organen, d.h. einem Taster oder Sensor, dem automatischen Lader **14** der CNC-Steuerung aller fünf Achsen, sowie ggfs. weiterer Einheiten wie Pumpen, Antriebsmotoren usw. angeschlossen. Zusätzlich übernimmt die Steuereinheit **51** Signale von dem optischen Sensor **24**, der Lichtschranke **20** und dem taktilen Sensor **19**. Von der Steuereinrichtung **51** werden außerdem die Blendensteuerung **34**, die Pneumatikeinheiten **42**, **18** und eine Beleuchtungssteuerung **52** gesteuert, die die Beleuchtungseinheit **23** und die Auflichtbeleuchtung **41** steuert.

[0044] Die insoweit beschriebene Werkzeugschleifmaschine **1** arbeitet wie folgt:

Der Lader **14** führt der Spanneinrichtung **5** zunächst einen Rohling zu, wie in [Fig. 5](#) schematisch veranschaulicht ist. Danach startet die Steuereinheit **51** ein Schleifprogramm, das werkzeugspezifisch vorgegeben ist. Das Schleifprogramm enthält alle Daten und Algorithmen, die zur Verstellung der Achsen der Werkzeugaufnahme **4** und des Schleifkopfs **8** erforderlich sind. Bei einer bevorzugten Ausführungsform wird der Schleifvorgang nicht in einem Zug durchlaufen. Wird bspw. eine Freifläche geschliffen, wird vor Beendigung des Schleifvorgangs eine Unterbrechung vorgenommen. Während der Schleifkopf **8** etwas von dem Werkstück W entfernt wird, werden die Achsen **18** angesteuert, so dass die Beleuchtungseinheit **23** und der Sensor **24** zu dem Werkstück W gelangen. Die Lichtschranke **20** dient dabei der Positionierung der Messeinrichtung **17**. Soll nun bspw. die die Freifläche begrenzende Schneidkante vermessen werden, bleibt die Auflichtbeleuchtung **41** in Parkposition und der Schatten der Schneidkante wird von der CCD-Kamera **32** registriert. Die Lage des Schattens und seine Bewegung bei langsamer Drehung des Werkzeugs W werden von Steuereinheit **51** ausgewertet und in Abmessungen bzw. Maße umgerechnet.

[0045] Soll jedoch eine Auflichtmessung durchgeführt werden, bspw. zur Vermessung von Flächen

oder Ausnehmungen, kann die Beleuchtungseinheit **23** in Parkposition verbleiben oder vorzeitig in diese zurückgefahren werden. Jedoch wird durch Ansteuerung des Pneumatikzylinders **42** die Auflichtquelle **41** aus ihrer Parkposition P in ihre Messposition M überführt, um die Lichtintensität an dem Messort auf ein hohes Maß zu erhöhen, und die Blendensteuerung **34** wird auf Auflichtmessung umgestellt.

[0046] Anhand der durchgeführten Messung werden in einem Block "Prozeßstatistik" einzelne charakteristische Messwerte, wie Sollwert und Toleranzen und Eingriffsgrenzen oder Messmerkmale bestimmt. In dem nächstfolgenden Funktionsblock "Nachsteuern?" geprüft. In diesem Funktionsblock werden die gemessenen und nachgerechneten, ggfs. statistisch nachbereiteten Messwerte, oder aus diesen ermittelte Rechenwerte mit den Eingriffsgrenzen verglichen. Liegen die Messwerte innerhalb dieser Eingriffsgrenzen, ist keine Nachstellung des Schleifvorgangs erforderlich und ein Fertigteil liegt vor. Falls nein, muss geprüft werden, ob ein Nachschleifen möglich ist. Dies ist nur bei Übermaß möglich, und bei diesem Fall muss das Teil erneut dem Schleifvorgang zugeführt werden. Bei Untermaß ist ein Ausschussteil erzeugt worden.

[0047] In dem Funktionsblock "Nachsteuern" wird der Schleifprozess nachgestellt und die Werkstückmaße werden in nachfolgenden Funktionsblöcken auf Toleranz geprüft.

