



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 08 512 T2 2004.12.16**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 169 159 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 08 512.0**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/EP00/02774**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 922 568.1**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 00/59677**

(86) PCT-Anmeldetag: **29.03.2000**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **12.10.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **09.01.2002**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **25.02.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **16.12.2004**

(51) Int Cl.7: **B23Q 17/24**
G01B 21/04

(30) Unionspriorität:

TO990255 01.04.1999 IT

(73) Patentinhaber:

Fidia S.p.A., San Mauro Torinese, IT

(74) Vertreter:

**Grünecker, Kinkeldey, Stockmair &
Schwanhäusser, 80538 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, ES, FR, GB, PT

(72) Erfinder:

MIGNANI, Augusto, D-60529 Frankfurt/Main, DE

(54) Bezeichnung: **SYSTEM UND VERFAHREN ZUM NACHPRÜFEN DER POSITION EINES WERKZEUGES EINER WERKZEUGMASCHINE**

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 betrifft ein System sowie ein Verfahren zum Bestätigen der Stellung eines Werkzeugs in einer Werkzeugmaschine, beispielsweise in einer Fräsmaschine.

[0002] Unter dem Ausdruck „bestätigen“ ist das Ermitteln von Messdaten, typisch der Länge und des Durchmessers, eines Werkzeugs sowie die genaue Bestimmung der Stellung des Werkzeugs, im Besonderen der Werkzeugspitzen-Mitte, im Bezugssystem der Maschine zu verstehen.

[0003] Die Veröffentlichung JP-A-10-138097 offenbart ein Bestätigungssystem sowie ein Verfahren für eine Werkzeugmaschine, die einen Kopf, der einen Werkzeugträger aufweist, in dem ein Werkzeug betriebsmäßig befestigt ist, das für eine vorgegebene Arbeitsstellung in einer vorgegebenen Richtung angeordnet ist, eine Steuereinheit, an die Fühlereinrichtungen angeschlossen sind, die in Betrieb stehen, um Signale zu liefern, die die momentane Stellung des Kopfs in einem Bezugssystem der Maschine angeben, sowie eine Motoreinrichtung enthält, die in Betrieb steht, um eine gesteuerte Bewegung des Kopfs im Hinblick auf das Bezugssystem der Maschine auszuführen.

[0004] Das in dieser Veröffentlichung geoffenbarte System enthält eine Vorrichtung, die der Maschine zugeordnet ist und einen Laserstrahl-Generator sowie eine zugeordnete Detektoreinrichtung aufweist, die in Betrieb stehen, um ein erstes und ein zweites Messfeld festzulegen, in denen ein erster und ein zweiter Laserstrahl in vorgegebene Richtungen verlaufen, die einen Winkel von 90° einschließen, sowie eine Prozessor- und Steuereinrichtung aufweist, die in Betrieb steht, um gesteuerte Bewegungen des Kopfs innerhalb der Messfelder so hervorzurufen, dass Unterbrechungen der Laserstrahlen durch das Werkzeug auf vorgegebene An erzeugt werden, um jene Signale zu gewinnen und zu analysieren, die von der Detektoreinrichtung erzeugt werden, und Signale oder Daten zu erzeugen, die die Stellung des Werkzeugs im Bezugssystem der Maschine angeben.

[0005] US-A-5,778.548 offenbart eine Messvorrichtung, die einen gelenkigen Kopf aufweist, der seine Winkelstellung verändern kann.

[0006] US-A-5,880.847 offenbart ein Verfahren, mit dem automatisch die Genauigkeit der Kugelform eines Schafffräasers mit runder Stirn auf einer Bearbeitungsvorrichtung gemessen werden kann. Die optische Achse eines Lasers ist längs der Richtung einer X-Achse festgelegt. Ein Schafffräser mit runder Stirn ist in einem Spannfutter an einer Spindel befestigt, die von einem Hauptspindelkolben drehbar aufge-

nommen wird, der längs der Richtung einer Z-Achse eines Spindelkopfs einstellbar ist, der selbst in Richtung einer Y-Achse eingestellt werden kann. Während der Drehung wird die Spitze des Schafffräasers mit runder Stirn unter Verwendung von Laserstrahlen eingestellt.

[0007] Ein Gegenstand der Erfindung besteht darin, ein verbessertes System und Verfahren zur Bestätigung der Stellung eines Werkzeugs in einer Maschine zu liefern, beispielsweise in einer Fräsmaschine, mit denen sogenannte „nicht umgesetzte Einstellfehler des Werkzeugs“ minimiert werden können.

[0008] Diese sowie andere Gegenstände werden erfindungsgemäß mit dem System und dem Verfahren erreicht, deren herausragende Merkmale in den beiliegenden Ansprüchen 1 und 4 festgelegt sind.

[0009] Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung werden aus der nun folgenden ausführlichen Beschreibung anhand eines nicht einschränkenden Beispiels und im Zusammenhang mit den beiliegenden Zeichnungen ersichtlich, in denen zeigt:

[0010] Fig. 1 einen in zwei Richtungen drehbaren Werkzeugträgerkopf in dem ein Werkzeug befestigt ist;

[0011] Fig. 2 die teilweise vereinfachte Darstellung der Werkzeugmaschine, die mit einem System versehen ist, um die Stellung des Werkzeugs erfindungsgemäß zu bestätigen;

[0012] Fig. 3 bis 10 und 12 das Werkzeug und seine Bewegungen relativ zu den Laserstrahlen im Bestätigungssystem der Erfindung; und

[0013] Fig. 11 eine abgeänderte Ausführungsform des Systems gemäß der Erfindung.

[0014] In Fig. 1 und 2 ist mit der Bezugsziffer 1 allgemein ein Werkzeugträgerkopf einer Werkzeugmaschine bezeichnet, beispielsweise einer Fräsmaschine. Der Kopf 1 ist am unteren Ende eines Arms 2 um eine vertikale Achse (Z-Achse) drehbar gelagert, der in drei Achsen (X, Y, Z) von Motoreinrichtungen angelenkt werden kann, wie sie beispielsweise in Fig. 2 mit den Bezugszeichen M1, M2, M3 versehen sind und die von einer Steuereinheit ECU der Maschine gesteuert werden. Mit dieser Einheit sind Fühler S1, S2, S3 verbunden, die in Betrieb stehen, um sie mit Signalen anzusteuern, die allgemein die momentane Stellung des Kopfs 1 im Bezugssystem der Maschine angeben.

[0015] Der Kopf 1 enthält einen Körper 3, der mit dem Arm 2 so verbunden ist, dass er sich um eine vertikale Achse drehen kann. Der Körper 3 ist mit einem Werkzeugträger 4 verbunden, der zu diesem

Körper um eine horizontale Achse drehbar ist, die in **Fig. 1** das Bezugszeichen W trägt.

[0016] Ein Werkzeug T, beispielsweise ein Fräs-
werkzeug, ist im Werkzeugträger **4** betriebsmäßig
angebracht. Das Werkzeug T ist allgemein zylind-
risch ausgebildet, wobei sein Außenende eine flache
Stirnfläche besitzen oder im Wesentlichen kugelför-
mig ausgebildet sein kann, oder es kann im Wesent-
lichen ringförmig sein usw.

