



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 696 33 021 T2** 2005.07.21

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 870 265 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **696 33 021.0**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US96/08042**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **96 916 791.5**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 96/038802**

(86) PCT-Anmeldetag: **30.05.1996**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **05.12.1996**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **14.10.1998**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **28.07.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **21.07.2005**

(51) Int Cl.⁷: **G06F 19/00**
G06G 7/64, G05B 19/4069

(30) Unionspriorität:
460674 02.06.1995 US

(73) Patentinhaber:
Sunnen Products Co., St. Louis, Mo., US

(74) Vertreter:
v. Fünér Ebbinghaus Finck Hano, 81541 München

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

(72) Erfinder:
LUECK, W., Keith, Fenton, US

(54) Bezeichnung: **GERÄT FÜR DIE KONTINUIERLICHE ANZEIGE VON PARAMETERN WÄHREND EINES BEARBEITUNGSVORGANGS**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Diese Erfindung bezieht sich allgemein auf eine Anzeigevorrichtung für das Überwachen eines Werkzeugmaschinenverfahrens und insbesondere auf eine graphische Anzeigevorrichtung für das Überwachen und Ermöglichen einer besseren Steuerung des Profils einer Werkstückfläche, wenn diese spanabhebend bearbeitet wird.

[0002] Eine Anzeigevorrichtung des Typs, auf den Bezug genommen wird, die detaillierter im Oberbegriff des Anspruchs 1 beschrieben ist, ist aus der EP-A-0 442 059 bekannt. Die Erfindung bezieht sich weiter auf ein Verfahren zur Anzeige der Last einer Maschine auf einer Anzeigevorrichtung, wobei die EP-A-0 442 059 ein Verfahren dieses Zwecks beschreibt, bei dem eine Last an der Maschine gemessen wird, wenn Material von der Werkstückfläche entfernt wird, wobei die tatsächliche Position des Werkzeugs gemessen wird, und wobei die Last über der tatsächlichen Position des Werkzeugs fortlaufend auf einem Sichtanzeigergerät angezeigt wird. Eine ähnliche Vorrichtung und ein ähnliches Verfahren sind in den PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, Band 010, Nr. 045 (P-430), 21. Februar 1986 & JP-A-60 189010 offenbart.

[0003] Es gibt viele Vorrichtungen für das spanabhebende Bearbeiten von Oberflächen von Werkstücken, wobei diese Schleifmaschinen und Honmaschinen einschließen. Bei vielen Anwendungen ist es wünschenswert, ein Werkzeug an solche Oberflächen anzulegen, um Material von den Oberflächen zu entfernen, bis eine spezielle Kontur oder ein spezielles Profil, wie eine zylindrische Kontur im Falle des Honens von Motorblockzylindern, erreicht ist.

[0004] Einige Werkzeugmaschinen umfassen graphische Anzeigen der augenblicklichen Maschinenlast, wie bei der Anzeige, die in der US-A-4 887 221, die auf den Anmelder der vorliegenden Anmeldung übertragen wurde, offenbart ist. Die angezeigte Last ist die Last am Werkzeugmaschinenmotor und sie wird typischerweise entweder in analoger oder digitaler Form auf einer Prozentskala, die von null bis einhundert Prozent reicht, angezeigt, wobei die einhundert Prozent eine empfohlene maximale Last des Werkzeugmaschinenmotors darstellen. Einige Anzeigen weisen auch Indikatoreinrichtungen, wie ein blinkendes Licht, für die Signalisierung, wenn ein Ende einer Hubbewegung erreicht wurde, auf. Wie unten beschrieben wird, hat jedoch keine der vorher erwähnten Anzeigen eine ausreichende Information geliefert, um es Bedienpersonen der Werkzeugmaschine zu erlauben, die Kontur oder das Profil einer Werkstückfläche, wenn diese spanabhebend bearbeitet wird, in einfacher Weise zu bestimmen.

[0005] Die augenblickliche Last des Werkzeugma-

schinenmotors wird sich ändern, wenn sich das Profil der Werkstückfläche ändert. Beispielsweise trifft beim Honen, wenn enge Stellen oder axiale Bohrbereichsgebiete, die einen kleineren Durchmesser als der Rest der Bohrung aufweisen, gehont werden, das Honwerkzeug auf mehr Widerstand stoßen und somit mehr Leistung fordern, um die enge Stelle zu durchqueren. Wenn das Honwerkzeug einen Bereich mit einem kleineren Durchmesser hont, ist somit die augenblickliche Last des Honmotors höher als wenn das Honwerkzeug Bereiche der Bohrung mit größerem Durchmesser hont. Somit ist die angezeigte augenblickliche Last höher, wenn das Honwerkzeug die Bohrbereichsgebiete mit kleinerem Durchmesser hont. In ähnlicher Weise wird bei anderen Typen von Vorgängen bei Werkzeugmaschinen, wie beim Schleifen, die Werkzeugmaschinenlast sich mit dem Profil der spanabhebend bearbeiteten Werkstückfläche ändern.

[0006] Wenn Werkzeugmaschinen, die die vorher erwähnten Anzeigen aufweisen, betrieben werden, müssen die Bedienpersonen der Maschine sowohl die augenblickliche Last als auch die Hubposition getrennt überwachen, um zu bestimmen, wo sich das Profil der Werkstückfläche ändert. Die Bedienpersonen nehmen dann eine Kompensation bei solchen Änderungen des Profils vor. Insbesondere beim Honen ändert die Bedienperson den Ort des Werkstücks in Bezug auf das Honwerkzeug durch das Bewegen des Werkstücks entlang der Hubachse oder durch das Bewegen des Honwerkzeugs entlang der Hubachse, um zu bewirken, dass ein vermehrtes Honen an den Bereichen der Bohrung mit kleinerem Durchmesser stattfindet. Bei einigen Maschinen kann die Bedienperson auch die Hublänge variieren. Weiterhin kann die Bedienperson die Hubaktion des Honwerkzeugs anhalten oder zum Stillstand bringen, während sich das Werkzeug in Bereichen mit kleinerem Durchmesser befindet, so dass von diesen Bereichen mehr Material entfernt wird. Somit kann die Bedienperson das Honen steuern, um das gewünschte zylindrische Bohrungsprofil zu erzielen.

[0007] Es existieren Probleme bei dieser augenblicklichen Lastanzeige und der Steuerung durch die Bedienperson. Beispielsweise kann die detaillierte Beobachtung, die von der Bedienperson der Maschine gefordert wird, um getrennt sowohl die augenblickliche Last als auch die Hubposition zu beobachten, zu Fehlern oder Variationen der Profile der Werkstückfläche in Abhängigkeit von der variierenden Fertigkeit, Erfahrung und Aufmerksamkeit der Bedienpersonen führen. Weiterhin weisen viele Werkzeugmaschinen nur einen einzigen Motor für das Bewirken der Rotationsbewegung und der Hubbewegung des Werkzeugs auf. Bei diesen Maschinen mit nur einem einzigen Motor kann die Leistung, die erforderlich ist, um die Hubrichtung des Werkzeugs umzukehren, mit einem Hochlastpunkt auf der Anzeige der

augenblicklichen Last zusammenfallen und sie kann fälschlich als eine Profiländerung der Werkstückfläche verstanden werden. Somit müssen die Bedienpersonen der Maschine lernen, zwischen Hochlastmessungen, die durch das Ändern der Hubrichtung verursacht werden, und solchen, die durch Änderungen im Profil der Werkstückfläche verursacht werden, zu unterscheiden. Aufgrund dieser Schwierigkeiten ist es für die Bedienpersonen nicht leicht, eine Einstellung auf neue oder andere Werkzeugmaschinen vorzunehmen. Somit tragen das Geschick der Bedienperson und die Größe der Aufmerksamkeit der Bedienperson und ihrer Erfahrung wesentlich zu den Kosten der spanabhebenden Bearbeitung von Werkstücken und zur Genauigkeit und Gleichförmigkeit der hergestellten Teile bei.

[0008] In letzter Zeit hat man bei der Arbeitsplatzumgebung einen Trend zum Multitasking beobachten können. Mehr und mehr muss jeder Arbeiter mehr als eine Aufgabe in einer speziellen Arbeitsumgebung erlernen und durchführen, um die Gesamteffizienz des Arbeitsplatzes zu erhöhen. Die oben beschriebenen Werkzeugmaschinen des Stands der Technik erleichtern durch die Schwierigkeit, die sich beim Erlernen der Bedienung der Werkzeugmaschinen ergibt, und die Schwierigkeit, die beim Erzielen einer Gleichförmigkeit von Werkstücken bei verschiedenen Bedienpersonen der Maschine existiert, diesen Trend nicht.

[0009] Somit ist es wünschenswert und vorteilhaft, eine Werkzeugmaschine zu liefern, die es einer Bedienperson der Maschine ermöglicht, das Profil einer Werkstückfläche, die spanabhebend bearbeitet wird, auf einfache Art zu bestimmen. Es ist auch wünschenswert und vorteilhaft, eine Werkzeugmaschine zu liefern, die die Wahrscheinlichkeit für nicht korrekte oder variierende Profile der Werkstückfläche wirksam reduziert.

[0010] Eine Hauptaufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Werkzeugmaschinenanzeige des Profils einer Werkstückfläche, wenn diese spanabhebend bearbeitet wird, zu liefern.

[0011] Eine andere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, die Zeit und die Kosten, die mit der Ausbildung von Bedienpersonen der Werkzeugmaschine verbunden sind, zu reduzieren.

[0012] Eine andere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine graphische Anzeige der Werkzeugmaschine, die das Profil einer Werkstückfläche, wenn diese spanabhebend bearbeitet wird, darstellt, zu liefern.

[0013] Eine andere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Werkzeugmaschine, die ein Hub- und Rotationswerkzeug aufweist, wobei die

Werkzeugrotation durch einen Spindelmotor, der unabhängig von der Hubbewegung des Werkzeugs ist, bewirkt wird, bereit zu stellen.