[0048] Unabhängig davon, wie die Nachstellung des Schleifprogramms im Einzelnen abläuft, werden die durch Bildverarbeitung gewonnenen Messdaten aufgearbeitet, um Abweichungen der Messmerkmale vom Sollwert zu erkennen. Zur Stabilisierung des Regelsystems wird eine Korrektur der Schleifparameter (Nachsteuerung) nur dann durchgeführt, wenn die Eingriffsgrenzen überschritten werden. Eine kurzfristige Abweichung vom Sollwert kann auch durch eine mögliche Verschmutzung des Werkzeugs am Messort bedingt sein und hat deshalb nicht sofort eine Veränderung der Schleifparameter zur Folge.

[0049] Das Ergebnis der abschliessenden Messung entscheidet, ob ein Fertigungsschritt wiederholt werden muss, oder ob der Schleifprozeß beendet werden kann. Falls ein Fehler nicht durch eine erneute Bearbeitung korrigiert werden kann, wird das Teil automatisch als Ausschuss erkannt.

[0050] Es ist auch möglich, mit der Messeinrichtung **17** ein fertiggeschliffenes Werkzeug komplett zu messen, ohne die Schleifmaschine nachzusteuern. In diesem Fall werden die Ist-Werte erfasst und mit den Sollwerten und Toleranzen verglichen und grafisch/alphanumerisch dargestellt. Sie können auch protokolliert werden. Eine Nachsteuerung erfolgt in diesem Fall nicht.

[0051] Der Einsatz eines optisch/taktilen Nachsteuerungssensors ist nicht auf Schleifmaschinen beschränkt, sondern kann in nahezu allen NC gesteuerten Fertigungssystemen eingesetzt werden. Die vorhandenen Achsen werden zur Positionierung des Messobjekts zum Sensor benutzt. Bei der Zerspanungsmaschine **1** dient bspw. die Achse A dazu, eine Umfangsschneide des Zerspanungswerkzeugs durch das Bildfeld der CCD-Kamera **32** zu drehen. Dies stellt eine kostengünstige Möglichkeit dar, eine konstante Qualität der Fertigungsteile zu produzieren. Das Werkstück muss zur Vermessung weder ausgespannt werden, noch ist ein manueller Eingriff erforderlich. Dies ergibt einen automatischen Fertigungsablauf.

[0052] Die Verwendung eines optischen Sensors in Verbindung mit einem modularen Softwarepaket zur Bildauswertung erlaubt die Erfassung von allen Geometriemerkmalen wie Längendurchmesser und Winkel, sowie Formmerkmalen. Der berührungslos messende optische Sensor gemäß [Fig. 3](#) ist besonders geeignet für empfindliche Messobjekte und daher aufgrund des Einbaus in ein robustes Schutzgehäuse **36** in vielen Fällen einsetzbar.

[0053] Bei normalem Messbetrieb sind beide Pneumatikzylinder **18** ausgefahren und das Messobjekt befindet sich zwischen dem Sensor **24** und der Beleuchtungseinheit **23**. Durch Bewegung der X-, Y-, Z- und A-Achse der Werkzeugschleifmaschine **1** kann das Werkzeug W in allen Richtungen in das Messfenster der Kamera **32** positioniert werden. Zur Erfassung der Stirnseite des Messobjekts (Werkzeug W) kann der Pneumatikzylinder **18** der Durchlicht-Beleuchtungseinheit **23** eingefahren und die C-Achse um 90° geschwenkt werden. Der Sensor **24** bleibt dabei am Platz. Somit erfasst die Kamera **22** die vollständige Oberfläche des Werkzeugs, d.h. seine Umfangsfläche sowie seine Stirnfläche. Nach Durchführung der Messung kann auch der Pneumatikzylinder **18** des Sensors **24** wieder eingefahren werden und der Schleifvorgang wird fortgesetzt. Es kann ein ständiger Wechselbetrieb zwischen Messen und Schleifen durchgeführt werden, wobei jeder Fertigungsschritt ggfs. voll automatisch überwacht werden kann. Am Ende des Schleifprozesses kann eine vollständige Messung des Werkstücks (Zerspanungswerkzeug) als Endkontrolle dienen. Jedoch können die Messungen bedarfsweise auch auf die Endkontrollen oder auch nur auf Stichproben beschränkt werden.

