

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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
26. Februar 2004 (26.02.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/017018 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **G01B 5/004**,
5/20, 5/28, 7/004, 7/28, 7/34, G12B 21/00, G01B 21/04,
21/20, 21/30

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2003/002219

(22) Internationales Anmeldedatum:
3. Juli 2003 (03.07.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102 33 369.6 23. Juli 2002 (23.07.2002) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **CARL MAHR HOLDING GMBH** [DE/DE];
Brauweg 38, 37073 Göttingen (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **LEMOINE, Joseph**
[DE/DE]; Questenbergweg 72, 34346 Hann Münden (DE).
BEUTLER, Andreas [DE/DE]; Im Alten Dorfe 30j,
37079 Göttingen (DE).

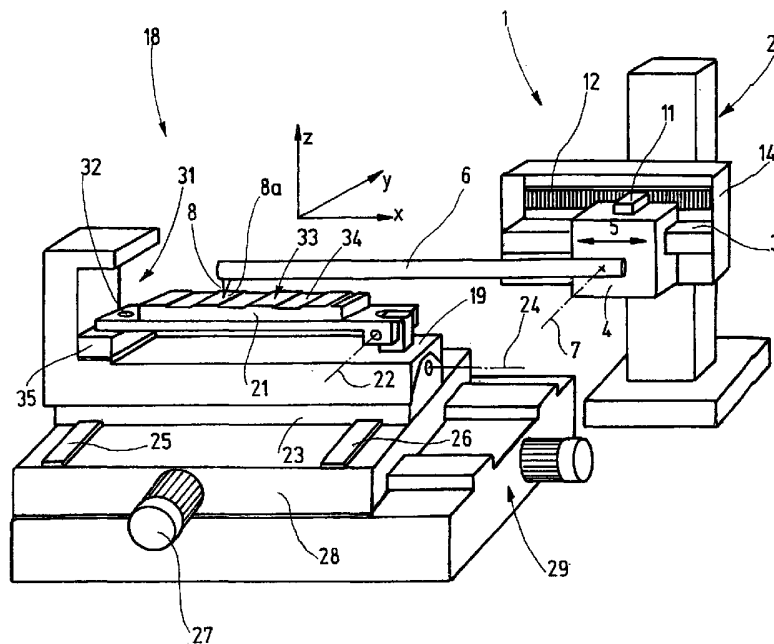
(74) Anwalt: **RÜGER, BARTHELT & ABEL**; Webergasse 3,
73728 Esslingen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,
CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH,
GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC,
LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW,
MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC,
SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR CALIBRATING A FEELER DEVICE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM KALIBRIEREN EINES TASTGERÄTS



(57) Abstract: The invention relates to a calibration device (18), provided for the calibration of a feeler device (1), which comprises a silicon strip with recesses (34) as a standard (21). The standard (21) is scanned in two differing pivoted positions. From the measured values, obtained in both different pivoted positions, the length (Ls) of the feeler arm (6) and the height (Hs) of the feeler tip (8) are determined.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/017018 A1



(84) **Bestimmungsstaaten** (*regional*): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) **Zusammenfassung:** Zur Kalibrierung eines Tastgeräts (1) ist eine Kalibriereinrichtung (18) vorgesehen, die als Normal (21) einen Siliziumstreifen mit Vertiefungen (34) aufweist. Das Normal (21) wird in zwei verschiedenen Schwenkpositionen abgetastet. Aus den Messwerten, die in beiden unterschiedlichen Schwenkstellungen gewonnen worden sind, lässt sich die Länge (Ls) des Tastarms (6) und die Höhe (Hs) der Tastspitze (8) bestimmen.

Verfahren und Einrichtung zum Kalibrieren eines Tastgeräts

Die Erfindung betrifft Verfahren zum Kalibrieren eines Tastgeräts sowie eine entsprechende Kalibriereinrichtung.