[0014] Eine andere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin eine graphische Anzeige einer Werkzeugmaschine, die fortlaufend die Hubposition auf einer Achse und die Werkzeugmaschinenlast auf einer Achse rechtwinklig zur Achse der Hubposition anzeigt, zu liefern.

[0015] Eine andere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine graphische Anzeige einer Werkzeugmaschine, die fortlaufend die Werkzeugposition auf einer ersten Achse als eine Funktion der Werkzeugmaschinenlast auf einer zweiten Achse rechtwinklig zur ersten Achse und ein Spiegelbild der Beziehung um eine dritte Achse, die parallel zur ersten Achse verläuft, anzeigt, so dass das Werkstückflächenprofil angezeigt wird, zu liefern.

[0016] Diese Aufgabe werden gemäß der Erfindung durch die Merkmale, die im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 beschrieben sind, und durch das Verfahren, wie es in Anspruch 14 beschrieben ist, gelöst.

[0017] Bevorzugte Ausführungsformen und weitere Entwicklungen der Vorrichtung und des Verfahrens der Erfindung sind in den Ansprüchen 2 bis 13 beziehungsweise 15 bis 32 beschrieben.

[0018] Die Vorrichtung der vorliegenden Erfindung ist in einer Ausführungsform eine Werkzeugmaschinenanzeigevorrichtung, die eine fortlaufende Anzeige einer graphischen Darstellung eines Werkstückflächenprofils während der spanabhebenden Bearbeitung der Werkstückfläche in Echtzeit liefert. Die Werkzeugmaschine umfasst einen Positionssensor, der eine Position eines Werkzeugs in Bezug auf die Werkstückfläche misst, und einen Lastsensor, der eine Werkzeuglast, wie eine Last an einem Motor, misst. Sowohl der Positionssensor als auch der Lastsensor sind mit einer Verarbeitungsvorrichtung, wie einem Mikroprozessor, der mit einem Sichtanzeigerät, das Information in einem Zweikoordinatensystem anzeigen kann, verbunden ist und dieses steuert, verbunden. Die Verarbeitungsvorrichtung koordiniert die Daten, die vom Positionssensor und Lastsensor empfangen werden und sendet ein Ausgangssignal an das Sichtanzeigerät, so dass die gelieferte Anzeige eine fortlaufende Anzeige der Last als einer Funktion der Position ist, wobei die Last auf einer Achse über der Werkzeugposition auf einer Achse rechtwinklig zur Lastachse dargestellt wird. Die sich ergebende graphische Darstellung stellt ein Querschnittsprofil der Werkstückfläche, wenn diese spanabhebend bearbeitet wird, dar.

[0019] Die vorliegende Erfindung ermöglicht es ei-

ner Bedienperson der Werkzeugmaschine, das Profil einer Werkstückfläche, wenn diese spanabhebend bearbeitet wird, in einfacher Weise zu bestimmen. Weiterhin weist die vorliegende Erfindung viele Vorteile gegenüber Werkzeugmaschinen und Anzeigevorrichtungen des Stands der Technik, wie eine größere Leichtigkeit, mit der eine Bedienperson das Werkstückflächenprofil bestimmen kann, eine größere Genauigkeit bei der Vornahme solcher Bestimmungen, eine Erhöhung der Gleichförmigkeit der spanabhebend bearbeiteten Werkstücke und eine Reduktion des Ausmaßes der Geschicklichkeit, der Erfahrung und der Ausbildungszeit, das für die Bedienpersonen der Werkzeugmaschine notwendig ist, auf. Diese Vorteile werden aus der Beschreibung der vorliegenden Erfindung im Kontext eines Honvorgangs deutlich.

[0020] Die Anzeigevorrichtung der vorliegenden Erfindung ist für eine Verwendung in Honmaschinen gut geeignet. Es wird jedoch erwogen, dass die Anzeigevorrichtung der vorliegenden Erfindung bei verschiedenen Typen von Werkzeugmaschinen nützlich ist und in solche Maschinen eingefügt werden kann.

[0021] Beim Honen wird ein Honwerkzeug, das am Ende eines Spindelarms angeordnet ist, gleichzeitig innerhalb einer Bohrung gedreht und axial entlang der Länge der Bohrung hin und her bewegt. Wenn das Honwerkzeug sich dreht und axial hin und her bewegt, so greift es auch in die Innenfläche der Bohrung ein und entfernt Material von dieser. Es sind zwei Motoren vorgesehen. Ein Hubmotor für den Antrieb der axialen Hubbewegung des Honwerkzeugs und ein Spindelmotor für den Rotationsantrieb des Honwerkzeugs. Diese getrennte Motorkonfiguration ermöglicht es, dass die Leistung oder Last, die mit der Drehung des Honwerkzeugs in Verbindung steht, von der Leistung oder Last, die mit der Hubbewegung des Honwerkzeugs in Verbindung steht, zu isolieren.

[0022] Beim vertikalen Honen liefert die Anzeigevorrichtung der vorliegenden Erfindung eine fortlaufende Anzeige der gemessenen Spindelmotorlast über der gemessenen axialen Hubposition in Echtzeit. Der Positionssensor misst die axiale Position des Honwerkzeugs innerhalb der Bohrung und der Lastsensor misst die Last am Spindelmotor. Verschiedene bekannte Positionsmessvorrichtungen und Lastmessvorrichtungen können für diese Zwecke verwendet werden. Jeder Sensor ist mit dem Mikroprozessor oder einem anderen Anzeigesteuerelement, der oder das die Daten, die von den zwei Sensoren empfangen werden, koordiniert und das Sichtanzeigegerät steuert, verbunden. Der Mikroprozessor ist programmiert, das Sichtanzeigegerät anzusteuern, um die Spindelmotorlast auf einer horizontalen Achse über der axialen Hubposition auf einer vertikalen Achse als auch ein Spiegelbild der Beziehung um eine zweite vertikale Achse anzuzeigen. Die sich

ergebende graphische Anzeige stellt ein Querschnittsprofil der Bohrung, wenn diese gehont wird, dar.

[0023] Die Bedienpersonen der Maschine können die graphische Anzeige während eines Honens verwenden, um ein vorbestimmtes Endprofil der Bohrung auf einfache Weise zu erzielen. Wenn beispielsweise ein Motorblockzylinder, bei dem das gewünschte Endprofil des Zylinders zylindrisch ist, gehont wird, so werden Bereiche des Zylinders mit einem kleineren Durchmesser in der graphischen Anzeige dargestellt, so dass die Bedienperson der Maschine diese leicht erkennen kann. Weiterhin ändert sich die Anzeige fortlaufend in Echtzeit, wenn sich das Honwerkzeug hin und her bewegt, so dass die Bedienperson die axiale Position des Honwerkzeugs durch das Betrachten der Anzeige erkennt. Die Bedienperson der Maschine stellt dann die axiale Position des Motorblocks ein, sie stellt die Hubbewegung des Honwerkzeugs ein, oder sie hält die axiale Hubbewegung des Honwerkzeugs in Bereichen der Bohrung mit einem kleineren Durchmesser an. Durch das so vorgenommene Steuern des Honens bewirkt die Bedienperson, dass zusätzliches Material von der Innenfläche der Bohrung in den Bereichen mit kleinerem Durchmesser entfernt wird. Der Durchmesser des Bereichs wird dadurch erhöht, was zu einem konsistenteren Durchmesser entlang der axialen Länge der Bohrung führt, wobei dieser entsprechend in der Anzeige widerspiegelt wird. Die graphische Anzeige erleichtert die Bedienung der Maschine und erhöht auch die Fähigkeit der Bedienperson der Maschine, das vorbestimmte Endprofil der Bohrung zu erhalten.

[0024] Es wird erwogen, dass die Anzeigevorrichtung in Vertikalhonmaschinen, in Horizontalhonmaschinen, Vertikalschleifmaschinen, Horizontalschleifmaschinen und andere Werkzeugmaschinen, bei denen die Bestimmung des Profils der Werkstückfläche eines Werkstücks wünschenswert ist, eingefügt werden kann. Es sollte verständlich sein, dass in einigen Anwendungen der vorliegenden Erfindung es wünschenswert sein kann, die graphische Anzeige umzukehren, so dass die Last auf der vertikalen Achse und die Position auf der horizontalen Achse dargestellt wird. Weiterhin kann eine computergesteuerte Maschine programmiert werden, um automatisch auf die Lastsensordaten und die Positionssensordaten anzusprechen, um das vorbestimmte Endprofil der Werkstückfläche zu erzielen.

[0025] Die Vorteile der vorliegenden Erfindung werden für Fachleute nach der Betrachtung der folgenden Beschreibung in Verbindung mit den begleitenden Zeichnungen deutlich werden.

[0026] [Fig. 1](#) ist ein Querschnittsprofil einer Bohrung in einem Werkstück.

[0027] [Fig. 2A](#) ist eine Darstellung einer Anzeige des Stands der Technik der augenblicklichen Last an einer ersten axialen Bohrungsposition der [Fig. 1](#).

[0028] [Fig. 2B](#) ist eine Darstellung einer Anzeige des Stands der Technik der augenblicklichen Last an einer zweiten axialen Bohrungsposition der [Fig. 1](#).

[0029] [Fig. 2C](#) ist eine Darstellung einer Anzeige des Stands der Technik der augenblicklichen Last an einer dritten axialen Bohrungsposition der [Fig. 1](#).

[0030] [Fig. 3](#) ist eine Darstellung einer Anzeige gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0031] [Fig. 4](#) ist eine Darstellung einer Anzeige gemäß einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0032] [Fig. 5](#) ist eine vereinfachte Darstellung einer typischen Vertikalhonmaschine.

[0033] [Fig. 6](#) ist ein grobes Blockdiagramm einer Implementierung der Anzeigevorrichtung der vorliegenden Erfindung.