[0054] Die Einzelmessungen können, wenn unterschiedliche Formelemente des Zerspanungswerkzeugs W nacheinander geschliffen werden, auf Teilmessungen beschränkt werden. Wird bspw. zunächst eine Spanfläche geschliffen, kann die Prozessüberwachung in diesem Bearbeitungsschritt auf das Nachmessen dieser Fläche beschränkt werden. Ent-

sprechendes gilt für die Bearbeitung anderer Flächen und Kanten.

[0055] Bei einer Werkzeugschleifmaschine **1** ist zur Überwachung der Prozessführung eine Messeinrichtung **17** vorgesehen, die vorzugsweise als kombiniertes Durchlicht-Auflichtmesssystem ausgebildet ist. Dieses ermöglicht sowohl die präzise Erfassung von Kanten, bspw. Schneidkanten im Streif- oder Durchlichtmessverfahren, als auch die Vermessung von Flächen und Vertiefungen im Auflichtverfahren. Die automatische Kontrollmessung mittels dieses Messsystems **17** gestattet es der angeschlossenen Steuereinrichtung **15**, die Prozessparameter für den Schleifvorgang automatisch nachzustellen, so dass Maßänderungen infolge von Temperaturdrift, mechanischen Ungenauigkeiten der Mechanik der Schleifmaschine oder Schleifscheibenverschleiß automatisch ausgeglichen werden. Dies ermöglicht eine Fertigung von größeren Losen innerhalb sehr enger Toleranzen und mit hoher Präzision.

Patentansprüche

1. Vorrichtung (**1**) zum spanenden Bearbeiten, vorzugsweise Schleifen von Werkstücken, insbesondere Zerspanungswerkzeugen, mit einer Bearbeitungseinrichtung (**8**), die wenigstens ein Bearbeitungsmittel (**11**, **12**) und ein Stellmittel (Y-Achse, Z-Achse) aufweist, mit dem das Bearbeitungsmittel (**8**) und/oder das Werkstück in Bezug aufeinander positionierbar sind, mit einer Steuereinrichtung (**15**), die mit dem Stellmittel verbunden ist und dieses anhand eines Schleifprogramms sowie anhand von Daten zur Erzeugung einer vorgegebenen Form an einer Serie gleicher aufeinander folgender Werkstücke ansteuert, mit einer Messeinrichtung (**17**), die mit der Steuereinrichtung (**15**) verbunden ist, mit der eine Messung an dem Werkstück (W) ausführbar ist, wobei die Steuereinrichtung (**15**) derart beschaffen ist, dass sie anhand der Messung zur Bearbeitung nachfolgender Werkstücke eine Korrektur der Ansteuerung des Stellmittels durch eine Änderung der Daten oder durch Bereitstellung eines Korrekturdatensatzes vornimmt.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Bearbeitungseinrichtung (**8**) wenigstens einen Schleifkopf mit ein oder mehreren Schleifscheiben (**11**, **12**) aufweist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zu dem Stellmittel (Y-Achse, Z-Achse) mehrere voneinander unabhängig ansteuerbare Achsen mit Antrieben gehören, die von der Steuereinrichtung ansteuerbar sind.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Werkstück (W) in einer Hal-

teeinrichtung (4, 5) gehalten ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Halteeinrichtung (4, 5) eine Verstelleinrichtung (A-Achse) aufweist, mittels derer das Werkstück (W) in Richtung ein oder mehrerer Achsen bewegbar und/oder um ein oder mehrere Achsen drehbar ist, wobei die Verstelleinrichtung (A-Achse) von der Steuereinrichtung steuerbar ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Messeinrichtung (17) von einer Positioniereinheit (18) getragen ist, mittels derer die Messeinrichtung (17) wenigstens in einer Richtung (Y-Achse) linear und/oder schwenkend bewegbar ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Messeinrichtung (17) eine berührungslose, vorzugsweise eine optische Messeinrichtung ist, die nach dem Auflicht- und/oder Durchlichtprinzip arbeitet.

8. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Messeinrichtung (17) wahlweise nach dem Auflicht- und dem Durchlichtprinzip arbeitet und zwischen beiden Betriebsarten umschaltbar ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung (15) den Bearbeitungsvorgang anhand eines vorgegebenen Bearbeitungsmusters, d.h. einer Vorgabe (Programm, Tabelle, usw.) eigenständig ausführt und dass sie für den Bearbeitungsvorgang wenigstens eine Messung zur Überprüfung der Einhaltung der Vorgabe ausführt.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung (15) bei Feststellung einer Abweichung zwischen der Vorgabe und der Messung für das aktuelle Werkstück wenigstens dann eine Nachsteuerung vornimmt, wenn eine zulässige Toleranz zunächst überschritten ist und mit der Nachsteuerung die Toleranz erreichbar ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung (15) bei Feststellung einer Abweichung zwischen der Vorgabe und der Messung eine Nachsteuerung für das in der Bearbeitungsabfolge nächste Werkstück vornimmt, wenn eine zulässige Toleranz zunächst überschritten ist und mit der Nachsteuerung die Toleranz nicht mehr erreichbar ist.

12. Verfahren zum Bearbeiten, vorzugsweise zum automatischen Schleifen von Werkstücken, vorzugsweise Zerspanungswerkzeugen, wobei die Bearbeitung der Werkstücke durch eine

steuerbare Bearbeitungseinrichtung von einer Steuereinrichtung durch ein Bearbeitungsprogramm gesteuert durchgeführt und gesteuert von dieser Steuereinrichtung unterbrochen wird, wobei in der entstehenden Bearbeitungspause gesteuert von der Steuereinrichtung mittels einer Messeinrichtung wenigstens eine Messung durchgeführt wird und wobei das Bearbeitungsprogramm anhand der durchgeführten Messung für die weitere Bearbeitung von nachfolgenden Werkstücken nachgesteuert wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Bearbeitung von Werkstücken von der Steuereinrichtung lediglich stichprobenhaft unterbrochen und somit nur für einige der zu bearbeitenden Werkstücke eines Loses eine Messung vorgenommen wird.

14. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Messung nach Beendigung des Bearbeitungsvorgangs vorgenommen wird und dass das Werkstück anhand der Messung als Fertigteil oder als außerhalb der Toleranz liegendes Werkstück eingeordnet wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass bei außerhalb der Toleranz liegenden Werkstücken überprüft wird, ob ein Nachbearbeitungsvorgang möglich ist und dass, falls ein solcher möglich ist, unmittelbar im Anschluss an die Messung ein Nachbearbeitungsvorgang begonnen wird.

16. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Messung insbesondere die Geometrie von an dem Werkstück auszubildenden Schneidkanten und gegebenenfalls sich anschließender Fläche vorgenommen wird.

17. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bestimmung und Auffindung der Axialposition und der Radialposition des als Werkstück dienenden Zerspanungswerkzeugs eine berührungslos, vorzugsweise optisch arbeitende Messeinrichtung verwendet wird.

18. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass zur Relativpositionierung und Bewegung des Werkstücks und der Messeinrichtung vor und während der Messung Achsen genutzt werden, die für das Werkstück vorgesehen sind, wobei die Messeinrichtung während der Messung vorzugsweise in Ruhe verbleibt.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