[0017] Um eine vorgegebene Arbeitsstellung einzu-
richten, wird das Werkzeug T in eine vorgegebene
Richtung mit Hilfe von Motoren (nicht dargestellt) ein-
gestellt, die dazu dienen, um die Winkelstellung (Win-
kel α in **Fig. 1**) des Körpers **3** des Kopfs in der X-
Y-Ebene sowie die Winkelstellung des Werkzeugträ-
gers **4** (Winkel β zwischen der Achse des Werkzeug-
trägers und des Werkzeugs sowie der Vertikalen)
festzulegen. Mit Hilfe von entsprechenden Wandlern,
die in **Fig. 2** die Bezugszeichen T1 und T2 tragen,
gewinnt die Steuereinheit ECU der Maschine Infor-
mationen über die Einstellung des Werkzeugs, die in
der vorgegebenen Ausrichtung für die Arbeitsstellung
erfolgt ist.

[0018] Das Werkzeug T besitzt im Allgemeinen be-
kannte Nennabmessungen, im Besonderen die Län-
ge und der Durchmesser, die von der der Maschine
zugeordneten Bedienungsperson der Steuereinheit
ECU mit Hilfe einer Dateneingabeeinheit (IU in
Fig. 2) übermittelt werden können, beispielsweise
mit Hilfe einer Tastatur oder Ähnlichem.

[0019] Wenn einmal die Stellung des Kopfs **1** im
Hinblick auf das Bezugssystem X, Y, Z sowie die Win-
kel α , β , mit denen die betriebsmäßige Einstellung
des Werkzeugs T festgelegt ist, der Durchmesser Q
des Werkzeugs sowie seine Länge, oder eher der
Abstand L (**Fig. 1**) zwischen der Spitze des Werk-
zeugs und der Drehachse W des Werkzeugträgers
bekannt sind, ist die Steuereinheit ECU in der Lage,
die Koordinaten der Werkzeugspitzen-Mitte C
(**Fig. 1**) des Werkzeugs T im X/Y/Z-Bezugssystem
der Maschine zu berechnen.

[0020] Die Stellung der Mitte C, die auf diese Weise
von der Steuereinheit ECU berechnet wurde, kann je-
doch, wenn auch nur wenig, von der tatsächlichen
Stellung der Werkzeugspitzen-Mitte aus verschiede-
nen Gründen abweichen, wie dies in der Einleitung
zu dieser Beschreibung gezeigt wurde.

[0021] Um die Stellung des Werkzeugs T bestätigen
zu können, ist der Werkzeugmaschine eine Vorrich-
tung zugeordnet, die nunmehr im Zusammenhang
mit **Fig. 2** beschrieben werden soll.

[0022] In dieser Figur ist mit der Bezugsziffer **10** ein
Drehtisch bezeichnet, der so angebracht ist, dass er

in einer Ebene parallel zum Maschinentisch oder Bett
11 der Werkzeugmaschine fortlaufend drehbar oder
schrittweise schaltbar ist.

[0023] Am Tisch **10** sind einander gegenüber lie-
gend eine Quelle **12** eines Laserstrahls und ein zuge-
ordneter Detektor **13** befestigt. Im Betrieb sendet die
Quelle **12** einen Laserstrahl LB zum Detektor **13**. Die-
ser Strahl wird vorzugsweise auf einen Zwischen-
punkt zwischen der Quelle und dem Detektor fokus-
siert.

[0024] Die Quelle **12** und der Detektor **13** sind am
besten mit einer Steuereinheit verbunden, bei der es
sich vorzugsweise um die selbe Steuereinheit ECU
der Werkzeugmaschine handeln kann. Diese Steuer-
einheit kann möglicherweise weiters mit einem Stell-
ungsfühler verbunden sein, der in Betrieb steht, um
der Einheit Informationen über die Winkelstellung
des Tisches **10** zu liefern, das heißt, über die Stellung
des Strahls LB. Die Detektoreinrichtung **13** ist mit der
zugeordneten Steuereinheit verbunden, die den Zu-
stand einer Unterbrechung des Strahls LB dadurch
abtasten kann, dass sie das von dieser Einrichtung
gelieferte Signal prüft.

[0025] Eine grundsätzliche Voraussetzung ist, dass
der Steuereinheit ECU die geometrische Stellung
des Laserstrahls bekannt ist.

[0026] Unter der Annahme, dass für eine gegebene
vorgegebene Arbeitsstellung das Werkzeug T, für
das beispielhaft aber nicht einschränkend angenom-
men werden kann, dass es ein halbkugelförmiges
Ende besitzt, wie dies **Fig. 3** zeigt, parallel zur
X/Z-Ebene ausgerichtet ist und mit der Vertikalen ein-
nen Winkel β (**Fig. 4**) einschließt, kann die Bestäti-
gung der Stellung des Werkzeugs beispielsweise wie
folgt erreicht werden.

[0027] Es soll angenommen werden, dass die geo-
metrischen Abmessungen (Länge und Durchmesser)
des zu prüfenden Werkzeugs T bereits bekannt sind
(da sie vorher gemessen oder händisch eingegeben
wurden).

[0028] Es sei darauf hingewiesen, dass die Steuer-
einheit ECU infolge dieser Fehler annimmt, dass die
Werkzeugspitzen-Mitte in einer gegebenen Stellung
X, Y, Z angeordnet ist, während dies in Wirklichkeit
nicht der Fall ist. **Fig. 5** zeigt den Widerspruch zwi-
schen der Nennstellung, von der die Einheit ECU vo-
raussetzt, dass das Werkzeug eingerichtet ist, und
der tatsächlichen Stellung. In **Fig. 5** sind mit den Be-
zugszeichen DX und DZ die Einstellfehler längs der
X- bzw. der Z-Achse bezeichnet. Es ist ersichtlich,
dass im Allgemeinen auch ein Fehler DY vorhanden
ist, den **Fig. 5** nicht zeigt.

Schritt 1

[0029] Der Tisch **10** ist so angeordnet, dass der Laserstrahl LB parallel zur Y-Achse des Bezugssystems der Maschine verläuft, das heißt, senkrecht zur ersten Unterbrechungsbewegung, die ausgeführt werden soll (in X-Richtung). Die Steuereinheit ECU der Maschine führt dann eine gesteuerte Auslenkung des Kopfs **1** so aus, um das Werkzeug T in eine bekannte Stellung nahe beim Laserstrahl LB zu bringen, beispielsweise in jene Stellung, die **Fig. 6** zeigt.

[0030] In dieser Stellung setzt die Einheit ECU voraus, dass sich die Werkzeugmitte auf der selben Höhe Z wie der Laserstrahl befindet. In Wirklichkeit ist dies wegen der in **Fig. 5** gezeigten Fehler nicht der Fall.