[0034] [Fig. 7A](#) ist eine Darstellung einer ersten Implementierung der Anzeigevorrichtung der vorliegenden Erfindung beim Einsatz in einer Vertikalhonmaschine.

[0035] [Fig. 7B](#) ist eine Darstellung einer zweiten Implementierung der Anzeigevorrichtung der vorliegenden Erfindung beim Einsatz in einer Vertikalhonmaschine.

[0036] [Fig. 8A](#) ist ein Flussdiagramm des Mikroprozessors.

[0037] [Fig. 8B](#) ist ein Flussdiagramm der Mikroprozessorsteuerung des Sichtanzeigeräts.

[0038] Die vorliegende Erfindung betrifft eine neue Anzeigevorrichtung für die Verwendung in unterschiedlichen Typen von Werkzeugmaschinen, die Honmaschinen und Schleifmaschinen einschließen. In der Beschreibung der vorher erwähnten Zeichnungen wird die Anzeigevorrichtung in Bezug auf ihre Anwendung bei Honmaschinen und insbesondere Vertikalhonmaschinen, die verwendet werden, um Bohrungen, wie Motorblockzylinder, zu honen, beschrieben. Die Anwendung der vorliegenden Erfindung bei einer Vertikalhonmaschine soll zur Erläuterung dienen.

[0039] [Fig. 1](#) zeigt eine Querschnittsansicht eines Motors, der eine Zylinderbohrung **10** mit einer vertikalen Achse **12** aufweist. Eine Innenfläche der Bohrung **10** wird durch die Profilseitenwände **14** und **16**

dargestellt. Ein gewünschtes Endprofil der Bohrung **10** ist zylindrisch, wobei die Seitenwände **14** und **16** im wesentlichen parallel sind. Wie jedoch dargestellt ist, so läuft die Bohrung **10** von einer oberen Fläche **18** zu einer unteren Fläche **20** spitz zu, wobei sie einen größeren Durchmesser nahe der oberen Fläche **18** als nahe der unteren Fläche **20** aufweist. Die Größe der Verjüngung ist für ein leichteres Verständnis übertrieben dargestellt. Drei Positionen entlang der axialen Länge der Bohrung **10** sind mit **22**, **23** und **26** bezeichnet, wobei die erste Position **22** einen größeren Durchmesser als die zweite Position **24** aufweist, und die zweite Position **24** einen größeren Durchmesser als die dritte Position **26** aufweist. Während des Honens ist es wünschenswert, Material von der Bohrungsinnenfläche zu entfernen, so dass die ersten, zweiten und dritten axialen Positionen **22**, **24** und **26** jeweils denselben Durchmesser aufweisen, wenn das Honen beendet ist. Um dieses Endprofil zu erzielen, muss mehr Material von Bohrungspositionen mit kleinerem Durchmesser als von Bohrungspositionen mit größerem Durchmesser entfernt werden. Die Anzeigevorrichtung der vorliegenden Erfindung soll diese Aufgabe für eine Bedienperson der Honmaschine im Vergleich zu Anzeigevorrichtungen des Stands der Technik erleichtern, wie das unten beschrieben wird.

[0040] Die [Fig. 2A–Fig. 2C](#) zeigen eine Honmaschinenanzeige **28** des Stands der Technik. Die Anzeige **28** umfasst einen horizontalen digitalen Anzeigeschirm **30** und eine entsprechende horizontale Skala **32**, die von 0% bis 100% reicht, wobei die Skalenwerte einen Prozentsatz der für eine spezielle Honmaschine maximal empfohlenen Last darstellen. In [Fig. 2A](#) stellt ein Anzeigewert **34** eine augenblickliche Last der Honmaschine dar, wenn sich ein Honwerkzeug an der ersten Position **22** der Bohrung der [Fig. 1](#) befindet. In [Fig. 2B](#) stellt ein Anzeigewert **36** eine augenblickliche Last der Honmaschine dar, wenn sich ein Honwerkzeug an der zweiten Position **24** der Bohrung der [Fig. 1](#) befindet. In ähnlicher Weise stellt in [Fig. 2C](#) ein Anzeigewert **38** eine augenblickliche Last der Honmaschine dar, wenn sich ein Honwerkzeug an der dritten Position **26** der Bohrung der [Fig. 1](#) befindet. Wie gezeigt ist, so ist die augenblickliche Honmaschinenlast größer, wenn sich das Honwerkzeug an den Bohrungspositionen mit einem kleineren Durchmesser befindet. Die Anzeige **28** kann auch eine Anzeige der Spitzenlast **40** einschließen, wie das in [Fig. 2B](#) gezeigt ist. Die Spitzenlast **40** stellt den höchsten Lastwert für eine Hubfrequenz dar.

[0041] Wenn die Honmaschine, die die Anzeige **28** der [Fig. 2A](#) bis [Fig. 2C](#) einschließt, betrieben wird, so müssen die Bedienpersonen der Maschine die augenblicklichen Lastmessungen **34**, **36**, **38** und die axialen Hubposition beide getrennt beobachten, um zu bestimmen, wo sich das Bohrungsprofil ändert. Es

ist bei der Bedienperson der Maschine eine genaue Beobachtung notwendig, um sowohl die augenblickliche Last als auch die Hubposition getrennt zu beobachten, und ein Fehlen von Aufmerksamkeit kann zu Fehlern oder Variationen bei den Endprofilen der Bohrung führen. Die Bedienperson der Maschine kann auch die Spitzenlast **40** der Anzeige **28** beobachten, und versuchen, die Änderung der Last weg von der Spitze **40** zu minimieren, um eine zylindrische Bohrung zu erhalten. Weiterhin weisen einige Honmaschinen des Stands der Technik nur einen einzigen Motor für den Antrieb der Werkzeugrotation und der Werkzeughubbewegung auf. Bei diesen Honmaschinen mit einem einzigen Motor fällt die Leistung, die erforderlich ist, um die Hubrichtung des Werkzeugs umzukehren, oft mit einem Hochlastpunkt auf der augenblicklichen Lastanzeige zusammen, und sie kann fälschlich als Bereich der Bohrung **10** mit einem kleineren Durchmesser verstanden werden. Somit müssen die Bedienpersonen der Maschine lernen, zwischen Hochlastmessungen, die durch das Ändern der Hubrichtung verursacht werden, und solchen, die durch Änderungen im Profil der Bohrung **10** verursacht werden, zu unterscheiden.

[0042] Die Anzeigevorrichtung der vorliegenden Erfindung eliminiert diese Probleme wirksam und ist daher gegenüber der Anzeige **28** des Stands der Technik vorteilhaft. [Fig. 3](#) zeigt eine Anzeige **42** gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Ein Anzeigeschirm **44** umfasst eine vertikale Achse **46**, die die axiale Länge der Bohrung **10** der [Fig. 1](#) darstellt, und eine horizontale Achse **48**, die die Last darstellt, wobei sie von 0% bis 100% der maximal empfohlenen Last reicht. Im Gegensatz zur Anzeige **28** der [Fig. 2A](#) bis [Fig. 2C](#) zeigt die Anzeige **42** fortlaufend augenblickliche Lastlinien **50** für viele Positionen entlang der axialen Länge der Bohrung **10** an. Insbesondere werden augenblickliche Lastwerte an den Positionen **52**, **54** und **56**, die den ersten, zweiten und dritten Positionen **22**, **24** beziehungsweise **26** der [Fig. 1](#) entsprechen, mit vielen dazwischen liegenden Positionen angezeigt. Die sich ergebende Anzeige stellt wirksam ein Profil der Bohrungsseitenwand **14** der [Fig. 1](#) dar.

[0043] Eine alternative Anzeige **58** ist in [Fig. 4](#) dargestellt. Die Anzeige **58** umfasst einen Anzeigeschirm **60**, der erste und zweite Anzeigegebiete **62** und **64**, die durch die imaginäre Achse **66**, die der Bohrungsachse **12** der [Fig. 1](#) entspricht, getrennt werden, aufweist. Das erste Anzeigegebiet **62** umfasst eine Anzeige, die identisch zu der der [Fig. 3](#) ist. Das zweite Anzeigegebiet **64** liefert ein Spiegelbild des ersten Anzeigegebiets **62** um die imaginäre Achse **66**. Die sich ergebende Anzeige stellt wirksam ein Querschnittsprofil der Bohrung **10** der [Fig. 1](#) dar.

[0044] Die Anzeigen **42**, **58** kann auch eine vertikale Spitzenlastlinie **68**, die dem höchsten Lastwert auf

der Anzeige entspricht, einschließen. Die vertikale Spitzenlastlinie **68** wird einmal pro Hub gezeichnet und erhöht die Fähigkeit der Bedienpersonen, kleine Unterschiede in den horizontalen Längen der Lastlinien **50** zu erkennen.

[0045] Jede augenblickliche Lastlinie **50** in [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) entspricht einer speziellen axialen Bohrungsposition, die durch die Positionsachse **46** dargestellt wird. Die Lastlinien **50** sind aus Gründen der Klarheit in einem vertikalen Abstand zueinander dargestellt, aber sie können in benachbarter Weise dargestellt werden, was das Aussehen einer kontinuierlichen Oberfläche ergibt. Die Anzahl der dargestellten Lastlinien **50** hängt von der Anzahl der Axialpositionen, an den die Last gemessen wird, ab. Weiterhin werden die Anzeigen gemäß der [Fig. 3](#) und der [Fig. 4](#) in Echtzeit geliefert und vereinfachen somit die Aufgabe der Bedienperson, Änderungen des Bohrungsprofils zu identifizieren. Die Anzeigen **42**, **58** ändern sich in Echtzeit. Wenn das Honwerkzeug eine Hubbewegung ausführt, zeigt die axiale Position, an der sich die dargestellte Last ändert, die axiale Position des Honwerkzeugs zu diesem speziellen Moment an. Somit müssen Bedienpersonen der Maschine nur die Anzeige **42** oder **58** beobachten, wenn sie ein Honen durchführen und somit wird die Fertigkeit und der Aufmerksamkeitspegel, die beziehungsweise der von den Bedienpersonen gefordert wird, reduziert, und die Fähigkeit von Bedienpersonen, in gleichförmiger Weise verschiedene Teile zu honen, wird erhöht, wie das unten detaillierter beschrieben wird.