Zum Vermessen der Form und/oder anderer Kenngrößen von Werkstückoberflächen dienen häufig Tastgeräte, die die Werkstückoberfläche entlang einer Linie abtasten. Ein solches Tastgerät ist aus der EP 0404597 B1 bekannt. Das Tastgerät weist eine Führungseinrichtung auf, mit der ein Träger in einer Abtastrichtung gezielt bewegbar ist. An dem Träger ist ein Tastarm schwenkbar gelagert, der an seinem Ende eine Tastspitze trägt. Beim Verschieben des Trägers tastet die Tastspitze die Werkstückoberfläche ab, wobei sich der Tastarm entsprechend verschwenkt. Die Schwenkbewegung wird mit einem Sensor erfasst und einer Auswerteein-

richtung zugeführt. Bei bekannter Tastarmgeometrie, d.h. Tastarmlänge und Tastspitzenhöhe, kann die Auswerteeinrichtung aus den erfassten Winkelpositionen des Tastarms bei bekannter Verschiebeposition des Trägers die Koordinaten der Tastspitze berechnen. Vor Durchführung einer Messung ist das Tastgerät in der Regel zu kalibrieren. Aus der genannten EP 0404597 B1 ist es dazu bekannt, eine Kugel mit bekanntem Radius abzutasten. Dies soll insbesondere dazu dienen, Nichtlinearitäten, die von dem als Sensor verwendeten induktiven Messwandler herrühren, zu erfassen und auszugleichen. Außerdem sollen damit Ungenauigkeiten erfasst werden, die von der Größe der Tastspitze herrühren.

Die Kalibrierung eines Tastgeräts ist zumindest dann erforderlich, wenn der Tastarm ausgewechselt worden ist, denn es muss davon ausgegangen werden, dass jeder Tastarm individuelle Maßabweichungen aufweist.

Die Kalibrierung eines Tastarms an einer Kugel erfordert eine als normal dienende Kugel, die geometrisch präzise gefertigt ist.

Es ist Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zum Kalibrieren eines Tastgeräts zu schaffen, das einfach und kostengünstig durchführbar ist. Außerdem ist es Aufgabe der Erfindung, eine einfache, präzise und kostengünstige Kalibriervorrichtung zu schaffen.

Diese Aufgabe wird mit dem Verfahren nach Anspruch 1 bzw. mit der Kalibriereinrichtung nach Anspruch 11 gelöst:

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird die Oberfläche eines Normals zweimal abgetastet, nämlich ein erstes Mal, wenn sich das Normal in einer ersten Position relativ

zu dem Tastgerät befindet und ein zweites Mal, wenn sich das Normal in einer zweiten Position relativ zu dem Tastgerät befindet, die sich von der ersten Position unterscheidet. Vorzugsweise wird wenigstens eine der Positionen so festgelegt, dass der Tastarm beim Abtasten eine Schwenkbewegung vollführt. Dies wird erreicht, indem das Normal in der betreffenden Position gegen die Vorschubrichtung geneigt gehalten wird. Vorzugsweise wird die andere Position so festgelegt, dass der Tastarm beim Abtasten keine Schwenkbewegung vollführt (Ausrichtung des Normals in X-Y-Richtung).

Beim Abtasten wird ein Träger, an dem der Tastarm schwenkbar gelagert ist, in Vorschub- oder Tastrichtung bewegt, wobei ein Wegsensor die Positionen entlang seiner Führung (X-Positionen) erfasst. Diesen einzelnen X-Messpositionen wird jeweils der von dem Winkelsensor des Tastarms gelieferte Winkelwert zugeordnet. Die Wertepaare des Abtastvorgangs bilden einen Datensatz. Jeder Abtastvorgang erzeugt jeweils einen Datensatz, so dass ein erster Datensatz anfällt, wenn das Normal in seiner ersten Position abgetastet wird. Ein zweiter Datensatz fällt an, wenn das Normal in seiner zweiten Position abgetastet wird. Aus beiden Datensätzen lässt sich sowohl die Länge des Tastarms als auch die Länge bzw. Höhe der Tastspitze errechnen. Dies gilt insbesondere, wenn die Oberfläche des Normals mit einer Strukturierung versehen ist, die es gestattet, Wertepaare des jeweiligen Datensatzes Oberflächenpunkten des Normals individuell zuzuordnen.