[0031] Ausgehend von dieser bekannten Stellung ruft die Steuereinheit ECU eine Auslenkung des Werkzeugs T in Richtung des Laserstrahls LB längs der Achse X hervor, wie dies der Pfeil F1 von **Fig. 6** zeigt, bis das Werkzeug den Strahl an einem Punkt B seiner Erzeugenden unterbricht. Der Unterbrechungszustand wird von der Steuereinheit dadurch abgetastet, dass das von der Detektoreinrichtung **13** gelieferte Signal analysiert wird. Die Steuereinheit gewinnt und speichert das Vermessen der Stellung des Werkzeugs in der Auslenkrichtung (X).

[0032] Es sei darauf hingewiesen, dass die Unterbrechung am Punkt B des Werkzeugs erfolgt, der in einem Abstand D vom Punkt A liegt, an dem die Steuereinheit ECU voraussetzt, dass der Laserstrahl unterbrochen werden muss (**Fig. 7**).

[0033] Bei bekannten geometrischen Abmessungen des Werkzeugs und unter der Voraussetzung, dass der Laserstrahl am Punkt A des Werkzeugs unterbrochen werden muss, bestimmt die Steuereinheit ECU die „tatsächliche“ Stellung der Werkzeugmitte, „tatsächlich“ insofern, als dass sie sich vom Wert DX (**Fig. 5**) im Hinblick auf die Annahme durch die Steuereinheit unterscheiden muss.

[0034] In Wirklichkeit ist der berechnete Punkt nicht C (die tatsächliche Stellung der Werkzeugmitte) sondern C1 (wie dies **Fig. 7** zeigt). An dieser Stelle nimmt die Steuereinheit ECU an, dass sie die genaue Stellung der Werkzeugmitte entlang der Achse X berechnet hat und speichert dies ab.

Schritt 2

[0035] Daraufhin kann die Steuereinheit ECU die Stellung des Werkzeugs T in einer bekannten Stellung feststellen, wie dies **Fig. 8** zeigt, in der sie voraussetzt, dass die Stellung der Mitte C des Werkzeugs auf der selben Höhe X wie der Laserstrahl LB liegt. In Wirklichkeit ist der Punkt C1 mit der Achse

des Laserstrahls LB ausgerichtet, wie dies oben beschrieben und gezeigt wurde.

[0036] Ausgehend von dieser Anfangsstellung ruft die Einheit dann eine Auslenkung des Werkzeugs in Richtung des Pfeils F2 (**Fig. 8**; Verminderung der Z-Richtung) hervor, bis der Strahl unterbrochen wird, und gewinnt und speichert die Stellung entlang der Z-Achse ab, an der diese Unterbrechung auftritt.

[0037] Es sei darauf hingewiesen (**Fig. 9**), dass die Unterbrechung an einem Punkt B1 des Werkzeugs erfolgt, der in einem Abstand D1 vom Punkt A1 liegt, an dem die Steuereinheit ECU annimmt, dass der Laserstrahl unterbrochen wurde.

[0038] Da die geometrischen Abmessungen des Werkzeugs bekannt sind und unter der Voraussetzung, dass der Laserstrahl am Punkt A1 des Werkzeugs unterbrochen wurde, ermittelt die Steuereinheit ECU die „tatsächliche“ Stellung der Werkzeugmitte, „tatsächlich“ insofern, als dass sie sich vom Wert DZ (**Fig. 5**) im Hinblick auf die Annahme der Steuereinheit unterscheidet.

[0039] In Wirklichkeit ist der berechnete Punkt nicht C (tatsächliche Stellung der Werkzeugmitte) sondern eher C2 (wie dies **Fig. 9** zeigt). An dieser Stelle nimmt die Steuereinheit ECU an, dass sie den genauen Wert der Stellung der Werkzeugmitte in der Z-Richtung berechnet hat und speichert dies ab.

[0040] An dieser Stelle hat die Speichereinheit ECU die Stellung der Werkzeugmitte im Hinblick auf die zugeordneten Fehler DX und DZ genauer bestimmt als in **Fig. 5**.

[0041] Es kann mathematisch gezeigt werden (D 1 ist kleiner als D), dass durch ein Wiederholen des Vorgangs, ausgehend vom Schritt 1, die Reihe gegen eine immer genauere Lösung konvergiert. Die Reihe endet dann, wenn eine zufriedenstellende Genauigkeit erreicht wurde, die durch einen minimal zulässigen Fehler in der Änderung der zugeordneten Variablen D und D 1 in aufeinanderfolgenden Iterationen begrenzt ist.

[0042] Mit jenen Informationen, die mit den oben beschriebenen Vorgängen erreicht werden, kann die Steuereinheit ECU die Koordinaten der Werkzeugspitzen-Mitte im Hinblick auf die X-, Z-Achse auf Richtigkeit prüfen und möglicherweise korrigieren.

Schritt 3

[0043] Der Bestätigungsvorgang sieht dann vor, dass der Tisch **10** so gedreht wird, dass der Laserstrahl LB längs einer neuen Richtung angeordnet wird, vorzugsweise unter 90° zur vorhergehenden Richtung. In diesem Zustand sind die Quelle **12**, der

Empfänger **13** und der Laserstrahl LB so angeordnet, wie dies in **Fig. 2** strichliert dargestellt ist.

Schritt 4

[0044] Die Steuereinheit bestimmt jetzt die Stellung des Werkzeugs T in einer bekannten Lage nahe beim Strahl LB, wie dies in den drei Ansichten von **Fig. 10** gezeigt wird.

[0045] Es sei darauf hingewiesen, dass im Schritt **4**, der auf jene Vorgänge folgt, die in den Schritten 1 und 2 beendet wurden, die Werkzeugmitte tatsächlich in der Höhe Z des Laserstrahls LB angeordnet ist.

[0046] Ausgehend von dieser Stellung und mit Hilfe von gesteuerten Auslenkungen des Werkzeugs T bis zu einer Unterbrechung des Laserstrahls LB sowie einem Gewinnen der so ausgeführten Bewegungen, kann die Steuerstufe verifizieren, ob die tatsächliche Ausrichtung der Werkzeugachse und die Stellung des Werkzeugs relativ zur Achse jenem Wert entsprechen, der vorher aufgrund der geometrischen Parameter des Systems berechnet wurde, oder nicht. Wenn dies zutrifft, kann die Einheit ECU geeignete Korrekturen so ausführen, dass die Mitte C des Werkzeugs tatsächlich in einer vorgegebenen Stellung angeordnet ist, um mit der Arbeit zu beginnen.

[0047] Als eine Alternative zu der in **Fig. 2** gezeigten Ausführungsform kann das Bestätigungssystem gemäß der Erfindung unter Verwendung von zwei Laserquellen, beispielsweise der Quellen **12** und **112** von **Fig. 11**, sowie von zugeordneten Detektoren **13** bzw. **113** aufgebaut sein, die ihnen gegenüber liegen. Der Aufbau der Quellen und der zugeordneten Detektoren erfolgt so, dass die entsprechenden Laserstrahlen LB1 und LB2 von **Fig. 11** in zwei Richtungen verlaufen, die miteinander einen Winkel von vorzugsweise 90° einschließen.

[0048] Anstelle des in **Fig. 11** gezeigten Beispiels können jedoch andere Anordnungen der Quellen und Detektoren ins Auge gefasst werden.