[0046] [Fig. 5](#) ist eine Teildarstellung einer typischen Vertikalhonmaschine **70**. Die Honmaschine **70** umfasst einen Spindelmotor **72**, der funktionsmäßig mit einem Arm **74**, der ein an ihm befestigtes Honwerkzeug **76** aufweist und in einer Bohrung **78** in einem Motorblock **80** angeordnet ist, verbunden ist. Während des Honens wird das Honwerkzeug **76** gleichzeitig innerhalb der Bohrung **78** gedreht und axial entlang der Länge der Bohrung **78** hin und her bewegt. Wenn sich das Honwerkzeug **76** dreht und axial hin und her bewegt, greifen Schmirgelsteine **82** oder anderes Schmirgelhonmaterial in die Bohrungsinnenfläche **84** ein und entfernen Material von dieser. Es wird erwogen, dass das Honwerkzeug **76** die Form verschiedener bekannter Bohrungshonwerkzeuge annehmen kann.

[0047] Wenn sich das Honwerkzeug **76** dreht und axial hin und her bewegt, beobachtet die Bedienperson der Werkzeugmaschine die Anzeige der vorliegenden Erfindung. Bereiche einer Bohrung mit kleinerem Durchmesser werden durch das axiale Bewegen des Motorblocks **80**, so dass in solchen Bereichen ein vermehrtes Honen stattfindet, ausgeglichen. In ähnlicher Weise kann die Hubbewegung des Honwerkzeugs **75** so eingestellt werden, dass in den

Bereichen mit einem kleineren Durchmesser ein vermehrtes Honen auftritt oder es kann in den Bereichen mit kleinerem Durchmesser die Hubbewegung angehalten werden. Die axiale Position des Honwerkzeugs **76** innerhalb der Bohrung **78** wird durch das Gebiet der Anzeige, das sich ändert, dargestellt, so dass die Bedienperson erkennt, wenn das Honwerkzeug **76** in den Bereichen mit kleinerem Durchmesser angeordnet ist. Das Anhalten der Hubbewegung des Honwerkzeugs **76** kann durch das Drücken eines Pausenknopfes erzielt werden. Die Anzeigevorrichtungen gemäß der vorliegenden Erfindung ermöglichen es einer Bedienperson durch die graphische Darstellung des Bohrprofils, Variationen des Bohrungsprofils mit im Vergleich zu den Anzeigevorrichtungen des Stands der Technik einer größeren Genauigkeit und Konsistenz zu bestimmen, zu beobachten und auszugleichen.

[0048] Der Spindelmotor **72** bewirkt die Rotation des Honwerkzeugs **76**, und ein nicht gezeigter getrennter Hubmotor bewirkt die axiale Hubbewegung des Honwerkzeugs **76**. Es wird jedoch erwogen, dass ein einzelner Motor sowohl für die Rotation als auch die Hubbewegung verwendet werden könnte. Verschiedene bekannte Motoren, wie Elektromotoren, Hydraulikmotoren oder pneumatische Motoren, können verwendet werden, um die Spindelrotation oder die axiale Hubbewegung zu bewirken.

[0049] [Fig. 6](#) zeigt in Form eines Blockdiagramms eine Implementierung der Anzeigevorrichtung der vorliegenden Erfindung. Ein Lastsensor **86** gibt eine gemessene Last an einen Mikroprozessor **88**, der als ein Anzeigesteuergerät dient. Viele bekannte Messvorrichtungen, wie Leistungs- oder Stromsensoren, die in nicht einschränkender Weise einen Eins-zu-Drei-Watt-Messwandler, einen Stromwandler, einen Hall-Effekt-Strom/Leistungs-Sensor oder einen Hilfsausgang von einer Motorantriebssteuerung, der durch die Überwachung eines internen Signals auf die Last am Motor schließt, einschließen, können verwendet werden. Andere Typen von Sensoren werden ebenfalls ins Auge gefasst, wie beispielsweise mechanische Leistungs- oder Drehmomentsensoren, die in nicht einschränkender Weise ein Dehnungsmessgerät oder piezoelektrische oder magnetostriktive Drehkraftaufnehmer einschließen. In ähnlicher Weise könnte statt des Mikroprozessors **88** eine andere Form eines Anzeigesteuerelements verwendet werden. Beispielsweise könnte eine anwendungsspezifische integrierte Schaltung (ASIC) verwendet werden, um die Ausgabevorrichtung **92** anzusteuern.

[0050] Ein Positionssensor **90** gibt auch eine gemessene Position an den Mikroprozessor **88**. Wieder können verschiedene bekannte Positionsmessvorrichtungen, die in nicht einschränkender Form eine optischen Geber, einen Potentiometer, einen linear

variablen Differentialgeber, einen Inductosyn und einen Hall-Effekt-Sensor einschließen, wirksame Ergebnisse liefern. Der Mikroprozessor **88** ist programmiert, um die Lastsensordaten und die Positionsensordaten zu koordinieren und liefert ein Ausgangssignal, das das Sichtanzeigegerät **92** ansteuert, wie das unten detaillierter beschrieben wird. Verschiedene bekannte Sichtanzeigegeräte, die in nicht einschränkender Form eine LCD-Anzeige, eine CRT-Anzeige, eine LED-Anzeige, eine Plasmaentladungsanzeige oder eine Elektrolumineszenzanzeige einschließen, können verwendet werden. Die sich ergebende Anzeige nimmt die Form der Anzeige, die in [Fig. 4](#) gezeigt ist, oder alternativ die Form, die in [Fig. 3](#) gezeigt ist, an.

[0051] [Fig. 7A](#) ist eine Darstellung der Anzeigevorrichtung, wie sie bei einer Vertikalhonmaschine zum Einsatz kommt. Ein Lastsensor **86** ist in einen Wechselspannungsantrieb **94** mit variabler Frequenz, der durch eine Leistungsquelle **96** mit Leistung versorgt wird, eingefügt. Lastsensoren **86** liefern ein Analogsignal von 0 bis 5 Volt an einen Differentialverstärker **98** mit einer Verstärkung von eins, der eine Rauschunterdrückung und eine Isolation der gemessenen Last liefert. Das Lastsignal geht dann durch ein Tiefpassfilter **100**, wie ein zweipoliges Butterworth-Filter mit einer Grenzfrequenz von 20 Hz, bevor es den Mikroprozessor **88** erreicht. Der Mikroprozessor **88** umfasst einen eingebauten Analog-Digital-Wandler **102**, der dann das Lastsignal von null bis fünf Volt in ein Byte umwandelt. Der Positionssensor **90** umfasst einen 200 Puls-pro-Umdrehungs-Quadraturkodierer, der mechanisch mit dem Hubmechanismus verbunden ist. Die Kodiererpulse laufen zu einer integrierten Schaltung **104**, die die Pulse in ein Digitalwort mit zwei Byte, das durch den Mikroprozessor **88** gelesen werden kann, umformt. Das Digitalwort weist einen Wert zwischen 0 und 799 auf und es ist proportional zur Anzahl der Grade der Bewegung einer Antriebswelle im Hubmechanismus. Die Hälfte der Werte, also 400 Werte, des Digitalworts stellt den Abwärts-hub dar, und die andere Hälfte stellt den Aufwärtshub dar, so dass dieselbe Axialposition des Honwerkzeugs **76** in der Bohrung **78** durch zwei unterschiedliche Digitalworte dargestellt wird, in Abhängigkeit davon, in welche Axialrichtung sich das Honwerkzeug **76** bewegt.

[0052] [Fig. 7B](#) zeigt eine andere Implementierung der Anzeigevorrichtung beim Einsatz in einer Vertikalhonmaschine. Bei dieser Implementierung umfasst der Lastsensor **86** einen Einphasen-Watt-Geber, um die Leistung zu messen, die in den Wechselspannungsantrieb **94** hinein geht. Das sich ergebende Signal ist ein Strom von 4 bis 20 mA, der durch eine Wandlervorrichtung **106** hindurch geht, die das Signal in ein Signal zwischen 1 und 5 Volt umwandelt, bevor es in den Differentialverstärker **98** läuft. Die Wandlervorrichtung **106** ist ein Widerstand mit 250

Ohm, und das Signal, das in den Differentialverstärker **98** eintritt, ist eine Spannung, die über dem Widerstand gemessen wird.

[0053] Der Mikroprozessor **88** verarbeitet die Last- und Positionsdaten bei den beiden Ausführungsformen der [Fig. 7A](#) und [Fig. 7B](#) in ähnlicher Weise. [Fig. 8A](#) ist eine Darstellung der Verarbeitung des Mikroprozessors **88** in Form eines Flussdiagramms. Das Flussdiagramm startet mit dem Anzeigebeginblock **108**, der die Leseblöcke **110** und **112** triggert. Der Positionsleseblock **110** liest das Positionsdatensignal, während der Lastleseblock **112** das Lastdatensignal liest. Die Geschwindigkeit, mit der der Mikroprozessor **88** die Last- und Positionsdaten liest, sollte für eine gegebene Hubrate ausreichend sein, um eine ausreichende Anzahl von Lastlinien **50** zu zeichnen, siehe [Fig. 3A](#) und [3B](#), um eine Darstellung der Bohrung **78** zu liefern. Die Positions- und Lastsignale werden dann in den Blöcken **114**, **116** und **118** modifiziert. Der Umwandlungsblock **114** wandelt das Digitalwort, das die Position darstellt, in eine Zahl zwischen 0 und 99, die die relative Position des Honwerkzeugs **76** innerhalb der Bohrung **78** darstellt, unabhängig von der axialen Hubrichtung um. Die umgewandelte Positionszahl 0 stellt den oberen Punkt des Hubs oder den oberen Punkt der Bohrung **78** dar, und die umgewandelte Positionszahl 99 stellt den unteren Punkt des Hubs oder den unteren Punkt der Bohrung **78** dar. Der Skalierblock **116** skaliert das Byte, das die Last darstellt, in eine Zahl zwischen 0 und 128, und jeder Hintergrundwert oder Versatz im Lastbyte, wird heraussubtrahiert, so dass, wenn keine Schneidbelastung an der Maschine vorhanden ist, das Lastbyte 0 ist.

