PCT WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro

INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation 7 : G01B 11/27

A1

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: **WO 00/49365**

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 24. August 2000 (24.08.00)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE00/00448

(22) Internationales Anmeldedatum: 17. Februar 2000 (17.02.00)

(30) Prioritätsdaten:
199 07 880.7 17. Februar 1999 (17.02.99) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten ausser US)*: PRÜFTECHNIK DIETER BUSCH AG [DE/DE]; Oskar–Messter–Strasse 19–21, D–85737 Ismaning (DE).

(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: PFISTER, Florian [DE/DE]; Höllriegelskreutherstrasse 3, D–81379 München (DE). UNGER, Andreas [DE/DE]; Lörenskogstrasse 13, D–85748 Garching (DE).

(81) Bestimmungsstaaten: CA, CN, JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

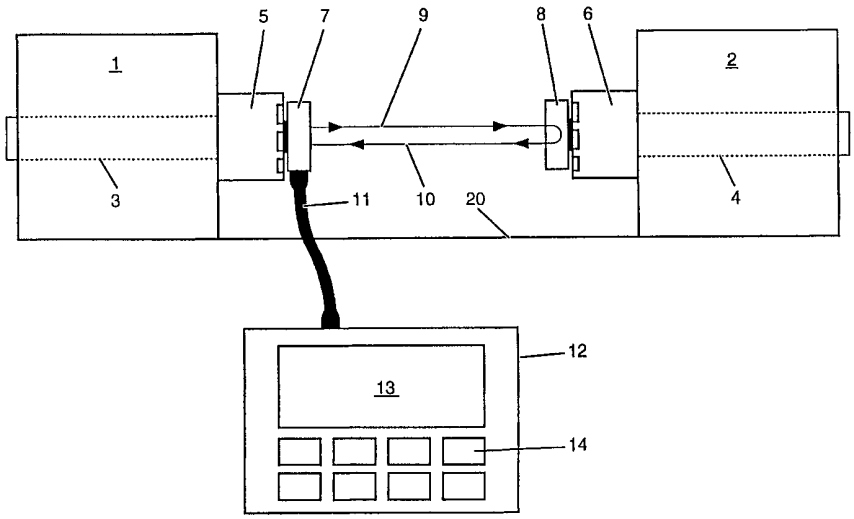
Veröffentlicht
Mit internationalem Recherchenbericht.
Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.

(54) Title: LASER MEASURING METHOD FOR DETERMINING THE AZIMUTH, ELEVATION AND OFFSET OF TWO TOOL SPINDLES RELATIVE TO A REFERENCE PLANE

(54) Bezeichnung: LASER–MESSVERFAHREN ZUR BESTIMMUNG VON AZIMUT, ELEVATION UND OFFSET ZWEIER WERKZEUGSPINDELN RELATIV ZU EINER BEZUGSEBENE

(57) Abstract

The invention relates to a method for determining the azimuth and elevation of two tool spindles (3, 4) relative to a reference plane. An optical transmitter/receiver unit (7) is mounted on the first spindle (3). The emitted light is reflected on a reflecting prism (8) fixed to the second spindle (4) and detected in the receiver unit (7). The angular position and the effective distance of the spindle are initially measured with said construction. After displacing both spindles in distal direction along a given path (s), the angular position and the effective distance relative to the reference plane is measured once again. On the basis of both measurements, the relative position of both spindles (3, 4) in relation to the reference plane is subsequently calculated. The inventive method enables simple, quick and cost–effective alignment of the spindles.



(57) Zusammenfassung

Bei dem erfindungsgemässen Verfahren werden Azimut und Elevation zweier Werkzeugspindeln (3, 4) relativ zu einer Bezugsebene bestimmt. Dabei ist an der ersten Spindel (3) eine optische Sende/Empfangseinheit (7) angebracht. Das ausgesandte Licht wird an einem an der zweiten Spindel (4) befestigten Spiegelprisma (8) reflektiert und in der Empfangseinheit (7) detektiert. Mit diesem Aufbau wird zunächst die Winkellage und der effektive Abstand der Spindeln relativ zu einer Bezugsebene gemessen. Nach Verschiebung einer der beiden Spindeln in distaler Richtung um eine bestimmte Strecke (s) wird ein zweites Mal die Winkellage und der effektive Abstand relativ zur Bezugsebene gemessen. Aus beiden Messungen werden anschliessend die Relativlagen beider Spindeln (3, 4) zur Bezugsebene berechnet. Das Verfahren ermöglicht eine einfache, schnelle und kostengünstige Ausrichtung der Spindeln.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	**ES**	Spanien	**LS**	Lesotho	**SI**	Slowenien
AM	Armenien	**FI**	Finnland	**LT**	Litauen	**SK**	Slowakei
AT	Österreich	**FR**	Frankreich	**LU**	Luxemburg	**SN**	Senegal
AU	Australien	**GA**	Gabun	**LV**	Lettland	**SZ**	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	**GB**	Vereinigtes Königreich	**MC**	Monaco	**TD**	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	**GE**	Georgien	**MD**	Republik Moldau	**TG**	Togo
BB	Barbados	**GH**	Ghana	**MG**	Madagaskar	**TJ**	Tadschikistan
BE	Belgien	**GN**	Guinea	**MK**	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	**TM**	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	**GR**	Griechenland			**TR**	Türkei
BG	Bulgarien	**HU**	Ungarn	**ML**	Mali	**TT**	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	**IE**	Irland	**MN**	Mongolei	**UA**	Ukraine
BR	Brasilien	**IL**	Israel	**MR**	Mauretanien	**UG**	Uganda
BY	Belarus	**IS**	Island	**MW**	Malawi	**US**	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	**IT**	Italien	**MX**	Mexiko		
CF	Zentralafrikanische Republik	**JP**	Japan	**NE**	Niger	**UZ**	Usbekistan
CG	Kongo	**KE**	Kenia	**NL**	Niederlande	**VN**	Vietnam
CH	Schweiz	**KG**	Kirgisistan	**NO**	Norwegen	**YU**	Jugoslawien
CI	Côte d'Ivoire	**KP**	Demokratische Volksrepublik Korea	**NZ**	Neuseeland	**ZW**	Zimbabwe
CM	Kamerun			**PL**	Polen		
CN	China	**KR**	Republik Korea	**PT**	Portugal		
CU	Kuba	**KZ**	Kasachstan	**RO**	Rumänien		
CZ	Tschechische Republik	**LC**	St. Lucia	**RU**	Russische Föderation		
DE	Deutschland	**LI**	Liechtenstein	**SD**	Sudan		
DK	Dänemark	**LK**	Sri Lanka	**SE**	Schweden		
EE	Estland	**LR**	Liberia	**SG**	Singapur		