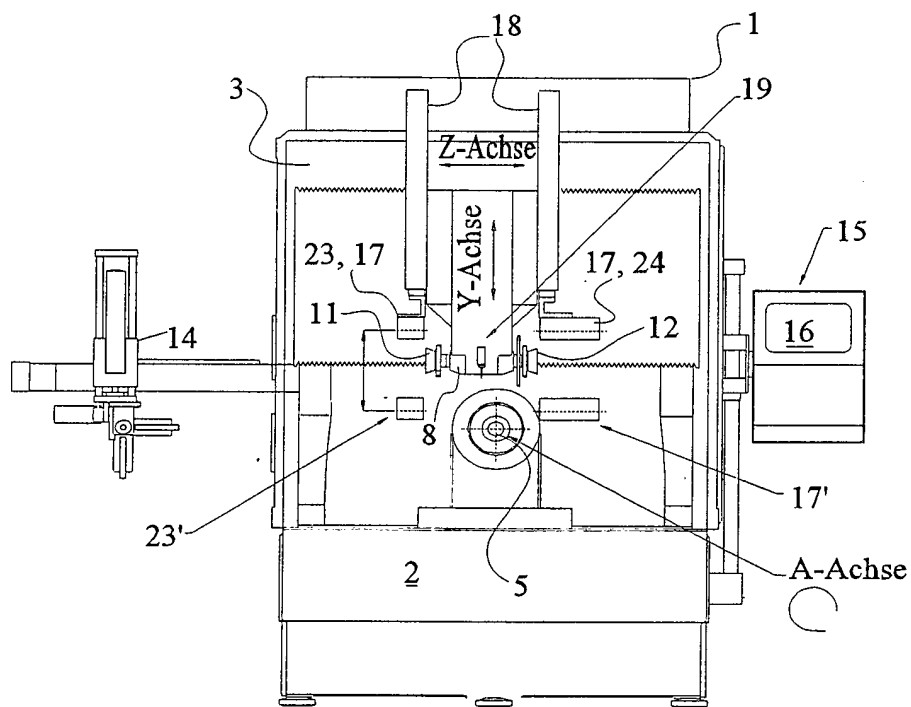


Fig. 1