[0054] In Bezug auf die skalierten Lastwerte kann es notwendig sein, die Werte wegen Änderungen, die durch die unterschiedlichen Hubrichtungen verursacht werden, weiter zu justieren. Beispielsweise unterscheiden sich in den [Fig. 7A](#) und [Fig. 7B](#) dargestellt sind, die gemessenen Lastdaten für eine spezielle axiale Bohrungposition bei einem Abwärtshub von den gemessenen Lastdaten an derselben Position bei einem Aufwärtshub. Wenn die Differenz groß genug ist, so fluktuiert die Anzeige, wenn sich das Honwerkzeug **76** nach oben und unten bewegt, und das dargestellte Profil scheint sich in Bezug auf die imaginäre Achse **66** nach innen und außen zu bewegen, wie das am besten in [Fig. 4](#) gezeigt ist. Es wurde bestimmt, dass die Größe der Fluktuation in ausreichendem aber nicht übermäßigem Maße durch das Programmieren des Mikroprozessors, so dass dieser die skalierte Last in einem Wichtungsbereich **118** gemäß der folgenden Formel gewichtet, reduziert werden kann:

Gewichteter Wert = [Skalierter Wert + 3 (alter gespeicherter Wert)]/4

[0055] Der Speicherblock **120** speichert dann den gewichteten Lastwert in einer Tabelle. Der gespeicherte Wert wird in der Tabelle durch den umgewandelten Positionswert registriert.

[0056] Der Zeichenblock **122** zeichnet dann den gespeicherten Lastwert auf einem LCD-Anzeigeschirm, wo er als eine Serie von aneinander anschließenden horizontalen Pixeln, die eine horizontale Balkendarstellung liefern, dargestellt wird. Der vertikale Ort der Balkendarstellung auf dem LCD-Schirm wird aus dem Indexwert der Datentabelle bestimmt. Die Zeichenroutine wird nachfolgend detaillierter unter Bezug auf [Fig. 8B](#) beschrieben. Der Entscheidungsblock **124** bestimmt, ob das Lesen von Positions- und Lastwerten fortgesetzt werden soll. Wenn das Honen noch ausgeführt wird, so werden die Positions- und Lastwerte gelesen, verarbeitet und wieder gezeichnet, wobei aber, wenn das Honen beendet ist, die Routine endet, wie das durch den Endblock **126** dargestellt ist.

[0057] [Fig. 8B](#) ist eine Flussdiagrammsdarstellung des Zeichnens auf einer Anzeige, wie der in [Fig. 4](#) gezeigten Anzeige. Der Zeichenbeginblock **150** signalisiert den Start des Zeichnens. Der Löschblock **152** löscht dann die Lastlinie **50**, die auf den rechten und linken Seiten des Schirms angezeigt wird und die vom letzten Zeichnen der registrierten Position verblieben ist. Der Zeichenblock **154** zeichnet den neuen gespeicherten Lastwert von links nach rechts an Stelle des auf der linken Seite des Schirms gelöschten Lastwerts. Der Zeichenblock **156** zeichnet dann den neu gespeicherten Wert von rechts nach links an der Stelle des Lastwerts, der auf der rechten Seite des Schirms gelöscht wurde. Nach dem linken und rechten Zeichnen bestimmt der Entscheidungsblock **158**, ob die registrierte Position den oberen Punkt der Bohrung **76** darstellt. Wenn dem so ist, so löscht der Löschblock **160** die vorherige linke und rechte vertikale Spitzenlinie **68**; und der Zeichenblock **162** zeichnet eine neue linke vertikale Spitzenlinie. In ähnlicher Weise zeichnet der Zeichenblock **164** eine neue rechte vertikale Spitzenlinie. Das Zeichnen ist dann beendet, wie das durch den Endblock **166** dargestellt ist.

[0058] Der oben beschriebene Zeichenvorgang führt dann zu einer Anzeige gemäß der [Fig. 4](#). Die Bedienpersonen der Honmaschine können die Anzeige während eines Honens verwenden, um auf einfache Art ein vorbestimmtes Endprofil der Bohrung zu erzielen, wie das vorher beschrieben wurde. Die Bedienpersonen der Honmaschine müssen nur die Anzeige der vorliegenden Erfindung beobachten, wenn sie ein Honen durchführen, und somit wird das Niveau der Fertigkeit und der Aufmerksamkeit, das die Bedienpersonen benötigen, reduziert, und die Fähigkeit der Bedienpersonen, verschiedene Teile gleichförmig zu honen, wird erhöht.

[0059] Aus der vorhergehenden Beschreibung der vorliegenden Erfindung wird deutlich, dass die Aufgaben der Erfindung gelöst werden. Insbesondere wird eine Werkzeugmaschinenanzeige eines Profils einer Werkstückfläche, wenn diese spanabhebend bearbeitet wird, geliefert. Weiterhin wird eine graphische Anzeige einer Werkzeugmaschine, die fortlaufend die Werkzeugmaschinenlast über der Position anzeigt, geliefert.

[0060] Obwohl die Erfindung im Detail beschrieben und dargestellt wurde, sollte klar verständlich sein, dass dies nur als Darstellung und Beispiel und nicht als Beschränkung gemeint ist. Beispielsweise ist die graphische Anzeige der vorliegenden Erfindung nicht auf Anwendungen bei Vertikalhonmaschinen begrenzt und sie kann in andere Werkzeugmaschinen, die Horizontalhonmaschinen als auch Vertikal- und Horizontalschleifmaschinen, die verschiedene Werkzeuge für das Entfernen von Material von Werkstückflächen einschließen, eingefügt werden. Weiterhin sollen die Blockdiagrammdarstellungen der [Fig. 7A](#) und [Fig. 7B](#) nur darstellend sein, wobei es viele mögliche Konfigurationen für das Implementieren der vorliegenden Erfindung gibt. In ähnlicher Weise sind die Flussdiagramme der [Fig. 8A](#) und [Fig. 8B](#) auch nur repräsentativ für viele mögliche Programmerroutinen, die implementiert werden können, um die Anzeige der vorliegenden Erfindung zu erstellen. Der angezeigte Lastwert könnte auch vom Motor, der die Hubbewegung des Werkzeugs bewirkt, bestimmt werden. Weiterhin könnte der angezeigte Lastwert auf der Basis einer Kombination der Lasten des Spindelmotors und des Hubmotors bestimmt werden. Zusätzlich könnte jeder angezeigte Lastwert ein Mittel aus mehr als einem augenblicklichen Lastwert sein. Somit sollen das Wesen und der Umfang der Erfindung nur durch die Ausdrücke der angefügten Ansprüche begrenzt werden.

Patentansprüche

1. Anzeigevorrichtung (42, 58) für eine Maschine (70)
 – mit einem Werkzeug (76), welches Material von einer axialen Länge aufweisenden Werkstückfläche (84) entfernt, wobei sich die axiale Position des Werkzeugs (76) bezüglich der Werkstückfläche (84) ändert,
 – mit einem Motor (72) und
 – mit einem Positionssensor (90) zum Erfassen der axialen Position des Werkzeugs (76),
 – wobei die Anzeigevorrichtung (42, 58) ein Sichtanzeigegerät (92) und ein Anzeigesteuerelement aufweist, das funktionsmäßig mit dem Sichtanzeigegerät (92) verbunden ist,
dadurch gekennzeichnet,
 – dass die Maschine (70) einen Lastsensor (86) zum Messen einer Last an der Maschine (70) aufweist, wenn Material von der Werkstückfläche (84) entfernt

wird, und

– dass das Anzeigesteuerelement, das funktionsmäßig mit dem Sichtanzeigegerät (92) verbunden ist, so ausgelegt ist, dass das Sichtanzeigegerät (92) während einer spanabhebenden Bearbeitung eine fortlaufende Anzeige der Spanabhebungslast über der Werkzeugposition für eine Vielzahl von Werkzeugpositionen gibt, um das Profil der Werkstückfläche (84) darzustellen.

2. Anzeigevorrichtung (42, 58) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Sichtanzeigegerät (92) eine LCD-Anzeige aufweist.

3. Anzeigevorrichtung (42, 58) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Sichtanzeigegerät (92) eine CRT-Anzeige aufweist.

4. Anzeigevorrichtung (42, 58) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Sichtanzeigegerät (92) eine LED-Anzeige aufweist.

5. Anzeigevorrichtung (42, 58) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Anzeigesteuerelement einen Mikroprozessor (88) aufweist, der funktionsmäßig mit dem Sichtanzeigegerät (92) verbunden ist.

6. Anzeigevorrichtung (42, 58) nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Anzeigesteuerelement einen ASIC (104) aufweist, der funktionsmäßig mit dem Sichtanzeigegerät (92) verbunden ist.

7. Anzeigevorrichtung (42, 58) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Werkstückfläche (84) die Innenfläche einer Bohrung (78) ist und dass die Darstellung des Profils der Werkstückfläche (84) eine Darstellung des Querschnittsprofils der Bohrung (78) ist.

8. Anzeigevorrichtung (42, 58) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Maschine (70) eine Honmaschine und die Werkstückfläche (84) eine Bohrung (78) ist, die gehont wird.

9. Anzeigevorrichtung (42, 58) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Maschine (70) weiterhin Einrichtungen zum Einstellen der axialen Position des Werkzeugs (76) bezogen auf die Werkstückfläche (84) während des Maschineneinsatzes aufweist.