Bezeichnung der Erfindung:

Laser-Messverfahren zur Bestimmung von Azimut, Elevation und Offset zweier Werkzeugspindeln relativ zu einer Bezugsebene

(Beschreibung)

(Stand der Technik)

Die Erfindung betrifft ein Laser-Messverfahren zur Bestimmung von Azimut und Elevation zweier zueinander auszurichtender Werkzeugspindeln relativ zu einer Bezugsebene. Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein Verfahren, mittels solcherart bestimmter Messwerte für Azimut und Elevation die Werkzeug-Spindeln in einfacher, kostengünstiger und zeitsparender Weise aufeinander auszurichten, insbesondere parallel auszurichten. Weiterhin betrifft die Erfindung die Bereitstellung passender Gerätschaften zur Durchführung der genannten Verfahren.

Es werden seit längerer Zeit Anstrengungen unternommen, um die Qualität von maschinenbearbeiteten Werkstücken mittels verschiedener Maßnahmen zu erhöhen. Eine dieser Maßnahmen betrifft die Vereinfachung der metrologischen Beurteilung von automatisierten Werkzeugmaschinen. Sowohl bei einer Neuinstallation, als auch nach Maßgabe eines Inspektionsplanes, ist es erforderlich, die tatsächlichen geometrisch/mechanischen Kennwerte einer Werkzeugmaschine mit angenommenen Idealwerten zu vergleichen. Bei unzulässigen Abweichungen sind entsprechende Korrekturmaßnahmen erforderlich, sofern solche überhaupt durchgeführt werden können. Speziell nach den gelegentlich vorkommenden Fehlbedienungen an solchen Maschinen, bei denen z. B. ein Werkzeughalter in den Aktionsbereich einer Spannzange oder des Backenfutters verfahren wird (oder ähnlichen sog. Crashs), sollte überprüft werden, ob die tatsächlich existierenden geometrisch/mechanischen Kennwerte einer Werkzeugmaschine mit den zugrunde gelegten Idealwerten im Rahmen der zugelassenen Toleranzfelder übereinstimmen.

Zu diesem Zweck werden in der Zwischenzeit neben herkömmlichen mechanischen Messinstrumenten solche benutzt, deren Messzeiger auf Basis eines lichtoptischen Strahls, insbesondere eines Laserstrahls basieren. Ein solches System wird in der DE 40 34 302 A1 beschrieben. In dieser Schrift werden auch weitere oder ähnliche Systeme der genannten Art diskutiert. Zur Vermeidung von Längen wird auf die genannte DE 40 34 302 A1 bzw. die zugehörige US-Patentschrift 5,224,052 (Erfinder Hamar) Bezug genommen. Mit dem genannten System ist es jedoch mittels den dort dargestellten Methoden der Spindelausrichtung nicht möglich, eine Aussage hinsichtlich der Ausrichtung mehrerer Spindeln relativ zu einer

Bezugsebene bereit zu stellen. Dies gilt speziell für das Problem, eine jeweilige Elevation für zwei Maschinenachsen einzeln und relativ zu einer schräg gestellten, also geneigten, Referenzebene anzugeben. Das gleiche gilt, wenn vergleichbare azimutale Ausrichtungs-Differenzen von Spindeln bezüglich einer gemeinsamen Verfahrlinie und koplanar zur genannten Referenzebene bestimmt werden soll.

(Aufgabe der Erfindung)

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, das vorgenannte Problem mit kostengünstigen Messeinrichtungen zu lösen, bei deren Handhabung wenig metrologische Probleme entstehen und wobei die Handhabung als besonders unkompliziert einzustufen ist. Diese Aufgabe wird mit den Mitteln gelöst, deren Merkmale in den unabhängigen Ansprüchen angegeben sind.