[0049] Selbstverständlich kann man den Gegenstand der Anmeldung (Erkennen der tatsächlichen Stellung der Werkzeugmitte) mit verschiedenen Vorgängen erhalten, die ausgeführt werden, um anscheinend unterschiedliche, jedoch im Wesentlichen gleiche Ergebnisse gegenüber den eben beschriebenen zu erreichen. Beispielsweise könnte die Steuereinheit ECU nicht nur die Werte von DX und DZ von **Fig. 5** durch Messungen an den Punkten P1, P2, P3, P4, P5 von **Fig. 12** sondern auch die Werte Da und D β der Stellungen der Drehachse des Kopfs bestimmen. Es ist ersichtlich, dass DX und DZ auch eine Folge von derartigen Fehlern Da und D β sind. Die Berechnung von Da und D β für deren Korrektur, oder die direkte Berücksichtigung der vom mechanischen

System übertragenen Fehler in der Steuereinheit ECU soll hier nicht als triviale Abänderung der hier beschriebenen Erfindung angesehen werden. Tatsächlich besitzt dieser Vorgang genau die selbe endgültige der Erkennung der tatsächlichen Stellung der Werkzeugmitte.

[0050] Selbstverständlich bleibt die Grundlage der Erfindung gleich, wobei die Ausführungsformen sowie Konstruktionsdetails gegenüber der Beschreibung und den Zeichnungen des nicht einschränken- den Beispiels weit verändert werden können, ohne dadurch vom Gebiet der Erfindung abzuweichen, wie es in den beiliegenden Ansprüchen festgelegt ist.

Patentansprüche

1. System zur Bestätigung eines Werkzeugs (T) einer Werkzeugmaschine, wobei das System enthält: einen Kopf (**1**), der einen Werkzeugträger (**4**) aufweist, in dem ein Werkzeug (T) betriebsmäßig angebracht ist, das für einen vorgegebenen Arbeitsgang in einer vorgegebenen Richtung angeordnet ist, die von Wandlereinrichtungen (T1, T2) abgetastet werden kann, die dem Kopf (**1**) zugeordnet sind und die mit einer Steuereinheit (ECU) der Maschine verbunden sind, mit der auch Fühlereinrichtungen (S1-S3) betriebsmäßig verbunden sind, um Signale zu liefern, die die momentane Stellung des Kopfs (**1**) in einem Bezugssystem (X, Y, Z) der Maschine angeben, und eine Motoreinrichtung, die in Betrieb gesetzt werden kann, um eine gesteuerte Bewegung des Kopfs (**1**) im Hinblick auf das Bezugssystem (X, Y, Z) der Maschine hervorzurufen; wobei das System eine Vorrichtung aufweist, die der Maschine zugeordnet ist und die enthält eine Laserstrahlgenerator-Einrichtung (**12**; **112**) und eine zugeordnete Detektoreinrichtung (**13**; **113**), die in Betrieb stehen, um ein erstes und ein zweites Messfeld festzulegen, in dem der erste bzw. der zweite Laserstrahl (LB; LB1, LB2) in entsprechende vorgegebene Richtungen verlaufen, die miteinander einen Winkel einschließen, vorzugsweise von 90° , und eine Prozessor/Steuer-Einheit (ECU), die in Betrieb gesetzt werden kann, um innerhalb der Messfelder Steuerbewegungen des Kopfs (**1**) so hervorzurufen, dass Unterbrechungen der Laserstrahlen (LB; LB1, LB2) durch das Werkzeug (T) auf vorgegebene Art hervorgerufen werden, um Signale herzustellen und zu analysieren, die von der Detektoreinrichtung (**13**; **113**) entsprechend geliefert werden, und um Signale oder Daten zu erzeugen, die die Stellung des Werkzeugs (T) im Bezugssystem (X, Y, Z) der Maschine angeben; wobei die Steuereinheit (ECU) so voreingestellt ist, um vorgegebene Schritte auszuführen, die aufweisen

- berechnen der Koordinaten einer vorausgesetzten Stellung der Werkzeugspitzen-Mitte (C) im Bezugssystem (X, Y, Z) der Maschine aufgrund von bekann-

ten geometrischen Abmessungen (\varnothing , L) des Werkzeugs (T) sowie einer Information, die von den Wandlereinrichtungen (T1, T2) und den Fühlereinrichtungen (S1-S3) geliefert wird;

- hervorrufen einer ersten Auslenkung des Kopfs (1) entlang einer ersten Koordinatenachse (X) von einer ersten Ausgangsstellung, in der das Werkzeug (T) den Laserstrahl (LB) nicht unterbricht und in der eine erste Koordinate (Z) der vorausgesetzten Stellung der Werkzeugspitzen-Mitte gleich der Stellung des Laserstrahls (LB) ist, wobei die erste Koordinate (Z) entlang einer zweiten Koordinatenachse (Z) gemessen wird, die sich von der ersten Koordinatenachse (X) unterscheidet, sowie herleiten und speichern der Stellung des Werkzeugs (T) entlang der ersten Koordinatenachse (X), an der das Werkzeug (T) den Strahl (LB) unterbricht, und neu berechnen der vorausgesetzten Stellung der Werkzeugspitzen-Mitte (C) unter Berücksichtigung der hergeleiteten und gespeicherten Stellung des Werkzeugs (T) entlang der ersten Koordinatenachse (X); und
- hervorrufen einer zweiten Auslenkung des Kopfs (1) entlang der zweiten Koordinatenachse (Z) von einer zweiten Ausgangsstellung, in der das Werkzeug den Laserstrahl (LB) nicht unterbricht und in der die erste Koordinate (X) der momentanen vorausgesetzten, berechneten Stellung der Werkzeugspitzen-Mitte (C1) gleich der Stellung des Laserstrahls (LB) ist, sowie herleiten und speichern der Stellung des Werkzeugs (T) entlang der zweiten Koordinatenachse (Z), an der das Werkzeug (T) den Strahl (LB) unterbricht, und neu berechnen der Stellung der Werkzeugspitzen-Mitte (C2) unter Berücksichtigung der hergeleiteten und gespeicherten Stellung des Werkzeugs (T) entlang der zweiten Koordinatenachse (Z).

2. System gemäß Anspruch 1, wobei die Generatoreinrichtung und die Detektoreinrichtung eine Laserquelle (12) sowie einen Detektor (13) enthalten, die so angebracht sind, dass sie auf einem Tragaufbau (10) einander gegenüber liegen, der zur Arbeitsebene (11) der Maschine drehbar ist und zumindest eine erste und eine zweite Stellung einnehmen kann, in der der Strahl (LB), der von der Quelle (12) ausgesandt wird, in eine erste bzw. eine zweite Richtung verläuft, die miteinander einen Winkel einschließen, vorzugsweise von 90° .

3. System gemäß Anspruch 1, wobei die Generatoreinrichtung und die Detektoreinrichtung eine erste und eine zweite Laserquelle sowie ein Detektorpaar (12, 13; 112, 113) enthalten, die entlang einer ersten bzw. einer zweiten Richtung ausgerichtet sind, die miteinander einen Winkel einschließen, vorzugsweise von 90° .