10. Anzeigevorrichtung (42, 58) nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtungen zum Einstellen der axialen Position des Werkzeugs (76) bezogen auf die Werkstückfläche (84) manuelle Einrichtungen aufweisen.

11. Anzeigevorrichtung (42, 58) nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtungen

zum Einstellen der axialen Position des Werkzeugs (76) bezogen auf die Werkstückfläche (84) einen Mikroprozessor (88) aufweisen, der so angeschlossen ist, dass er auf die Last und die axiale Position anspricht.

12. Anzeigevorrichtung (42, 58) nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtungen zum Einstellen der axialen Position des Werkzeugs (76) bezogen auf die Werkstückfläche (84) Einrichtungen zum Bewegen der Werkstückfläche (84) aufweisen.

13. Anzeigevorrichtung (42, 58) nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtungen zum Einstellen der axialen Position des Werkzeugs (76) bezogen auf die Werkstückfläche (84) Einrichtungen zum Bewegen der axialen Position des Werkzeugs (76) aufweisen.

14. Verfahren zum Anzeigen einer Last einer Maschine (70) an einer Anzeigevorrichtung (42, 58), die ein Sichtanzeigegerät (92) und ein Anzeigesteuerelement aufweist, wobei die Maschine (70)

- eine Motor (72), und
- ein Werkzeug (76) hat, das an einer Werkstückfläche (84) zum Entfernen von Material davon in Eingriff steht, wobei die Werkstückfläche (84) eine axiale Länge hat, sich die axiale Position des Werkzeugs (76) bezogen auf die Werkstückfläche (84) ändert, und das Verfahren die Schritte aufweist:
- Messen einer Last an der Maschine (70), wenn Material von der Werkstückfläche (84) entfernt wird,
- Messen der axialen Position des Werkzeugs (76), und
- fortlaufend Anzeigen (108 bis 126) der Last über der axialen Position des Werkzeugs (76) an dem Sichtanzeigegerät (92),
- wobei das Anzeigesteuerelement, das funktionsmäßig mit dem Sichtanzeigegerät (92) verbunden ist, so ausgelegt ist, dass das Sichtanzeigegerät (92) während eines spanabhebenden Vorgangs eine fortlaufende Anzeige der Spanabhebungslast über der Werkzeugposition für eine Vielzahl von Werkzeugpositionen gibt, um das Profil der Werkstückfläche (84) darzustellen.

15. Verfahren nach Anspruch 14, bei welchem der Schritt des Messens der Last das Messen einer Last an dem Motor (72) aufweist.

16. Verfahren nach Anspruch 14, bei welchem der Motor (72) das Werkzeug (76) dreht.

17. Verfahren nach Anspruch 14, bei welchem der Motor (72) das Werkzeug (76) axial bewegt.

18. Verfahren nach Anspruch 14, bei welchem der Schritt des Messens der axialen Position des

Werkzeugs (76) das Messen der axialen Bewegung des Werkzeugs (76) aufweist.

19. Verfahren nach Anspruch 14, bei welchem der Schritt des Messens der axialen Position des Werkzeugs (76) das Messen der axialen Position des Werkzeugs (76) bezogen auf die Werkstückfläche (84) aufweist, indem die Axialbewegung der Werkstückfläche (84) gemessen wird.

20. Verfahren nach Anspruch 14, bei welchem der Schritt des fortlaufenden Anzeigens (108 bis 126) der Last über der axialen Position das Anzeigen einer ersten Achse, die die axiale Position wiedergibt, und das Anzeigen einer zweiten Achse aufweist, die die Last darstellt, wobei die zweite Achse senkrecht zur ersten Achse angezeigt wird.

21. Verfahren nach Anspruch 20, bei welchem die erste Achse als vertikale Achse und die zweite Achse als horizontale Achse angezeigt werden.

22. Verfahren nach Anspruch 20, bei welchem die erste Achse als horizontale Achse und die zweite Achse als vertikale Achse angezeigt werden.

23. Verfahren nach Anspruch 20, bei welchem der Schritt des fortlaufenden Anzeigens (108 bis 126) der Last über der axialen Position weiterhin das Anzeigen eines Spiegelbilds der Last und der axialen Position um eine dritte Achse aufweist, die parallel zur ersten Achse ist.

24. Verfahren nach Anspruch 20, welches weiterhin den Schritt aufweist, eine Spitzenlastlinie anzuzeigen, wobei die Spitzenlastlinie parallel zur ersten Achse angezeigt wird.

25. Verfahren nach Anspruch 20, bei welchem der Schritt des fortlaufenden Anzeigens (108 bis 126) der Last über der axialen Position weiterhin das Anzeigen einer Vielzahl von Lastlinien aufweist, die sich von der ersten Achse aus und parallel zur zweiten Achse erstrecken.

26. Verfahren nach Anspruch 14, bei welchem der Schritt des fortlaufenden Anzeigens (108 bis 126) der Last über der axialen Position das Einspeisen der Last und der axialen Position in das Anzeigesteuerelement aufweisen, wobei das Anzeigesteuerelement funktionsmäßig mit dem Sichtanzeigegerät (92) verbunden ist und dieses steuert.

27. Verfahren nach Anspruch 14, bei welchem der Schritt des fortlaufenden Anzeigens (108 bis 126) der Last über der axialen Position ein Skalieren der Last und das Anzeigen des skalierten Lastwerts aufweist.

28. Verfahren nach Anspruch 14, bei welchem

der Schritt des fortlaufenden Anzeigens (**108** bis **126**) der Last über der axialen Position das Anzeigen der Last auf einer Prozentskala aufweist.

29. Verfahren nach Anspruch 14, bei welchem der Schritt des fortlaufenden Anzeigens (**108** bis **126**) das graphische Anzeigen der Darstellung des Profils der Werkstückfläche (**84**) für die Vielzahl von Werkzeugpositionen aufweist.

30. Verfahren nach Anspruch 29, welches weiterhin das Einstellen der axialen Position des Werkzeugs (**76**) bezogen auf die axiale Länge aufweist, indem das Werkzeug (**76**) längs der axialen Länge ansprechend auf die Anzeige einer Darstellung des Profils der Werkstückfläche (**84**) bewegt wird.

31. Verfahren nach Anspruch 29, welches weiterhin das Innehalten der axialen Position des Werkzeugs (**76**) bezogen auf die axiale Länge ansprechend auf die Anzeige einer Darstellung des Profils der Werkstückfläche (**84**) aufweist, wodurch von einem Werkstück an einer speziellen axialen Länge mehr Material entfernt wird.

32. Verfahren nach Anspruch 29, welches weiterhin das Einstellen der axialen Position des Werkzeugs (**76**) bezogen auf die axiale Länge aufweist, indem das Werkstück längs der axialen Länge ansprechend auf die Anzeige einer Darstellung des Profils der Werkstückfläche (**84**) bewegt wird.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