Die Erfindung beruht im Wesentlichen auf einem Verfahren, gemäß welchem zunächst eine winkelmäßige Relativlage zweier Werkzeugmaschinen-Spindeln oder dergleichen nach zwei Winkelkoordinaten (Azimut und Elevation, entsprechend Yaw und Pitch) im Raum ausgemessen werden, weiterhin eine Bestimmung eines in einer ersten vordefinierten Ebene existierenden effektiven Abstandes der zu den Werkzeugspindeln gehörigen Rotationsachsen durchgeführt wird, sodann die effektive distale Beabstandung der Werkzeugspindeln kontrolliert variiert wird, sodann erneut die winkelmäßige räumliche Relativlage der genannten Winkelkoordinaten zueinander ausgemessen werden, und sodann eine weitere Bestimmung eines in einer zweiten vordefinierten Ebene existierenden effektiven Abstandes der zu den Werkzeugspindeln gehörigen Rotationsachsen durchgeführt wird, und schließlich unter Bezugnahme auf die so aufgefundenen Messwerte die jeweils einzelnen winkelmäßigen Relativlagen der Werkzeugmaschinen-Achsen nach Azimut und Elevation errechnet werden, insbesondere bezüglich eines Koordinatensystems, welches einer vordefinierten Referenz-Ebene zugeordnet ist. Die vordefinierte Referenzebene definiert dabei typischerweise eine von mehreren Randbedingungen für die kontrollierte Veränderung der distalen Beabstandung der beteiligten Spindeln, und sie bezieht sich dabei mit Vorteil auf eine durch ein Maschinenbett vorgegebene Ebene. - Bei der Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es darüber hinaus möglich, ohne zusätzliche Messvorgänge den relativen linearen Offset der Werkzeugspindeln nach zwei (translatorischen) Raumkoordinaten mit sehr hoher Messgenauigkeit zu bestimmen.

Die Vorteile des Verfahrens bestehen darin, dass eine der Spindeln einer Werkzeugmaschine in einfacher Weise lediglich mit einem optisch/mechanisch wirkenden Spiegelprisma oder Retroreflektor bestückt zu werden braucht, welches somit von sehr einfacher, wenn auch hochgenauer mechanisch/optischer Konstruktion ist. Gleichzeitig ist die jeweils andere, zugehörige und ebenfalls zu überprüfende Spindel einer Werkzeugmaschine mit einem Sende-/Empfangsteil ausgerüstet, welches dazu dient, einen Lichtstrahl auf das Spiegelprisma zu werfen und den reflektierten Lichtstrahl auf einer Messfläche des Empfangsteils zu lokalisieren, d. h. dessen Auftreffpunkt auf einer solchen Messfläche mittels geeigneter Messtechnik in zumindest einer, mit besonderem Vorteil jedoch in zwei Dimensionen zu bestimmen. Hierzu werden in an sich bekannter Art optoelektrische Sensoren und zugehörige Interface-Schaltungen samt angeschlossener Computer oder Controller verwendet. Die vorgenannte Separation von elektronischen und nichtelektronisch wirkenden Komponenten stellt sicher, dass die Handhabung der erfindungsgemäß vorgesehenen Gerätschaften äußerst einfach und bequem verfolgen kann.

(Beispiele)

Die Erfindung wird im Folgenden anhand eines Beispieles und zugehöriger Figuren beschrieben.

Es zeigt

Fig. 1 die erfindungsgemäß vorgesehenen optischen, optoelektronischen und elektronischen Komponenten des Systems, wie zur Ausführung der Erfindung vorgeschlagen.

Fig. 2 die geometrischen Verhältnisse für beteiligte Achsen und Bezugslinien oder -ebenen

Fig. 3 eine perspektivische schematische Ansicht auf eine Werkzeugmaschine nach dem Stand der Technik, wie zur Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens geeignet

Die in Fig. 1 und 2 gezeigten Werkzeugmaschinen 1 und 2 können entlang einer Auflagefläche 20 gegeneinander verschoben werden, wobei die entsprechende Verschiebebewegung als im Wesentlichen linear anzusehen ist. Falls es einer Bedienperson unklar sein sollte, ob die genannte Voraussetzung zutrifft, so kann in vorteilhafter Weise mit den gleichen Gerätschaften, mit denen das erfindungsgemäße Verfahren durchgeführt wird, eine

diesbezügliche Überprüfung auf Geradheit (straightness) an der zu untersuchenden Werkzeugmaschine durchgeführt werden.

Bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Messverfahrens kommt es einer Bedienperson hauptsächlich darauf an, nicht nur einen eventuell existierenden linearen Offset (also parallele Verlagerung) der Maschinenspindeln zu bestimmen, sondern auch deren Ausrichtung in Azimut (yaw) und Elevation (pitch) zu ermitteln. Zu diesem Zweck wird mit Vorteil ein Koordinatensystem verwendet, welches in die Auflagefläche 20 gelegt ist.

Zur Korrektur der genannten Fehlwinkel ist es also erforderlich, diese zunächst messtechnisch zu bestimmen, und dann mittels geeigneter Justagemaßnahmen an der aktuell überprüften Werkzeugmaschine möglichst weitgehend zu unterdrücken.