Eine einfache Kalibrierung ergibt sich, wenn die beiden Positionen des Normals in einem Schwenkabstand zueinander festgelegt sind. Die Schwenkachse ist dabei vorzugsweise quer zu der Vorschubrichtung orientiert. Der Weg auf

dem das Normal abgetastet wird, ist vorzugsweise gerade, wenn im Wesentlichen ebene Normale verwendet werden. Bei einer bevorzugten Ausführungsform sind in die Oberfläche des Normals quer zur Abtastrichtung verlaufende Vertiefungen eingebracht, deren Kanten beim Abtasten eindeutig identifizierbar sind. Vorzugsweise sind diese Vertiefungen und somit auch die Kanten derselben parallel zu der Schwenkachse des Normals angeordnet. Kippungsfehler des Normals (Drehung um die X-Achse oder die Z-Achse) bleiben so ohne Auswirkung. Vorzugsweise sind die zueinander parallelen Vertiefungen in zufälligen Abständen angeordnet. Sie können auch eine zufällige Breite und Tiefe aufweisen. Dies ermöglicht die eindeutige Wiedererkennung von Oberflächenpunkten des Normals bei mehrmaliger Abtastung.

Die Unterscheidung der beiden Positionen um einen Schwenkabstand mit Schwenkachse quer zur Abtastrichtung stellt sicher, dass bei der zweimaligen Abtastung des Normals unterschiedliche Schwenkstellungen des Tastarms erhalten werden, in denen sich die Tastarmlänge unterschiedlich auf das Messergebnis auswirkt.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens ist die erste Position des Normals so festgelegt, dass der Tastarm während des Abtastvorgangs eine im Wesentlichen konstante Auslenkung aufweist. Das Normal erstreckt sich somit parallel zu der Vorschubrichtung bzw. X-Achse. In der zweiten Position ist das Normal dann geneigt angeordnet, so dass der Tastarm beim Abtasten der Oberfläche seine Auslenkung ändert. Ist die Oberfläche des Normals strukturiert kann der Schwenkwinkel, in dem sich das Normal in seiner zweiten Position befindet, unbekannt sein. Dennoch lassen sich aus den beiden gewonnenen Datensätzen sowohl die Länge des Tastarms, die Länge der Tastspitze als auch der

Schwenkwinkel berechnen. Durch die Strukturierung lassen sich Oberflächenpunkte, die vor dem Schwenken erfasst worden sind, nach dem Schwenken wiederfinden.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist einfach in der Handhabung und Fehlbedienungen seitens des Anwenders lassen sich reduzieren bzw. ausschließen. Dies kommt der Genauigkeit nachfolgender Messungen zugute. Das Verfahren lässt sich weitgehend automatisieren. Handlungen des Bedieners können durch entsprechende Signale der Kalibriereinrichtung abgefordert werden, wodurch Irrtümer und Fehlbedienungen ausgeschlossen werden. Außerdem lässt sich eine entsprechende Vorrichtung preiswert herstellen.

Die erfindungsgemäße Kalibriereinrichtung weist eine Haltevorrichtung auf, in der das Normal schwenkbar gelagert ist, wobei es in wenigstens zwei Schwenkstellungen arretierbar ist. Bei der Durchführung des Kalibriervorgangs kann der Bediener beispielsweise durch eine geeignete Anzeige oder Ausgabe des Messgeräts dazu aufgefordert werden, das Normal von seiner ersten Schwenkposition in seine zweite Schwenkposition zu überführen. Weitere Einstellungen muss der Bediener nicht durchführen.

Bei einer besonders vorteilhaften Ausführungsform ist das Normal ein Einkristall oder monokristallines Material. Vorzugsweise wird ein Siliziumstreifen angewendet, der beispielsweise aus einem Siliziumwafer herausgeschnitten oder gebrochen ist. Als quer zur Vorschubrichtung angeordnete Vertiefungen können in die Oberfläche des Siliziumkristalls Strukturen im Ätzverfahren eingebracht werden. Das Siliziumnormal weist eine Ebenheit im Rahmen von einigen Mikrometern auf, was vollkommen genügt. Eingeätzte Vertiefungen können sehr regelmäßig mit parallelen Kanten hergestellt

werden. Ein solches Normal gestattet in der erfindungsgemäßen Kalibriereinrichtung eine genaue Kalibrierung des Messgeräts und dabei preiswert und rationell herzustellen.

Weitere Einzelheiten vorteilhafter Ausführungsformen der Erfindung ergeben sich aus der Zeichnung, der Beschreibung oder Unteransprüchen.