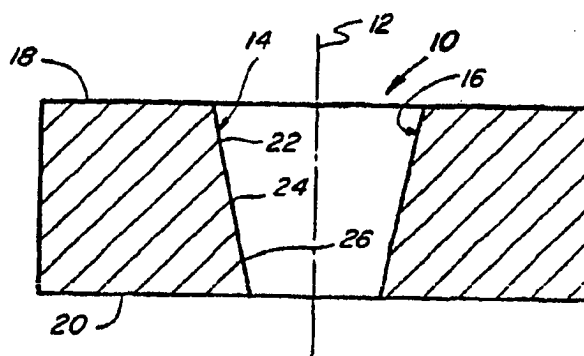


Fig. 1

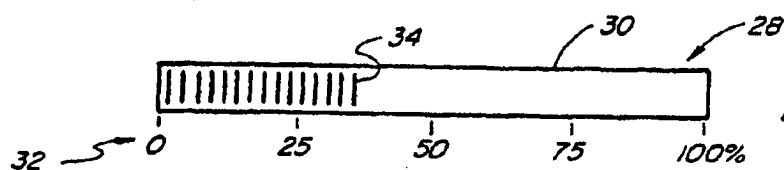


Fig. 2A

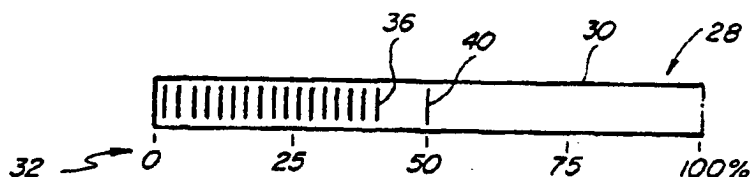


Fig. 2B

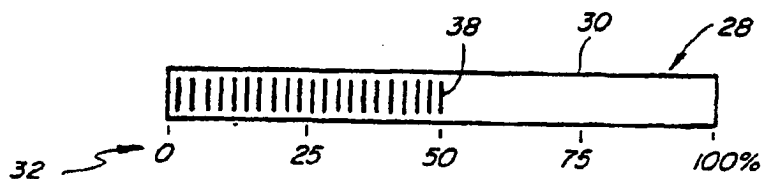


Fig. 2C

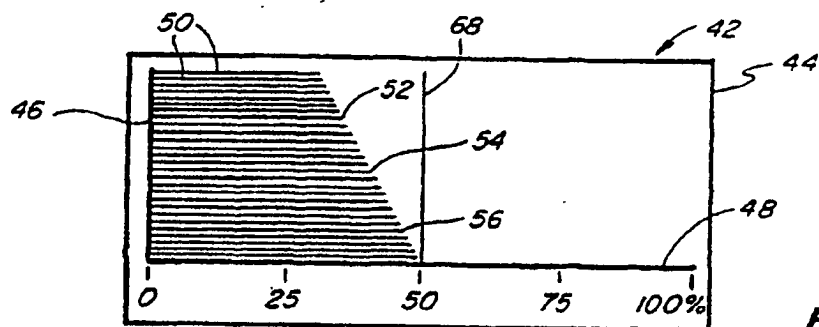


Fig. 3

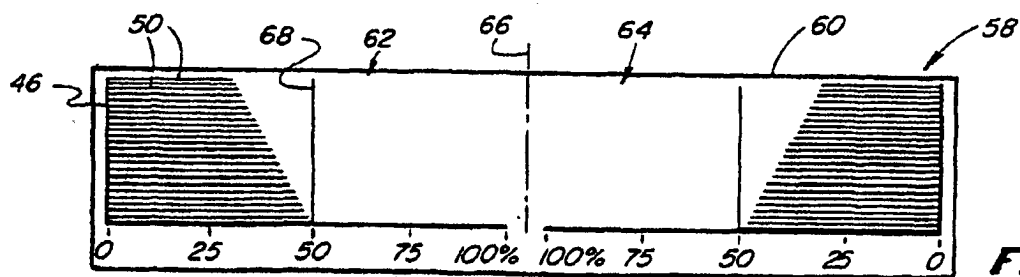


Fig. 4