Das erfindungsgemäße Verfahren sieht hierbei vor, in eine vorhandene Aufnahmevorrichtung 5 der Werkzeugmaschine 1 ein Sende-/Empfangsteil 7 einzuspannen. Das Sende-/Empfangsteil 7 dient zum einen dazu, Lichtstrahlen 9 in Richtung der Werkzeugmaschine 2 zu emittieren. Hierzu werden mit Vorteil an sich bekannte, optoelektronische und optische Elemente verwendet, wie sie z. B. in einem Halbleiterlaser zu finden sind. Das Sende-/Empfangsteil 7 ist weiterhin mit einer Datenübertragungseinrichtung 11 versehen, mit der ein mono- oder bidirektionaler Austausch von Daten zu einem tragbaren Bedienteil 12 durchgeführt werden kann. Die Datenübertragungseinrichtung 11 kann drahtgebunden oder drahtlos funktionieren.

Die emittierten Lichtstrahlen 9 fallen auf ein Spiegelprisma 8 auf, dessen Halterung bevorzugt zylindrisch ausgestaltet ist, und welche mit einem ebenfalls zylindrischen Spannzapfen versehen ist. Der genannte Spannzapfen kann direkt und in bequemer Weise in die Spann- oder Aufnahmevorrichtung 6 der Werkzeugmaschine 2 eingespannt werden. Auf diese Weise kann das Spiegelprisma, zugleich und im Wesentlichen synchron, mit dem Sende-/Empfangsteil 7, rotiert werden. Dies erfolgt entweder per geeigneter Befehlsgabe vermittels des Bedienteils 12 an die Maschine 2, oder aber von Hand, so dass die Spindel 4 um einen vordefinierten Winkel um ihre Drehachse gedreht wird.

Der Lichtstrahl 9 wird durch das Spiegelprisma 8 reflektiert. Dessen Querschnitt entspricht einem rechtwinkligen Dreieck, welches gleichlange Katheten aufweist.

Die optische und optoelektronische Anordnung und Wirkungsweise entspricht dabei verschiedenen Komponenten, wie sie aus der DE 38 144 66 bekannt sind, und deren Funktion

im Einzelnen hier zur Vermeidung von Längen nicht wiederholt wird. Vielmehr wird auf den Inhalt dieser Anmeldeschrift DE 38 144 66 vollumfänglich Bezug genommen ("incorporated by reference"). Es sei festgehalten, dass mit einer solchen Anordnung lateraler und angularer Versatz in jeweils zwei Achsen/Koordinaten quantitativ ausgemessen werden kann. Ein spezielles diesbezüglich anwendbares Verfahren wird in der DE 39 11 307 genannt, auf deren Inhalt ebenfalls vollumfänglich Bezug genommen wird.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird gemäß Fig. 2 folgendermaßen ausgeführt:

Zunächst wird unter Zuhilfenahme des Spiegelprismas 8 sowie des Sende-/Empfangsteils 7, gegebenenfalls nach einer erforderlichen Drehung der Spindeln 3 und/oder 4, deren relative Elevation "gamma" zueinander bestimmt und für die weitere Auswertung in einem geeigneten elektronischen Speicher des Bedienteils 12 registriert. Diese Messung ist aufgrund der Eigenschaften der verwendeten Messgeräte ohne weitere Massnahmen oder Manipulationen möglich. Wichtig ist bei dieser Messung jedoch eine definierte winkelmässige Ausrichtung zwischen Sende-/Empfangsteil 7 und dem Spiegelprisma 8. Gleichzeitig wird nun der mittels Sende-/Empfangsteil 7 und dem Spiegelprisma 8 ebenfalls festgestellte achsiale Versatz "d1" der Spindelachsen gegeneinander vermessen, und zwar in einer solchen Ebene, die auch zur Bestimmung der Elevation dient. Der Versatzwert "d1" wird ebenfalls im Bedienteil 12 registriert.

Danach wird eine der beiden Werkzeugmaschinen 1, 2 samt zugehöriger Spindel distal und definiert um eine Strecke "s" gegenüber der anderen verschoben, und zwar im Wesentlichen in der durch das Maschinenbett und vorhandenen Führungen vorgegebenen Richtung. Der zugehörige Messwert für die Verschiebung um "s" wird sodann in das Bedienteil manuell oder automatisiert eingegeben.

Daraufhin wird erneut gemäß obig angegebenem Schema nach einer erforderlichen Drehung der Maschinenspindeln deren relative Elevation "gamma " zueinander bestimmt. Dieser Wert sollte dem zuvor ermittelten Wert "gamma " entsprechen, zumindest bis auf einen geringen, vordefinierbaren Fehler. Bei Nichtübereinstimmung kann das Bediengerät eine Fehlermeldung ausgeben. Desgleichen wird erneut und nach dem gleichen Messverfahren der zu dieser Elevation vorliegende achsiale Versatz "d2" der Spindeln bestimmt und im Bedienteil 12 registriert. Dieser Wert stimmt nur ausnahmsweise mit dem zuerst bestimmten überein. Wie

aus Fig. 2 ersichtlich, läßt sich nämlich aus dem Verhältnis aus Differenz d1-d2 zur Strecke "s" gemäß bekannten trigonometrischen Funktionen der Winkelwert "alpha" errechnen. Dieser Winkelwert ist nun gleichzeitig die Elevation der ersten Spindelachse gegenüber dem gemeinsamen Maschinenbett. Die Beziehung der Winkelwerte untereinander errechnen sich nun gemäss der Erfindung dadurch, dass der Winkelwert "beta" sich additiv aus den Anteilen "alpha" plus "gamma" zusammensetzt, wobei "beta" die Elevation der zweiten Spindelachse gegenüber dem Maschinenbett kennzeichnet.