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

- Figur 1 eine erfindungsgemäße Kalibriereinrichtung in schematischer, perspektivischer Darstellung (nicht maßstabsgerecht),
- Figur 2 das Tastgerät an einem Normal beim Abtasten desselben in seiner ersten Position in schematischer Darstellung,
- Fig. 3 und 4 das Tastgerät beim Abtasten des Normals in seiner zweiten Position in zwei verschiedenen Tastpositionen,
- Figur 5 die Steuereinrichtung des Tastgeräts in einer vereinfachten, ausschnittsweisen Darstellung.

In Figur 1 ist ein Tastgerät 1 während eines Kalibrierungsvorgangs schematisch veranschaulicht. Das Tastgerät 1 ist beispielsweise über ein Stativ 2 ortsfest gehalten. Es enthält eine Führungseinrichtung 3, an der ein Schlitten 4 oder ein anderweitiger Rahmen oder Träger in einer Vorschubrichtung 5 verschiebbar gelagert ist. Die Vorschubrichtung 5 entspricht der X-Richtung eines Mess-Koordinatensystems X, Y, Z.

An dem Schlitten 4 ist ein Tastarm 6 abnehmbar gehalten. Der Tastarm 6 ist um eine Drehachse 7 schwenkbar gelagert. Die Drehachse 7 ist vorzugsweise parallel zu der Y-Richtung orientiert. Endseitig trägt der Tastarm 6 eine Tastspitze 8, die zur Abtastung eines Werkstücks dient. Die dadurch hervorgerufenen Schwenkbewegungen des Tastarms 6, bzw. die von dem Tastarm 6 eingenommenen Winkelpositionen, werden von einem Sensor 9 erfasst, der mit dem Tastarm verbunden und beispielsweise in Figur 2 schematisch veranschaulicht ist. Der Sensor 9 kann ein induktiver Sensor, ein optischer Sensor oder von einer anderen Bauart sein. Ein zweiter Sensor 11 dient der Erfassung der X-Position des Schlittens 4 und somit der Tastspitze 8. Der Sensor 11 ist an dem Schlitten 4 angebracht und erfasst dessen X-Position in Bezug auf einen Maßstab 12, der ortsfest in dem Tastgerät 1 bzw. eines Rahmens 14 angeordnet ist, der die Führungseinrichtung 3 und eine nicht weiter veranschaulichte Antriebseinrichtung für den Schlitten 4 trägt. Der Maßstab 12 und der Sensor 11 können jeden beliebigen, eine ausreichende Genauigkeit erbringenden Aufbau aufweisen. Beispielsweise kann auch ein interferenzoptischer Sensor eingesetzt werden. Dieser kann einen an dem Schlitten 4 angeordneten Reflektor umfassen, der einen Lichtstrahl eines in dem Rahmen 14 ortsfest angeordneten Interferometers

reflektiert.

Die Sensoren 9, 11 sind, wie Figur 5 veranschaulicht, an einer Verarbeitungseinrichtung 15 angeschlossen, die die erhaltenen Messwerte der X-Position des Schlittens 4 und der Schwenkposition des Tastarms 6 in X-Y-Positionswerte der auf dem Werkstück aufliegenden Spitze 8a umrechnet und an einem Ausgang 16 ausgibt. Dazu benötigt die Verarbeitungseinrichtung 15 Daten über die Geometrie des Tastarms 6 und der Tastspitze 8, die in einem Speicher 17 bereit gehalten werden. Diese Daten bestimmt die Verarbeitungseinrichtung 15 in einem Kalibriervorgang an einer aus Figur 1 ersichtlichen Kalibriereinrichtung 18. Zu dieser gehört ein Halter 19, an dem ein Normal 21 verstellbar, vorzugsweise um eine Schwenkachse 22 schwenkbar gelagert ist. Die Schwenkachse 22 ist vorzugsweise in Y-Richtung orientiert und somit parallel zu der Drehachse 7 eingerichtet. Der Halter 19 ist außerdem an einem Schlitten 23 um eine in X-Richtung orientierte Achse 24 schwenkbar gelagert. Die Schwenkstellungen sind beispielsweise durch eine Einstellschraube, die nicht weiter veranschaulicht ist, einstellbar.