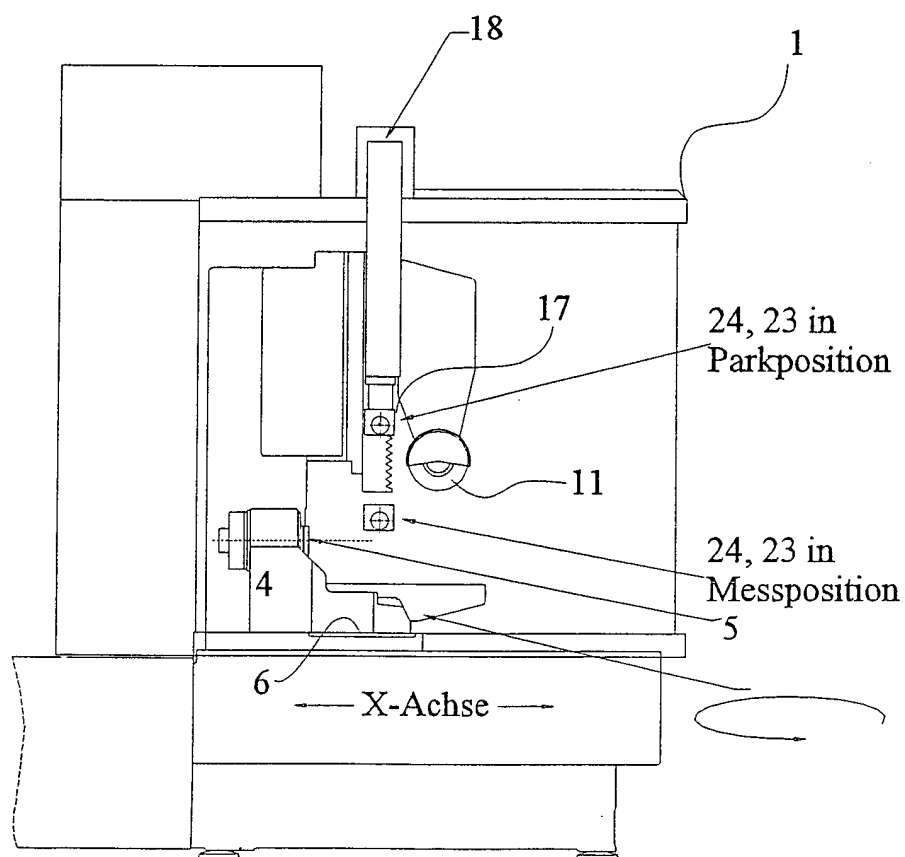


Fig. 2

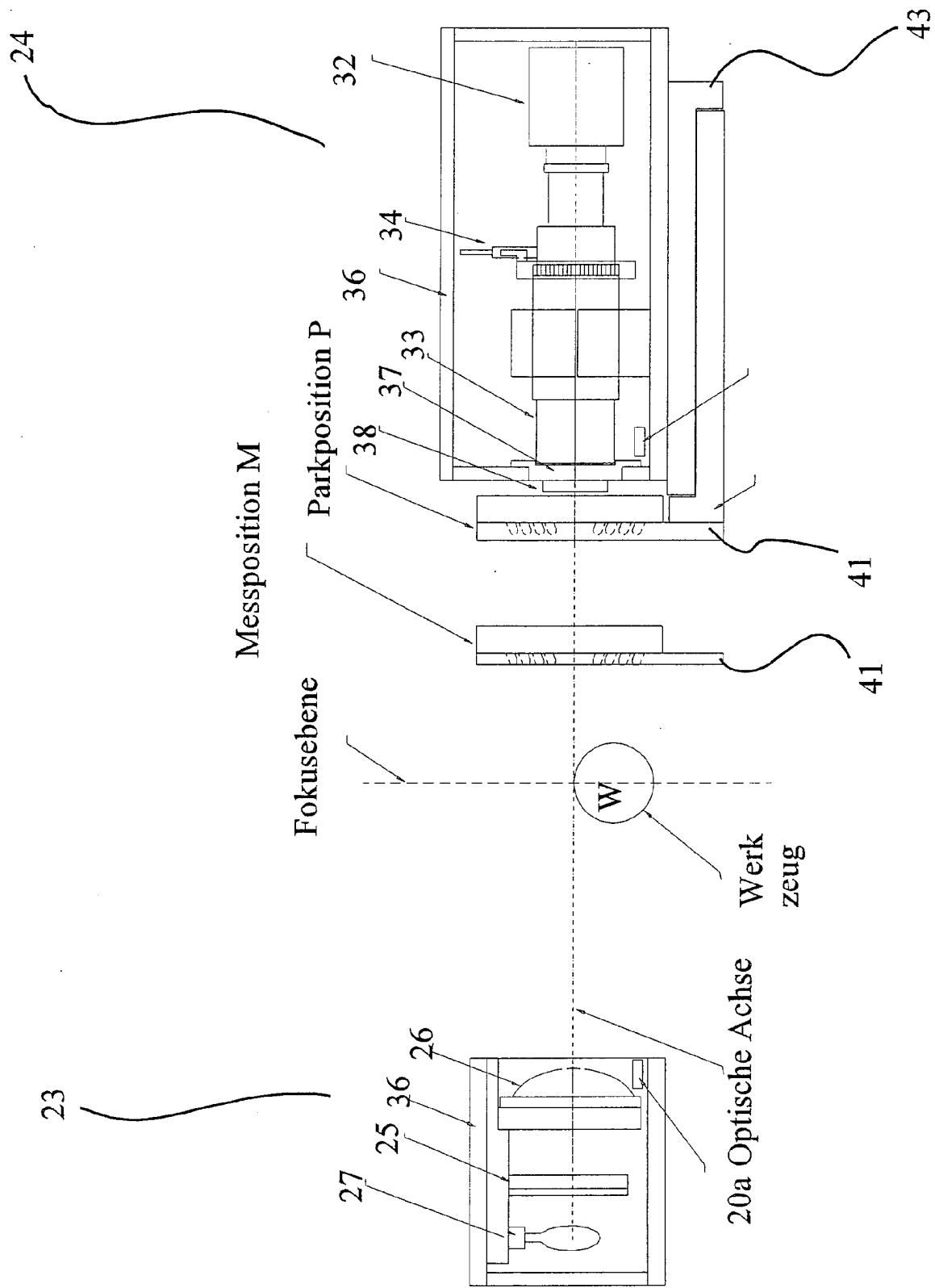