Mit diesem Verfahren können somit zwei gesuchte Elevationen ermittelt werden.

Die ebenfalls erforderliche Bestimmung der Werte für Winkelabweichungen der Spindeln gegeneinander, in einer azimutaler Richtung (yaw) relativ zu einer Bezugsebene, wird in völlig vergleichbarer Weise durchgeführt. Mittels dem obig vorgeschlagenen Messwerkzeug kann daher eine simultane Bestimmung der Fehler-Winkel sowohl in azimutaler als auch in elevationsmäßiger Richtung durchgeführt werden.

Damit genügt eine einzige Verschiebebewegung der Spindeln gegeneinander, um einen vollständigen Satz interessierender Messergebnisse zu erhalten. Anhand dieser kann das Bedienteil 12 sodann Vorschläge für eine effiziente Korrektur der Spindellagen errechnen (z.B. für eine Korrektur mittels Justierschrauben oder dgl.). Hierdurch kann eine turnusmäßige Überprüfung und ggf. die Justage von Werkzeugmaschinen wesentlich schneller durchgeführt werden, als dies vorher möglich war. Ein besonderer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, dass mit ein und demselben Messvorgang, der aus nur wenigen Mess-Schritten besteht, sowohl eine angulare Relativlage von zwei Maschinenspindeln bezüglich einer Referenzebene, als auch deren linearer Versatz (offset) nach zwei Achsen im Raum bestimmbar ist.

(Patentansprüche)

1.

Laser-Messverfahren zur Bestimmung von Azimut und Elevation zweier zueinander auszurichtender Werkzeugspindeln, welches in folgenden Schritten ausgeführt wird:

a) Bestimmung einer winkelmäßigen Relativlage zweier Werkzeugmaschinen-Spindeln, nach zwei Winkelkoordinaten, gegenüber einer Bezugsebene

b) Bestimmung eines in einer vordefinierten Querschnittsfläche existierenden effektiven Abstandes der zu den Werkzeugspindeln gehörigen Rotationsachsen,

c) kontrollierte Veränderung der effektiven distalen Beabstandunge der zueinander auszurichtenden Werkzeugspindeln,

d) erneute Bestimmung der winkelmäßigen Relativlage der Werkzeugspindeln, nach zwei Winkelkoordinaten,

e) erneute Bestimmung eines in einer vordefinierten Querschnittsfläche existierenden effektiven Abstandes der zu den Werkzeugspindeln gehörigen Rotationsachsen,

f) Berechnung der jeweils einzelnen winkelmäßigen Positionen der Spindelachsen relativ zu den Koordinaten einer vordefinierten Referenz-Ebene.

2.

Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die vordefinierte Referenz-Ebene durch die Oberfläche eines Maschinenbettes einer Werkzeugmaschine dargestellt wird.

3.

Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bestimmung sowohl der winkelmässigen Relativlage, als auch des effektiven Abstandes von Rotationsachsen, ein aus mehreren separaten Komponenten bestehendes Messystem angewendet wird, welches einerseits ein kombiniertes Sende-/Empfangssystem aufweist, andererseits einen Retroreflektor oder ein retroreflektierendes Winkelprisma aufweist.

4.

Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass ein Messystem zur Anwendung gebracht wird, welches zeitgleich und in Echtzeit Winkelabweichungen nach zwei Winkelkoordinaten und einen Parallelversatz nach zwei translatorischen Koordinaten erfassen kann.

5.

Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Messystem ein einziger Halbleiterlaser verwendet wird.