4. Verfahren zur Bestätigung eines Werkzeugs T in einer Werkzeugmaschine, die einen Kopf (1) enthält, der einen Werkzeugträger (4) aufweist, in dem ein Werkzeug (T) betriebsmäßig angebracht ist, das

für einen vorgegebenen Arbeitsgang in einer vorgegebenen Richtung angeordnet ist, die von Wandlereinrichtungen (T1, T2) abgetastet werden kann, die dem Kopf (1) zugeordnet sind und die mit einer Steuereinheit (ECU) verbunden sind, mit der auch Fühlereinrichtungen (S1-S3) betriebsmäßig verbunden sind, um Signale zu liefern, die die momentane Stellung des Kopfs (1) in einem Bezugssystem (X, Y, Z) der Maschine angeben, sowie eine Motoreinrichtung (M1, M2, M3) enthält, die in Betrieb gesetzt werden kann, um eine gesteuerte Bewegung des Kopfs (1) im Bezugssystem (X, Y, Z) der Maschine hervorzurufen,

wobei das Verfahren folgende Schritte enthält:

- erzeugen eines ersten und eines zweiten Laserstrahls (LB; LB1, LB2) im Arbeitsfeld der Maschine, die jeweils in vorgegebene Richtungen verlaufen, die miteinander einen Winkel einschließen, vorzugsweise von 90° ;

- abtasten des ersten bzw. zweiten Laserstrahls (LB; LB1, LB2) mit der Detektoreinrichtung (13; 113); und hervorrufen von gesteuerten Bewegungen des Kopfs (1) so, dass das Werkzeug (T) die Laserstrahlen (LB; LB1, LB2) auf vorgegebene Art unterbricht, herleiten und analysieren der Signale, die jeweils von der Detektoreinrichtung (13; 113) geliefert werden, um Signale oder Daten zu erzeugen, die die Geometrie und die Stellung des Werkzeugs (T) im Bezugssystem (X, Y, Z) der Maschine angeben; wobei das Verfahren aufweist:

- berechnen der Koordinaten einer vorausgesetzten Stellung der Werkzeugspitzen-Mitte (C) im Bezugssystem (X, Y, Z) der Maschine mit Hilfe der Steuereinheit (ECU) aufgrund von bekannten geometrischen Abmessungen (\varnothing , L) des Werkzeugs (T) sowie einer Information, die von den Wandlereinrichtungen (T1, T2) und den Fühlereinrichtungen (S1-S3) geliefert wird;

- hervorrufen einer ersten Auslenkung des Kopfs (1) entlang einer ersten Koordinatenachse (X) von einer ersten Ausgangsstellung, in der das Werkzeug (T) den Laserstrahl (LB) nicht unterbricht und in der eine erste Koordinate (Z) der vorausgesetzten Stellung der Werkzeugspitzen-Mitte gleich der Stellung des Laserstrahls (LB) ist, wobei die erste Koordinate (Z) entlang einer zweiten Koordinatenachse (Z) gemessen wird, die sich von der ersten Koordinatenachse (X) unterscheidet, sowie herleiten und speichern der Stellung des Werkzeugs (T) entlang der ersten Koordinatenachse (X), an der das Werkzeug (T) den Strahl (LB) unterbricht, und neu berechnen der vorausgesetzten Stellung der Werkzeugspitzen-Mitte (C) unter Berücksichtigung der hergeleiteten und gespeicherten Stellung des Werkzeugs (T) entlang der ersten Koordinatenachse (X); und

- hervorrufen einer zweiten Auslenkung des Kopf (1) entlang der zweiten Koordinatenachse (Z) von einer zweiten Ausgangsstellung, in der das Werkzeug (T) den Laserstrahl (LB) nicht unterbricht und in der die erste Koordinate (X) der momentanen vorausgesetz-

ten, berechneten Stellung der Werkzeugspitzen-Mitte (C1) gleich der Stellung des Laserstrahls (LB) ist, sowie herleiten und speichern der Stellung des Werkzeugs (T) entlang der zweiten Koordinatenachse (Z), an der das Werkzeug (T) den Strahl (LB) unterbricht, und neu berechnen der Stellung der Werkzeugspitzen-Mitte (C2) unter Berücksichtigung der hergeleiteten und gespeicherten Stellung des Werkzeugs (T) entlang der zweiten Koordinatenachse (Z).

5. Verfahren gemäß Anspruch 4, wobei eine einzige Laserlicht-Quelle (**12**) sowie ein zugeordneter Empfänger (**13**) verwendet werden, die in zwei relativen Stellungen angeordnet werden können, in denen der von der Quelle (**12**) ausgesandte Strahl in eine erste bzw. in eine zweite Richtung verläuft.

6. Verfahren gemäß Anspruch 4, wobei zwei Quellen/Detektor-Paare (**12, 13; 112, 113**) verwendet werden, die in entsprechenden Stellungen so angeordnet sind, dass die entsprechenden Laserstrahlen (LB1, LB2) entlang einer ersten bzw. einer zweiten Richtung verlaufen, die miteinander einen Winkel einschließen, vorzugsweise von 90°.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