Der Schlitten 23 ist auf einer vorzugsweise in Y-Richtung orientierten Führung 25, 26 gelagert und über einen manuellen Stellantrieb 27 in Y-Richtung verstellbar. Die Führung 25, 26 ist von einem Schlitten 28 getragen, der seinerseits über eine Führungs- und Stelleinrichtung 29 anderweitig, beispielsweise in X-Richtung oder in Z-Richtung oder bezüglich einer Drehung um die Z-Achse verstellbar sein kann.

Das Normal 21 kann in zumindest zwei unterschiedliche Schwenkpositionen verstellt werden. Es greift dazu mit sei-

nem von der Schwenkachse 22 abliegenden Ende in eine Ausnehmung 31, die bzgl. der Z-Richtung oben und unten jeweils einen definierten Anschlag, beispielsweise mittels einer Kugel bietet. Ein geeignetes Arretiermittel, beispielsweise ein endseitig an dem Normal 21 angebrachter Magnet 32, sichert das Normal jeweils in seinen Anschlagpositionen.

Das Normal 21 ist vorzugsweise ein Streifen monokristallinen Siliziums, der beispielsweise auf einem Metallträger aufgeklebt sein kann. Seine nach oben weisende, der Tastspitze 8 zugewandte, Oberfläche 33 ist im Wesentlichen, d.h. bis auf wenige Mikrometer eben. In diese ebene Fläche sind einzelne Vertiefungen 34 eingebracht, die beispielsweise und vorzugsweise einen ebenen Boden aufweisen. Die Vertiefungen 34 sind beispielsweise Nuten von jeweils etwa ein bis zwei Millimetern Länge in X-Richtung und einer in Z-Richtung gemessenen Tiefe von zwei bis zehn, vorzugsweise fünf Mikrometern. Insgesamt weist das Normal 21 eine Länge von beispielsweise 70 Millimetern auf.

Wird an dem Tastgerät ein Tastarm 6 angebracht, dessen genauen Abmessungen und Toleranzen nicht bekannt sind, können die erforderlichen Daten, nämlich die Länge des Tastarms 6 und die Länge bzw. Höhe der Tastspitze 8 in einem Kalibrierablauf bestimmt werden. Dazu wird die Kalibrierereinrichtung 18, wie in Figur 1 veranschaulicht, im Bereich der Tastspitze 8 des Tastgeräts 1 positioniert. Der Kalibrierablauf ist dann wie folgt:

Zur Durchführung der Kalibrierung wird das Normal zunächst in seine in Figur 2 veranschaulichte Position überführt, in der es vorzugsweise genau in X-Richtung orientiert ist. Ob dies der Fall ist, kann mit einer Probeabtastung festgestellt werden. Lässt sich bei der Vorschubbewe-

gung des Schlittens 4 eine Verschwenkung des Tastarms 6 erfassen, stimmt die Vorschubrichtung nicht mit der Orientierung des Normals 21 überein. Es können Stellmittel, beispielsweise zur Verstellung eines unteren Anschlags 35 des Halters 19 vorgesehen sein, um das Normal 21 in Übereinstimmung mit der X-Richtung zu bringen.

Auf ähnliche Weise kann das Normal 21 bzgl. der Y-Achse orientiert werden. Dazu wird die Tastspitze 8 an einer beliebigen Stelle auf die Oberfläche 33 aufgesetzt. Eine Verstellung des Halters 19 in Y-Richtung durch Betätigung des Stellantriebs 27 zeigt an, ob das Normal 21 in Y-Richtung justiert ist.

Die eigentliche Kalibrierung wird nun wie folgt durchgeführt:

Zunächst wird das in X- und Y-Richtung orientierte Normal 21, wie in Figur 2 veranschaulicht, in Vorschubrichtung 5, d.h. in X-Richtung abgetastet. Die Sensoren 9, 11 liefern dabei Wertepaare über die Verschwenkung des Tastarms 6 bei dem jeweiligen X-Wert an die Verarbeitungseinrichtung 15. Die Schwenkwinkel α_i für jeden Schritt weisen einen ersten (konstanten) Wert auf, wenn sich die Spitze 8a außerhalb der Vertiefungen 34 befindet und sie weisen einen zweiten (konstanten) Wert auf, wenn sich die Spitze 8a innerhalb einer Vertiefung 34 befindet. Die Kanten 36, 37 der Vertiefungen 34 werden jeweils mit einigen Messwerten erfasst. Die Vertiefungen 34 können exakt gleich breit und äquidistant angeordnet sein. Bevorzugt wird jedoch eine Anordnung, bei der die Vertiefungen 34 und deren Abstände über die Länge des Normals 21 unterschiedlich sind. Dies gestattet die Aufnahme eines wiedererkennbaren Oberflächenprofils.