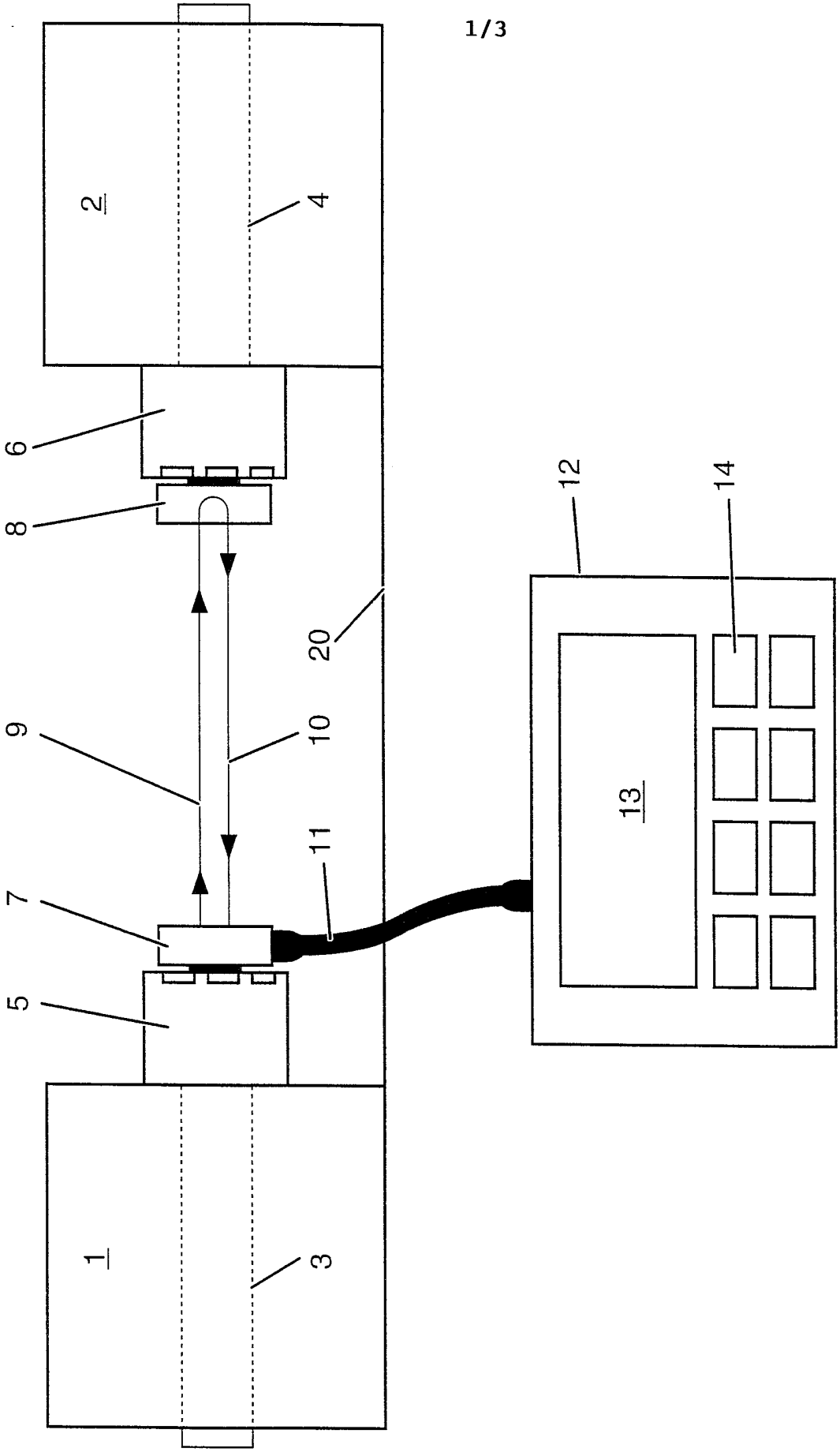


Fig. 1

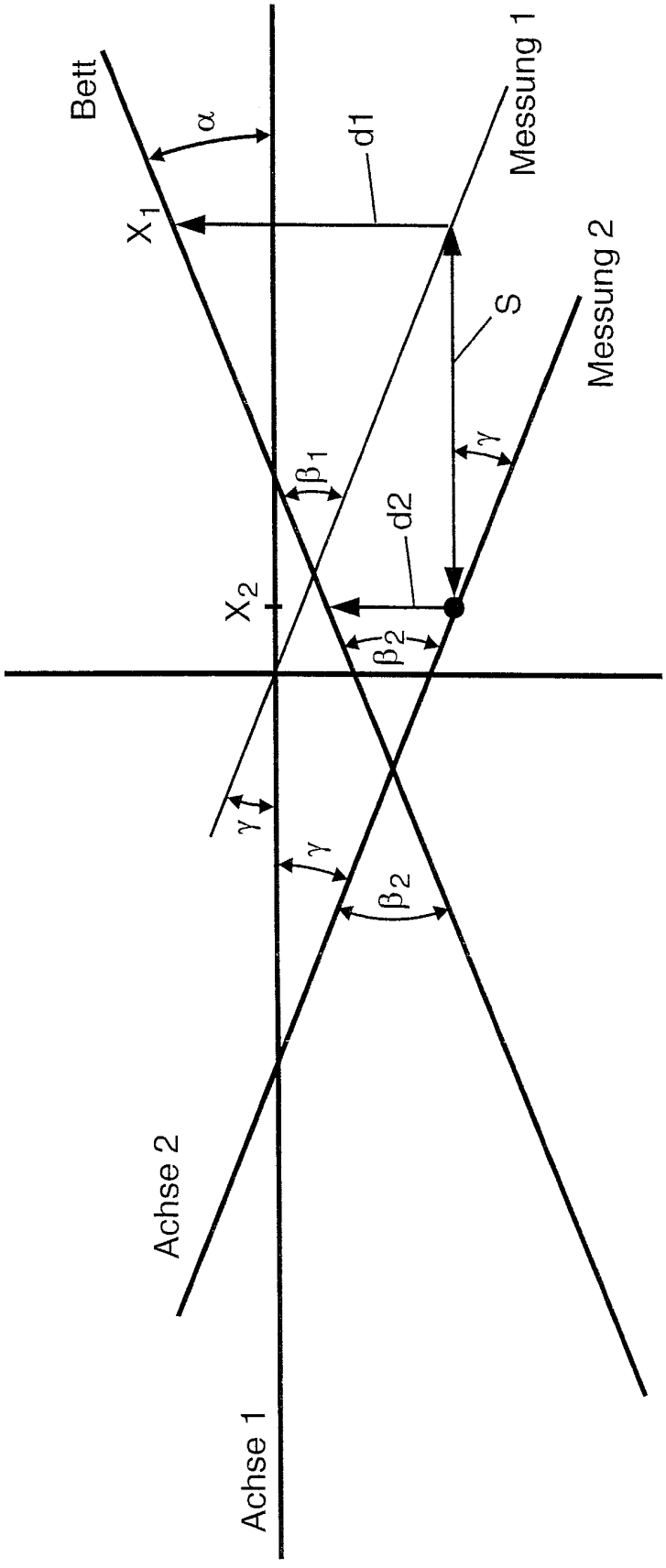

Bett
α
d1
Messung 1
X1
S
Messung 2
β1
γ
d2
X2
β2
γ
γ
β2
Achse 2
Achse 1

Fig. 2

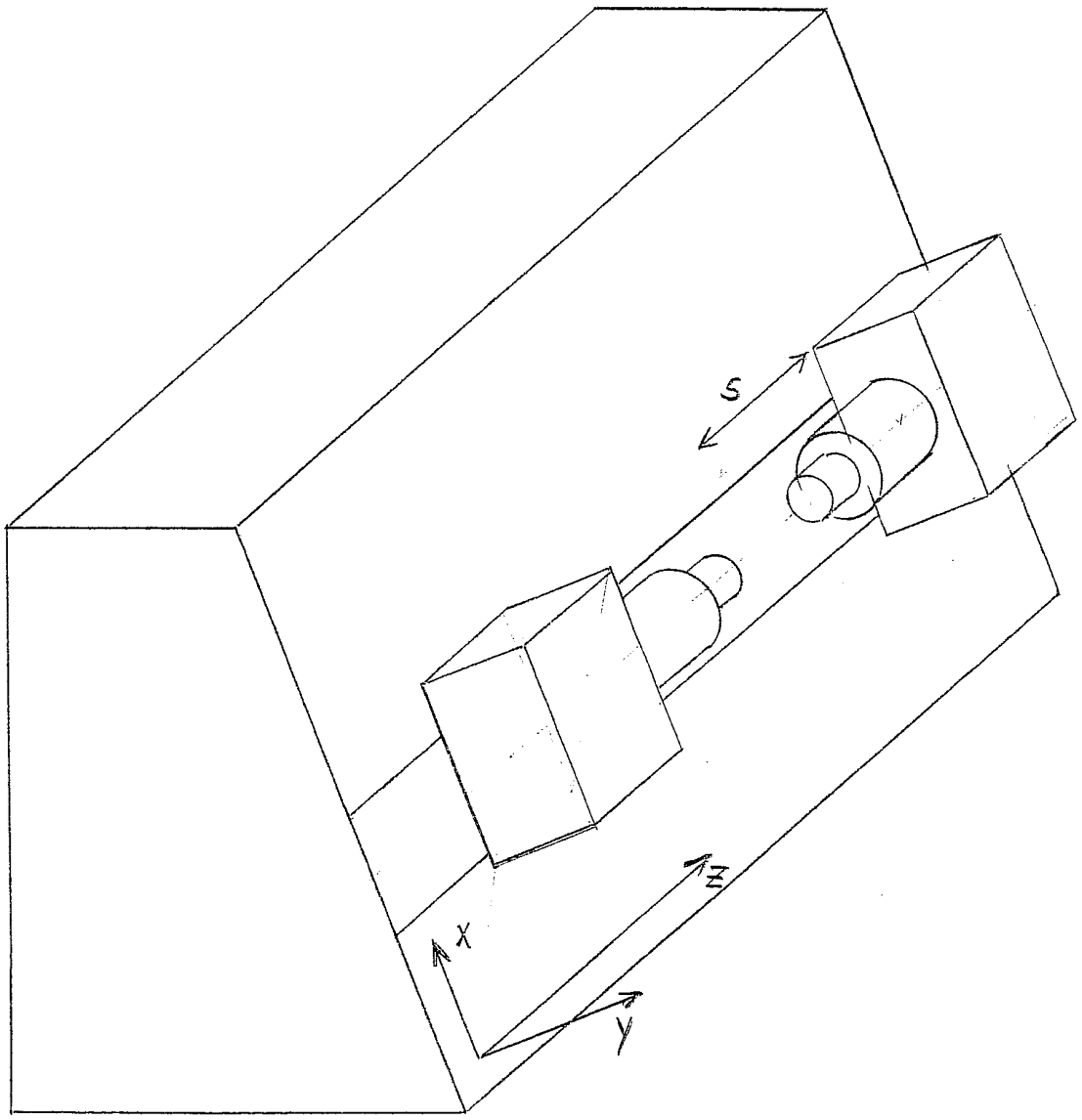


Fig. 3 Stand der Technik / Prior Art

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int ional Application No
PCT/DE 00/00448

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G01B11/27

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 G01B G01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 39 11 307 A (BUSCH DIETER & CO PRUEFTECH) 18 October 1990 (1990-10-18) cited in the application column 3, line 8 -column 5, line 61; claim 1; figures 1-8	1-5
A	DE 40 34 302 A (HAMAR M R) 2 May 1991 (1991-05-02) cited in the application the whole document	1-5
A	DE 38 14 466 A (BUSCH DIETER & CO PRUEFTECH) 9 November 1989 (1989-11-09) cited in the application the whole document	1-5

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of box C.