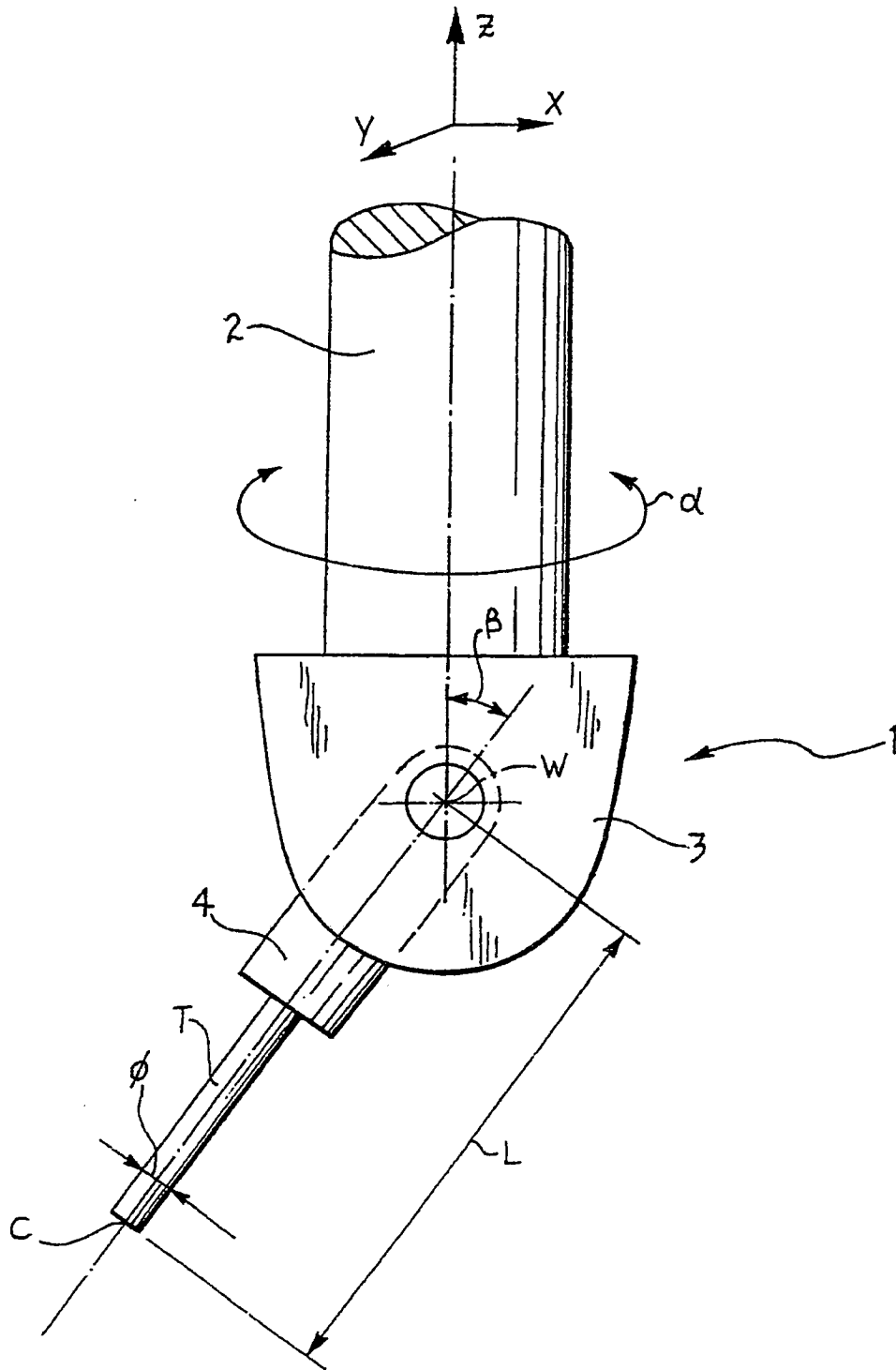


FIG. 2

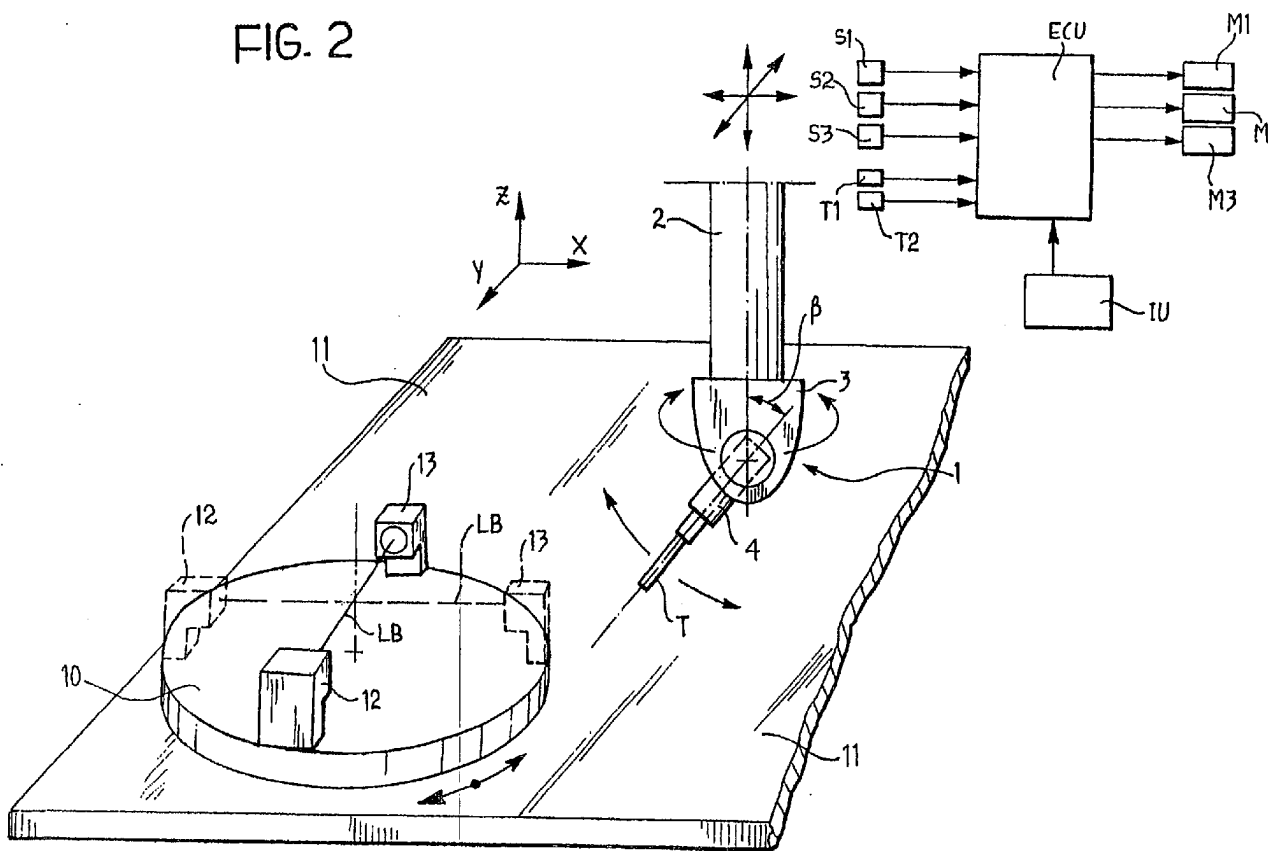


FIG. 3

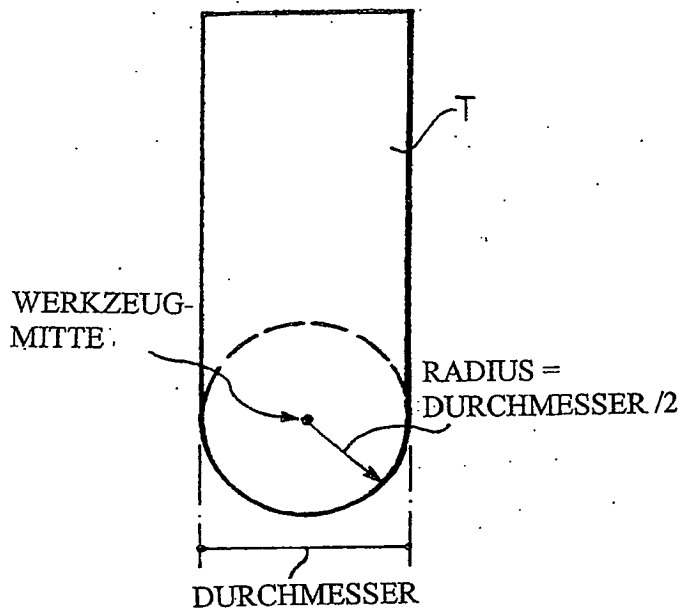


FIG. 4

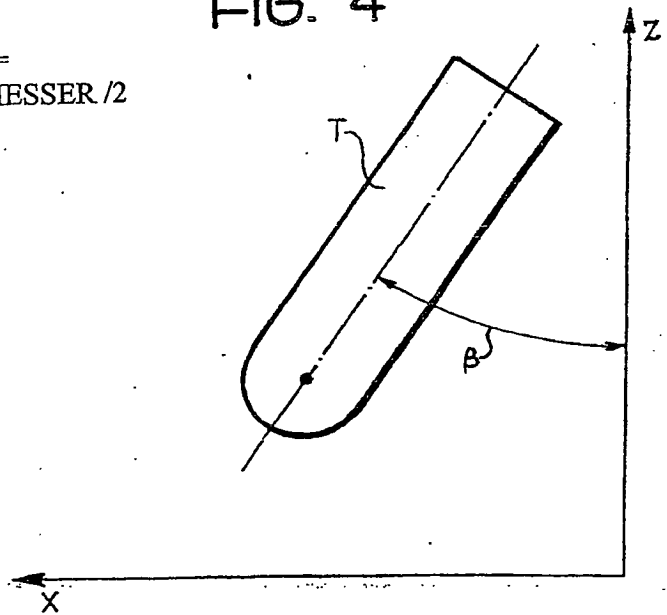