Ist die gesamte oder wenigstens die erforderliche Länge des Normals 21 abgetastet, wird dieser aus seiner in Figur 2 veranschaulichten Position I in die in den Figuren 3 und 4 veranschaulichte zweite Position II überführt. Dies erfolgt, indem das Normal 21 nach oben verschwenkt wird, bis es in dem Halter 19 oben anschlägt. Dies kann beispielsweise auf eine von der Verarbeitungseinrichtung 15 gegebene Aufforderung hin durch eine Bedienungsperson geschehen.

Das Normal 21 wird nun erneut abgetastet. Dazu wird der Schlitten 4, wie Figur 3 veranschaulicht, in Anfangsposition verfahren, wonach der Tastarm 6 wieder auf das Normal 21 aufgesetzt wird. Es erfolgt nun ein gleichmäßiger Vorschub des Schlittens 4 in Vorschubrichtung 5 zur Abtastung des Normals 21. Dabei wird wiederum jedem Schritt x_i ein von dem Sensor 9 erfasster Winkel α_i zugeordnet. Der erhaltene Datensatz wird abgespeichert.

Aus den abgespeicherten Datensätzen, die sich aus der Abtastung des Normals 21 in Position I und in Position II ergeben, lassen sich nun L_s und H_s mit Hilfe folgender Formeln errechnen:

$$Z_k = Z_d - L_s * \sin(\alpha) - H_s * \cos(\alpha)$$

$$X_k = X_d - L_s * \cos(\alpha) - H_s * \sin(\alpha)$$

In diesen Formeln bedeuten Z_k und X_k die kartesischen Koordinaten der Spitze 8a in einem Koordinatensystem. In diesem Koordinatensystem ist der Winkel α des Tastarms Null, wenn die Spitze 8a eine Z-Koordinate von Null aufweist. Z_d und X_d sind die kartesischen Koordinaten der Drehachse 7. Es wird nun aus den Daten der Abtastung des Normals 21 in Position II mit Hilfe der beiden obigen For-

meln ein Gleichungssystem erstellt, dessen Lösung L_s und H_s ergibt. Die Koordinaten Z_k und X_k werden dabei aus dem bekannten Schwenkwinkel des Normals 21 sowie aus den aus der ersten Abtastung bekannten X-Positionen der Kanten 36, 37 aller Ausnehmungen 34 berechnet. Ist der Schwenkwinkel β des Normals 21 hingegen nicht bekannt, erhält das Gleichungssystem eine weitere Unbekannte, indem Z_k und X_k als Funktion von β ausgedrückt sind. Aufgrund der großen Überbestimmung des Gleichungssystems (lediglich drei Variablen H_s , L_s und β sind gesucht und für jeden Messpunkt existiert ein Gleichungspaar) ist auch ein solches Gleichungssystem mit geringfügig höherem mathematischen Aufwand lösbar.

Die von der Verarbeitungseinrichtung 5 bestimmten Werte für L_s und H_s werden nun an den Speicher 17 übergeben und bei nachfolgenden Messungen zugrunde gelegt, wenn aus dem erhaltenen X-Wert des Sensors 11 und dem Winkel α des Sensors 9 Oberflächenkoordinaten X_k , Z_k eines Werkstücks bestimmt werden sollen.

Nach Entfernen der Kalibriereinrichtung 18 ist das Tastgerät 1 kalibriert und einsatzfähig.