[X] Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
20 June 2000	30/06/2000

Name and mailing address of the ISA	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31–70) 340–2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31–70) 340–3016	Beyfuß, M

4

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int ional Application No
PCT/DE 00/00448

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication,where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 36 19 931 C (SCHUESSLER HANS) 29 October 1987 (1987-10-29) column 4, line 55 -column 8, line 59; figure 1 ---	1-5
A	US 4 698 491 A (LYSEN HEINRICH) 6 October 1987 (1987-10-06) the whole document ---	1-5
A	US 4 518 855 A (MALAK STEPHEN P) 21 May 1985 (1985-05-21) the whole document -----	1-5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Int ional Application No
PCT/DE 00/00448

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 3911307 A	18-10-1990	JP 2112490 C	21-11-1996
		JP 2291908 A	03-12-1990
		JP 8020234 B	04-03-1996
		US 5026998 A	25-06-1991
DE 4034302 A	02-05-1991	US 5224052 A	29-06-1993
		CA 2023306 A	27-04-1991
		GB 2237380 A,B	01-05-1991
		JP 2928355 B	03-08-1999
		JP 3142141 A	17-06-1991
		US 5302833 A	12-04-1994
DE 3814466 A	09-11-1989	DE 58904907 D	19-08-1993
		WO 8910535 A	02-11-1989
		EP 0367814 A	16-05-1990
		JP 2504315 T	06-12-1990
		JP 2685947 B	08-12-1997
DE 3619931 C	29-10-1987	NONE	
US 4698491 A	06-10-1987	DE 3320163 A	13-12-1984
		DE 3473344 D	15-09-1988
		WO 8404960 A	20-12-1984
		EP 0145745 A	26-06-1985
		FR 2547915 A	28-12-1984
		IT 1214799 B	18-01-1990
		JP 3009402 B	08-02-1991
		JP 60501523 T	12-09-1985
US 4518855 A	21-05-1985	AU 567511 B	26-11-1987
		AU 1964083 A	05-04-1984
		CA 1220330 A	14-04-1987
		DE 3335336 A	05-04-1984
		FR 2534017 A	06-04-1984
		GB 2128324 A,B	26-04-1984
		IT 1168893 B	20-05-1987
		JP 59084107 A	15-05-1984

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE 00/00448

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 G01B11/27

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 G01B G01S

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 39 11 307 A (BUSCH DIETER & CO PRUEFTECH) 18. Oktober 1990 (1990-10-18) in der Anmeldung erwähnt Spalte 3, Zeile 8 -Spalte 5, Zeile 61; Anspruch 1; Abbildungen 1-8 ---	1-5
A	DE 40 34 302 A (HAMAR M R) 2. Mai 1991 (1991-05-02) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument ---	1-5
A	DE 38 14 466 A (BUSCH DIETER & CO PRUEFTECH) 9. November 1989 (1989-11-09) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument ---	1-5
	-/--	

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

[X] Siehe Anhang Patentfamilie

° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
20. Juni 2000	30/06/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Beyfuß, M

4

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE 00/00448

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 36 19 931 C (SCHUESSLER HANS) 29. Oktober 1987 (1987-10-29) Spalte 4, Zeile 55 -Spalte 8, Zeile 59; Abbildung 1	1-5
A	US 4 698 491 A (LYSEN HEINRICH) 6. Oktober 1987 (1987-10-06) das ganze Dokument	1-5
A	US 4 518 855 A (MALAK STEPHEN P) 21. Mai 1985 (1985-05-21) das ganze Dokument	1-5

Formblatt PCT/ISA/210 (Fortsetzung von Blatt 2) (Juli 1992)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE 00/00448

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 3911307	A	18-10-1990	JP	2112490 C	21-11-1996
			JP	2291908 A	03-12-1990
			JP	8020234 B	04-03-1996
			US	5026998 A	25-06-1991
DE 4034302	A	02-05-1991	US	5224052 A	29-06-1993
			CA	2023306 A	27-04-1991
			GB	2237380 A,B	01-05-1991
			JP	2928355 B	03-08-1999
			JP	3142141 A	17-06-1991
			US	5302833 A	12-04-1994
DE 3814466	A	09-11-1989	DE	58904907 D	19-08-1993
			WO	8910535 A	02-11-1989
			EP	0367814 A	16-05-1990
			JP	2504315 T	06-12-1990
			JP	2685947 B	08-12-1997
DE 3619931	C	29-10-1987	KEINE		
US 4698491	A	06-10-1987	DE	3320163 A	13-12-1984
			DE	3473344 D	15-09-1988
			WO	8404960 A	20-12-1984
			EP	0145745 A	26-06-1985
			FR	2547915 A	28-12-1984
			IT	1214799 B	18-01-1990
			JP	3009402 B	08-02-1991
			JP	60501523 T	12-09-1985
US 4518855	A	21-05-1985	AU	567511 B	26-11-1987
			AU	1964083 A	05-04-1984
			CA	1220330 A	14-04-1987
			DE	3335336 A	05-04-1984
			FR	2534017 A	06-04-1984
			GB	2128324 A,B	26-04-1984
			IT	1168893 B	20-05-1987
			JP	59084107 A	15-05-1984