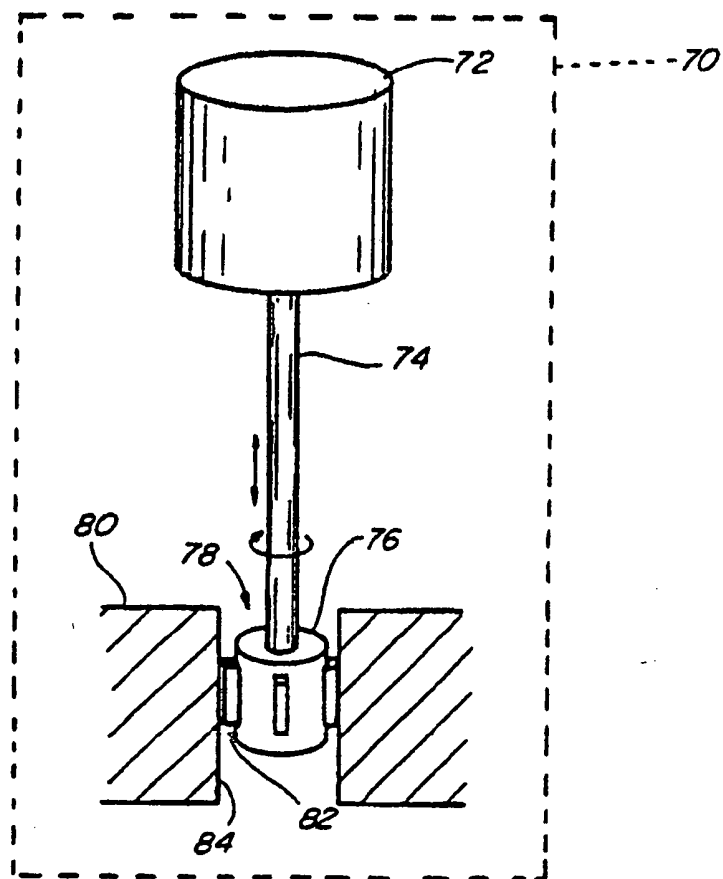


Fig. 5

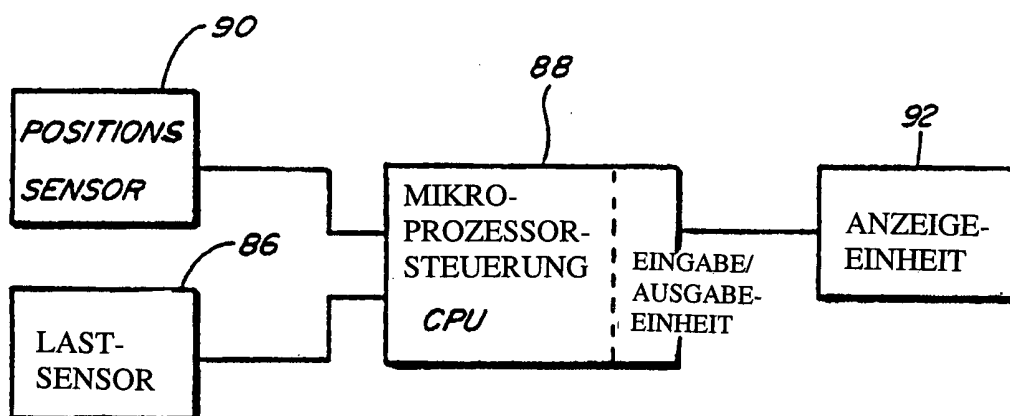


Fig. 6

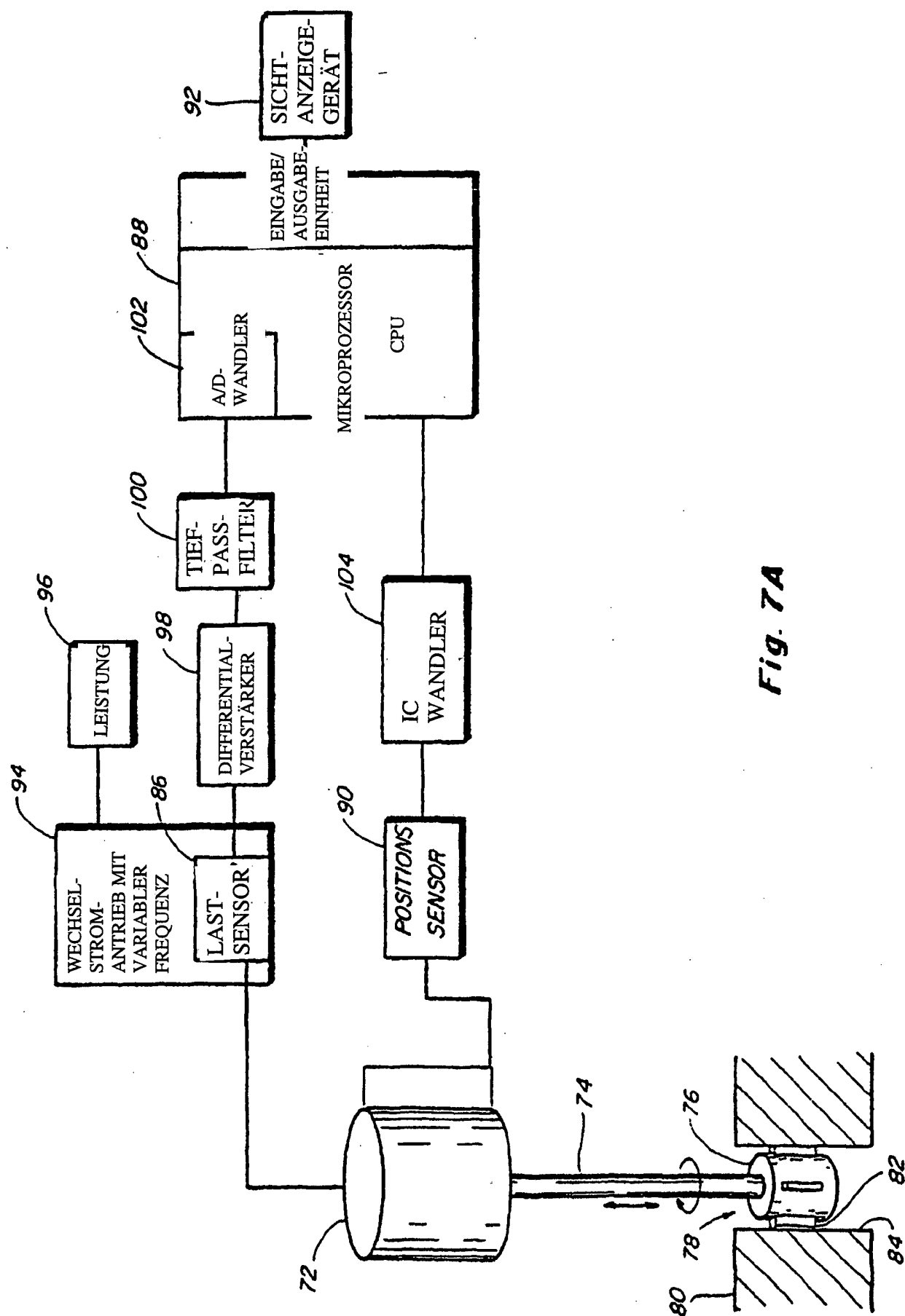


Fig. 7A

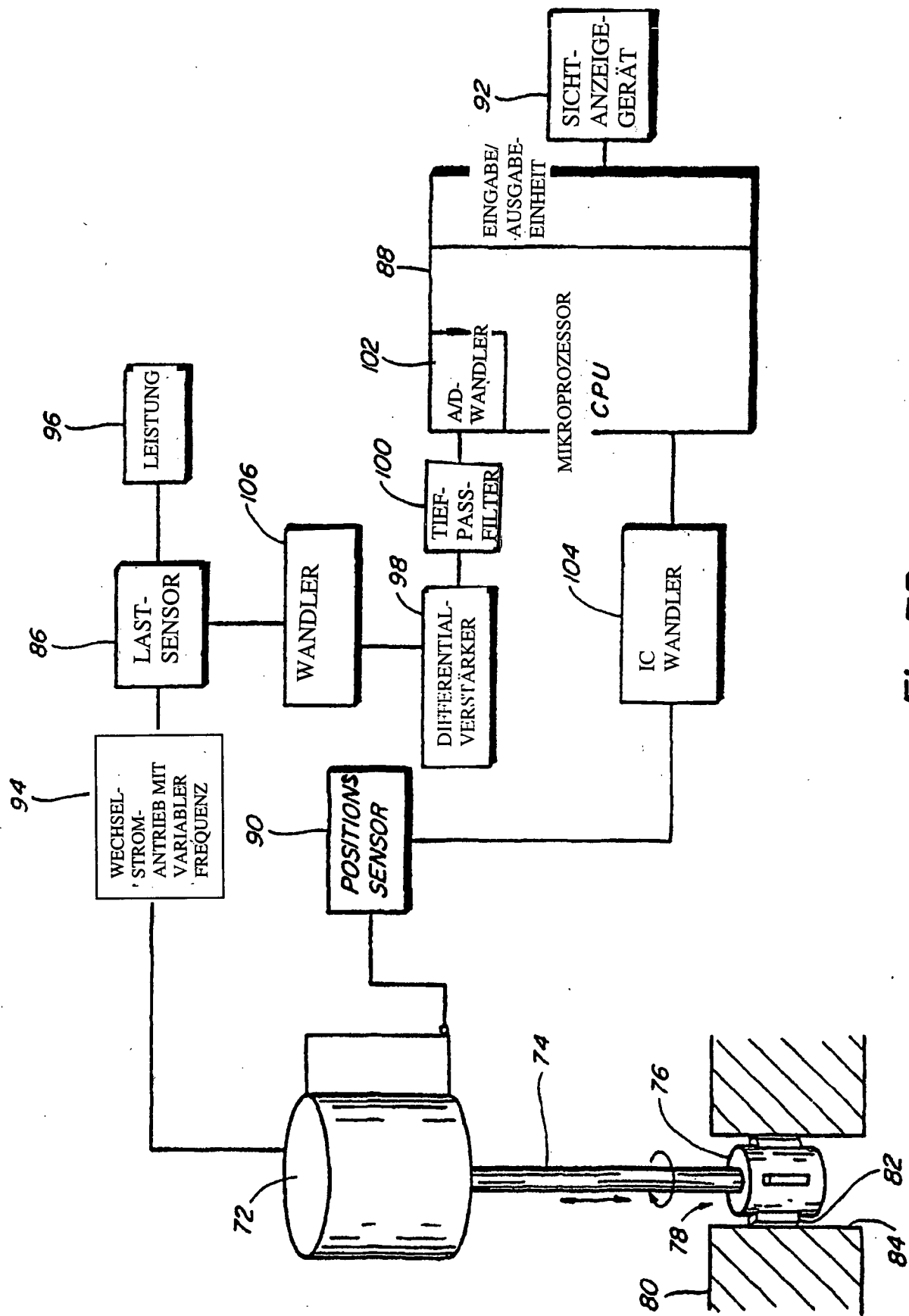


Fig. 7B

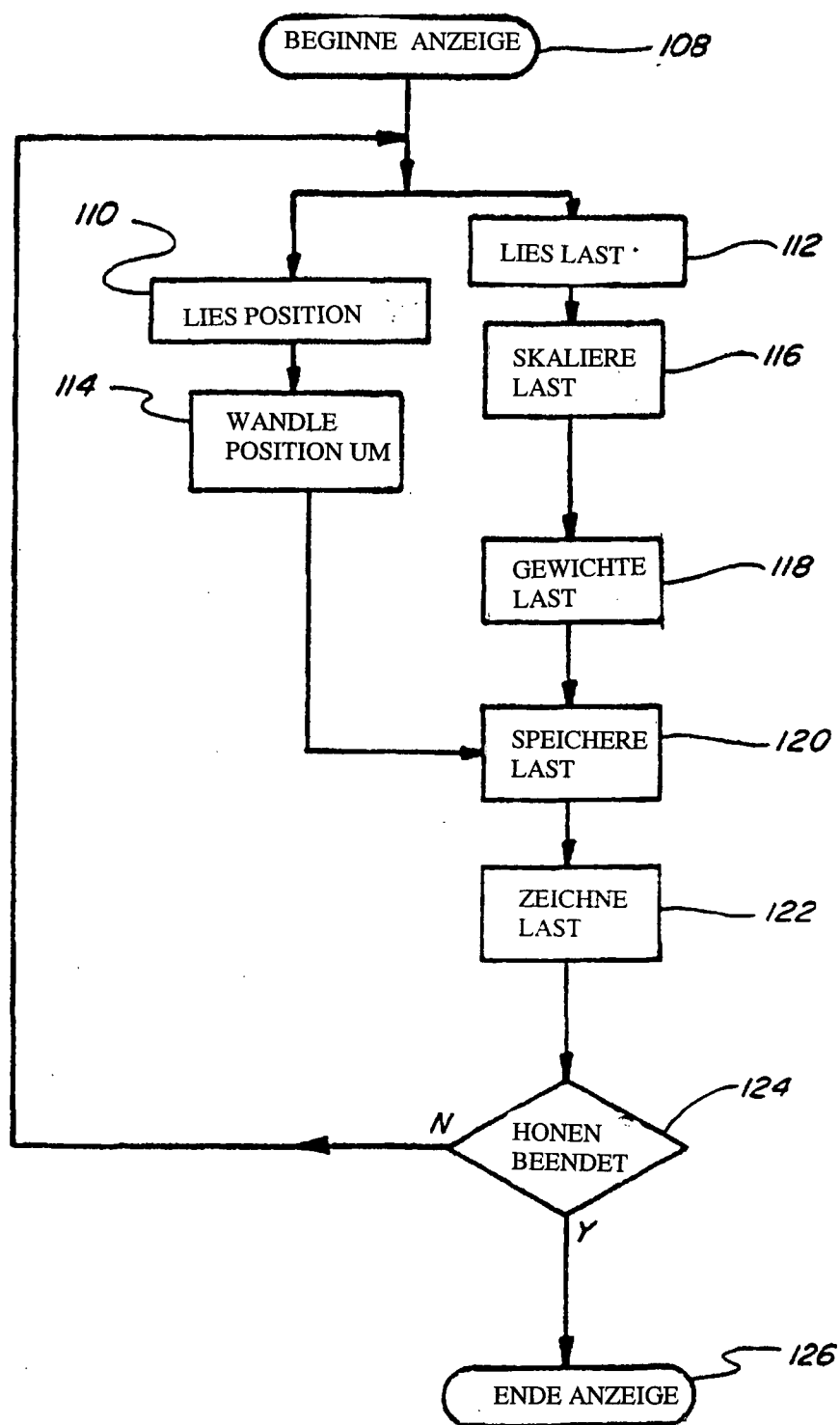


Fig. 8A

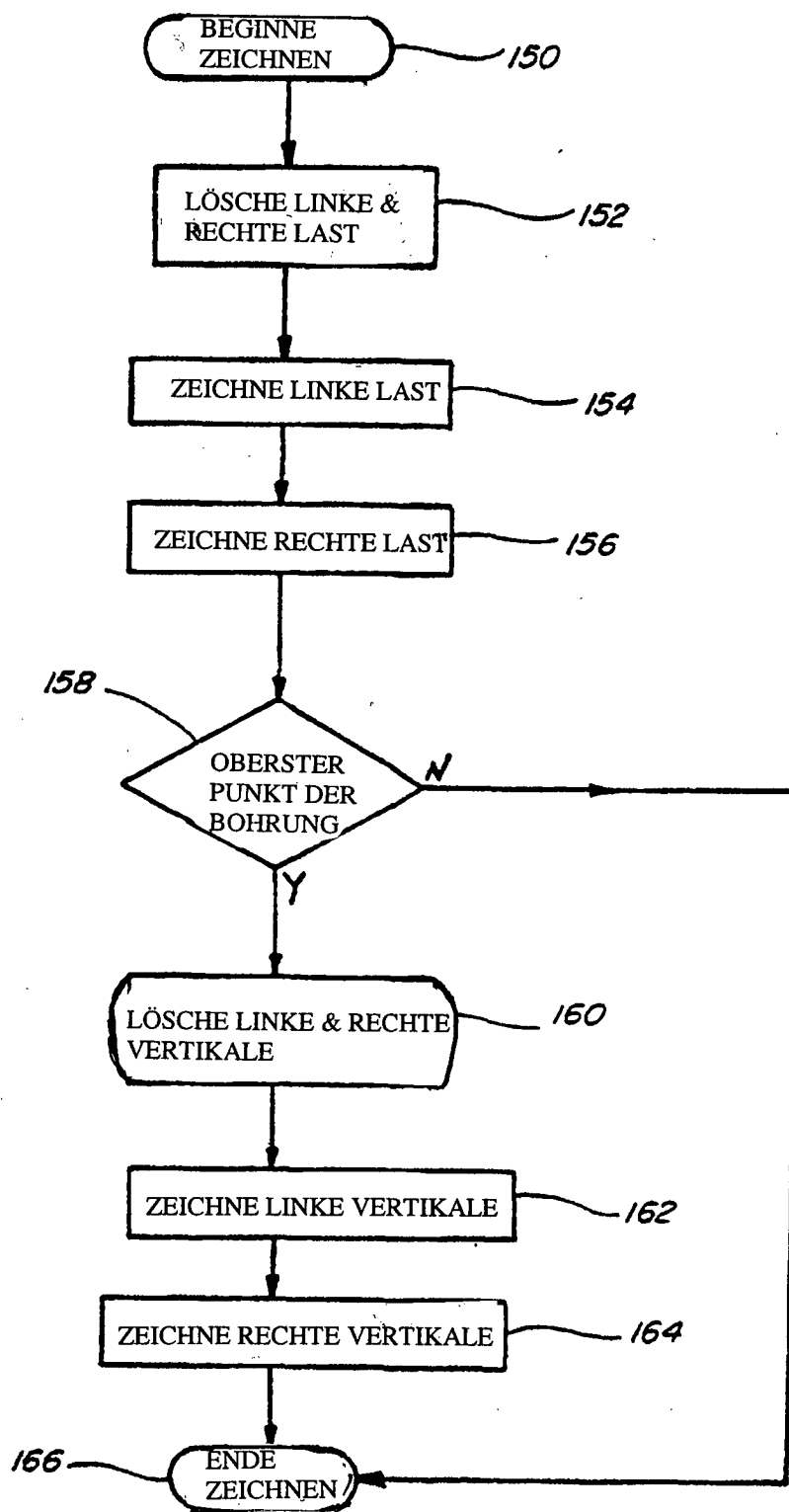


Fig. 8B