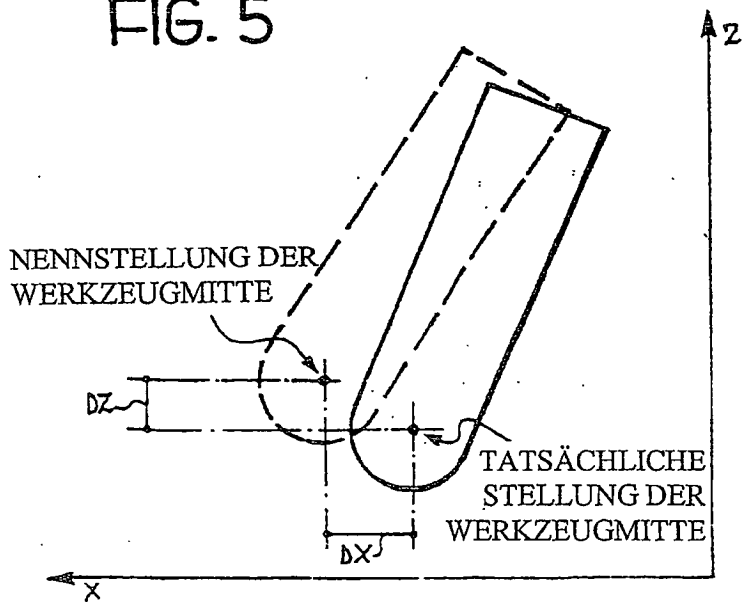


FIG. 5



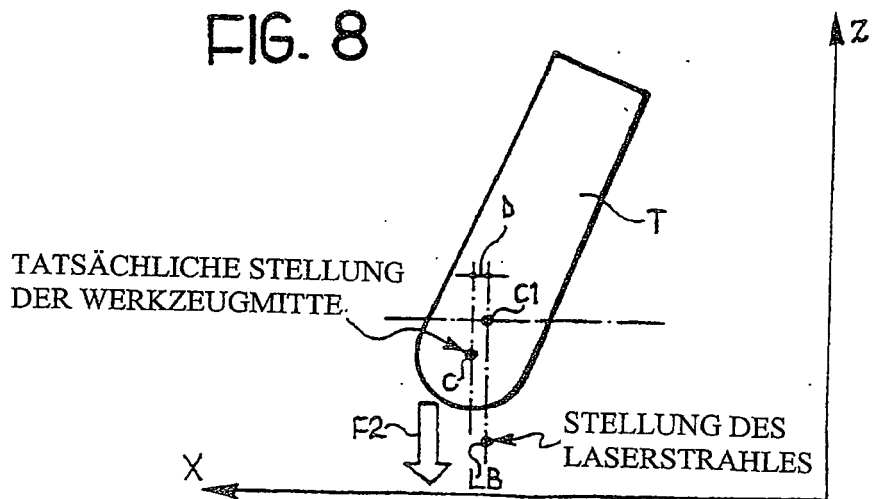
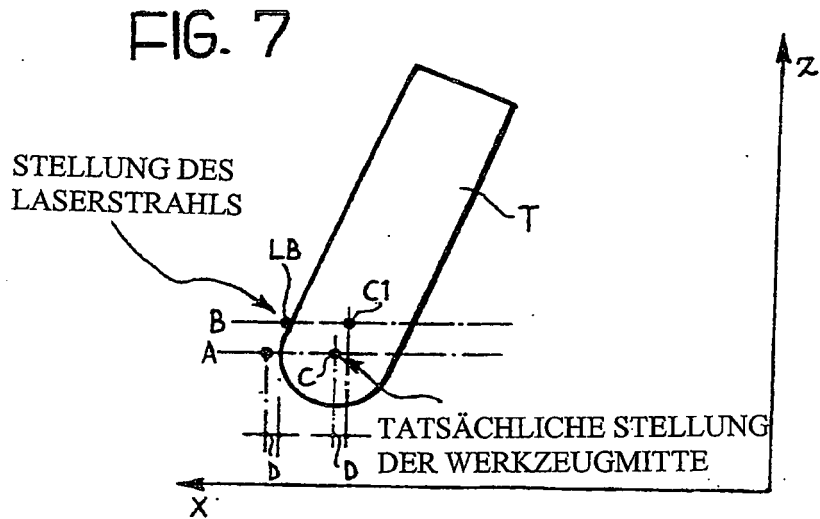
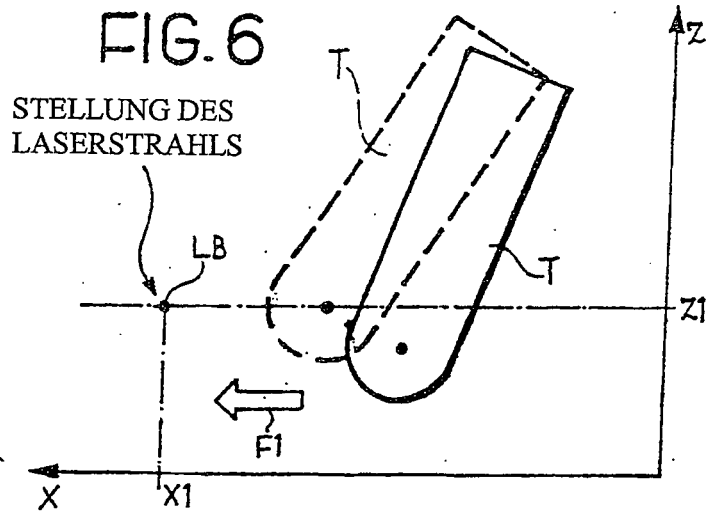