Fig. 3

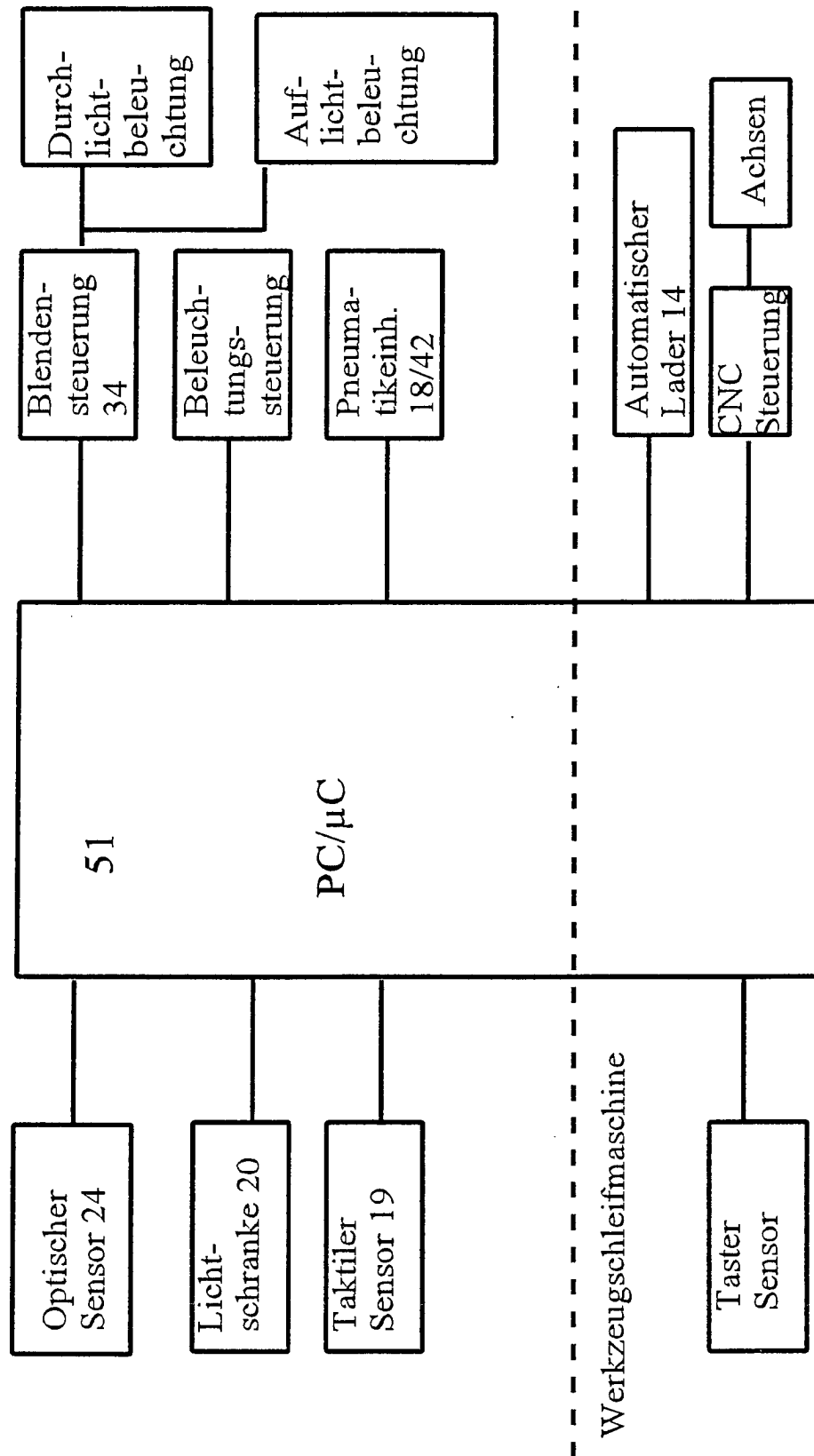


Fig. 4

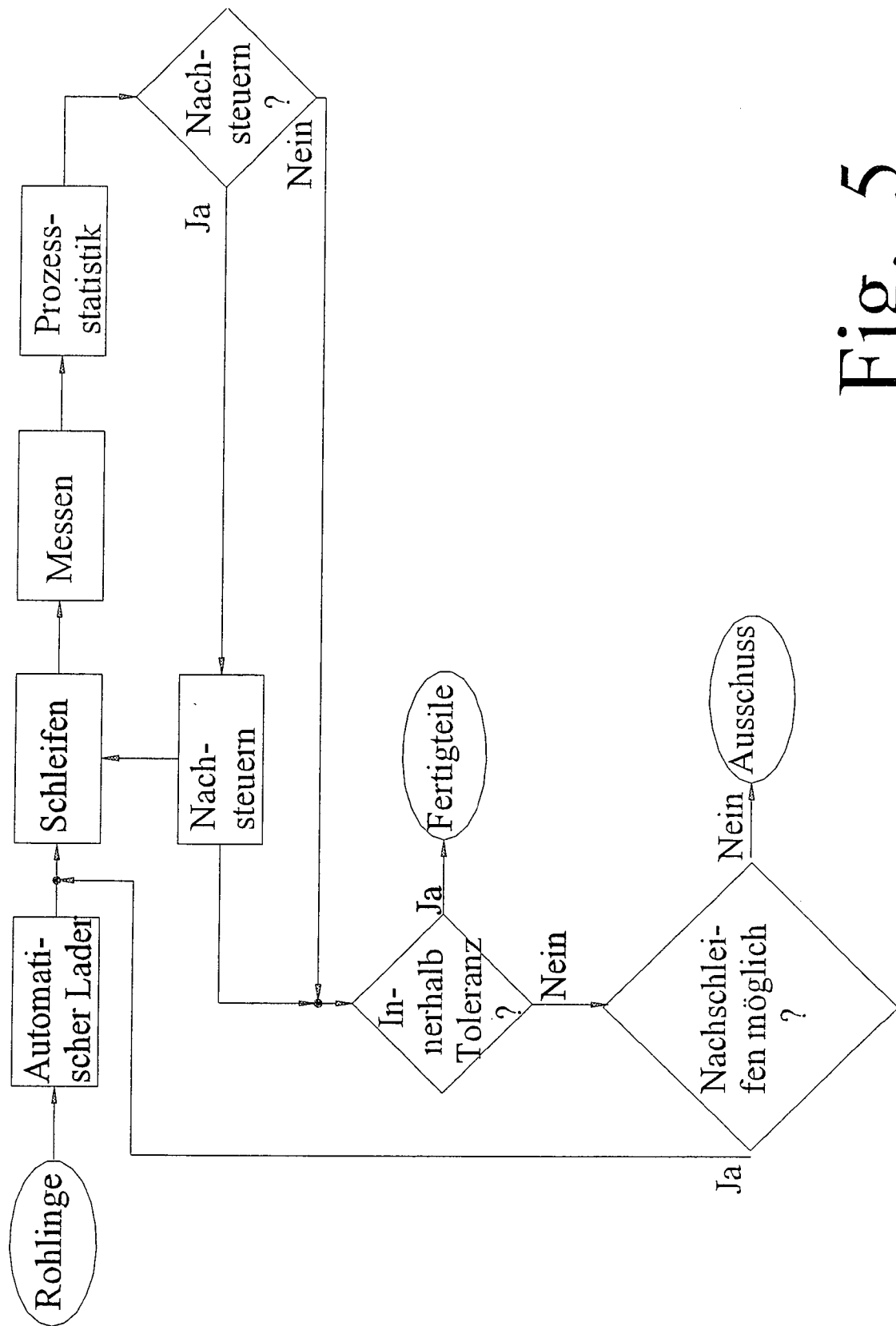


Fig. 5