FIG. 9

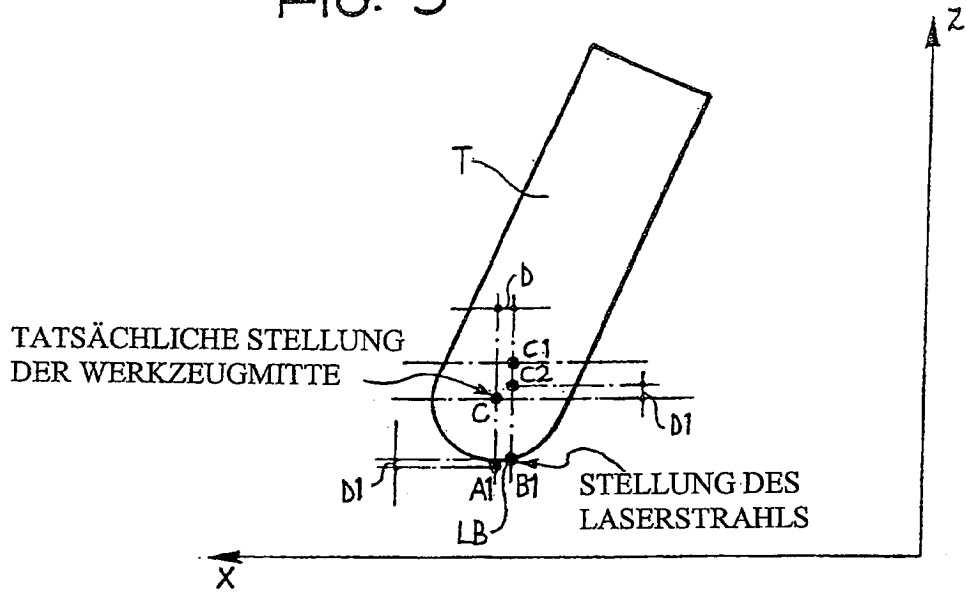


FIG. 10

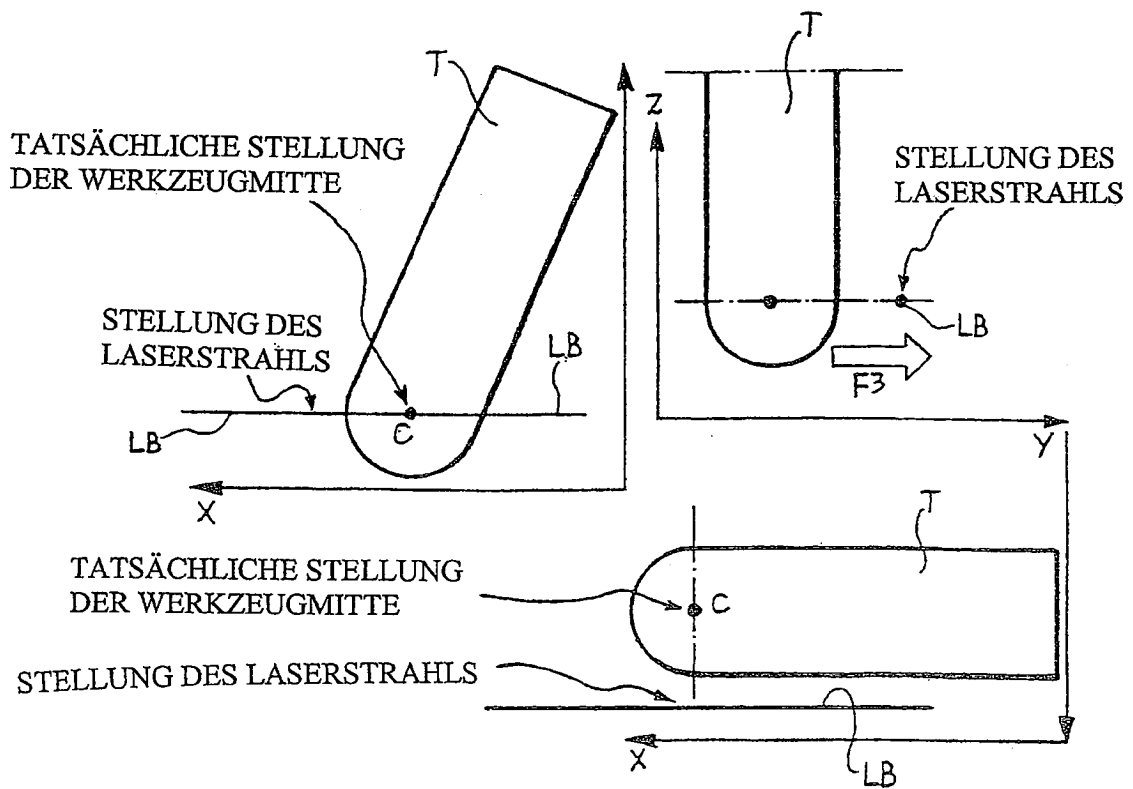


FIG. 11

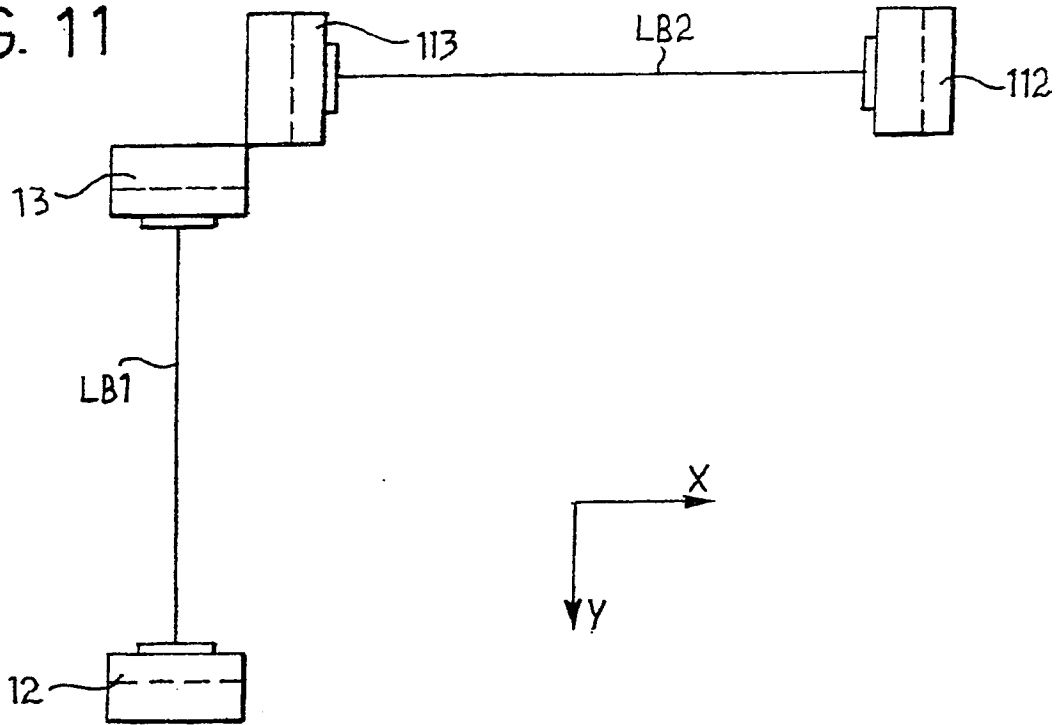


FIG. 12