Bei dem vorstehend beschriebenen Kalibrierungsverfahren wird davon ausgegangen, dass die Sensoren 9, 11 bereits kalibriert sind, d.h. dass die Verarbeitungseinrichtung 15 über entsprechende Korrekturtabellen verfügt, um etwaige Nichtlinearitäten auszugleichen. Das vorstehende Kalibrierungsverfahren dient lediglich dazu, nach einem Tastarmwechsel fällige Neukalibrierungen durchzuführen. Bedarfsweise kann es jedoch auch dazu angewendet werden, die Sensoren 9, 11 zu kalibrieren, wenn dies erforderlich ist. Dazu können die Vertiefungen 34 in dem Normal 21 an präzise bekannten Stellen angebracht werden. Außerdem ist es dann hilfreich, wenn

die Tiefe der Vertiefungen 34 präzise vorbekannt ist. An die Stelle der Schwenkbewegung des Normals 21 kann prinzipiell auch eine Schwenkbewegung des Tastgeräts 1 treten - entscheidend ist die Messung in zwei unterschiedlichen Relativpositionen, die sich durch eine Schwenkbewegung unterscheiden.

Zur Kalibrierung eines Tastgeräts 1 ist eine Kalibriereinrichtung 18 vorgesehen, die als Normal 21 einen Siliziumstreifen mit Vertiefungen 34 aufweist. Das Normal 21 wird in zwei verschiedenen Schwenkpositionen abgetastet. Aus den Messwerten, die in beiden unterschiedlichen Schwenkstellungen gewonnen worden sind, lässt sich die Länge L_s des Tastarms 6 und die Höhe H_s der Tastspitze 8 bestimmen.

Patentansprüche:

1. Verfahren zum Kalibrieren eines Tastgeräts (1) an einem Normal (21), das eine Oberfläche (33) mit einer Strukturierung (34) aufweist, wobei verfahrensgemäß

in einem ersten Schritt die Oberfläche (33) des in einer ersten Position (I) befindlichen Normals (21) abgetastet wird und die erhaltenen Messwerte registriert werden

in einem zweiten Schritt die Oberfläche (33) des in einer zweiten Position (II) befindlichen Normals (21) nochmals abgetastet und die erhaltenen Messwerte registriert werden und

in einem dritten Schritt aus den Messwerten Geometriedaten (L_s , H_s) des Tastgeräts bestimmt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Normal (21) in der zweiten Position (II) gegen die erste Position (I) verschwenkt ist.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Positionen (I, II) eine Schwenkachse (22) festlegen, die quer zu der Vorschubrichtung (5) orientiert ist.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Normal (21) auf einem linienförmigen Weg abgetastet wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Weg gerade ist.

6. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Tastarm (6) um eine quer zu Vorschubrichtung (5) orientierte Achse schwenkbar gelagert ist.
7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Geometriedaten des Tastgeräts (1) die Länge L_s seines schwenkbar gelagerten Tastarms (6) bestimmt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Geometriedaten des Tastgeräts (1) seine Tastspitzenlänge (H_s) bestimmt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Normal (21) in zumindest einer der Positionen (I, II) gegen die Vorschubrichtung (5) in einem Winkel (β) geneigt ist.
10. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Normal (21) vor dem Kalibriervorgang quer zu der Vorschubrichtung (5) verschoben und dabei abgetastet wird, um festzustellen, ob die Schwenkachse (7) des Tastarms (6) parallel zu dem Normal (21) orientiert ist und dass das Normal (21) gegebenenfalls nachpositioniert wird.
11. Kalibriereinrichtung zum Kalibrieren eines Tastgeräts (1) mit einem schwenkbar gelagerten Tastarm (6), der mittels einer Vorschubeinrichtung in einer vorgegebenen Vorschubrichtung (5) über eine Werkstückoberfläche geschleppt wird, um diese mit einer Tastspitze (8) abzutasten und um das Oberflächenprofil und oder die Oberflächenrauheit zu bestimmen,

mit einer Haltevorrichtung (19), in der ein Normal (21) schwenkbar gelagert ist, wobei das Normal (21) in wenigstens zwei Schwenkpositionen (I, II) arretierbar ist.

12. Kalibriereinrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Normal (21) eine wenigstens abschnittsweise ebene Oberfläche (33) aufweist.
13. Kalibriereinrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Normal (21) quer zu der Vorschubrichtung (5) angeordnete Vertiefungen (34) aufweist.
14. Kalibriereinrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Normal (21) ein monokristallines Material, vorzugsweise ein Siliziumkristall ist.
15. Kalibriereinrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Vertiefungen (34) Ätzvertiefungen sind.
16. Kalibriereinrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Haltevorrichtung (19) eine Verstellvorrichtung (27) zur Positionierung des Normals (21) in zumindest einer Richtung aufweist.

1/2

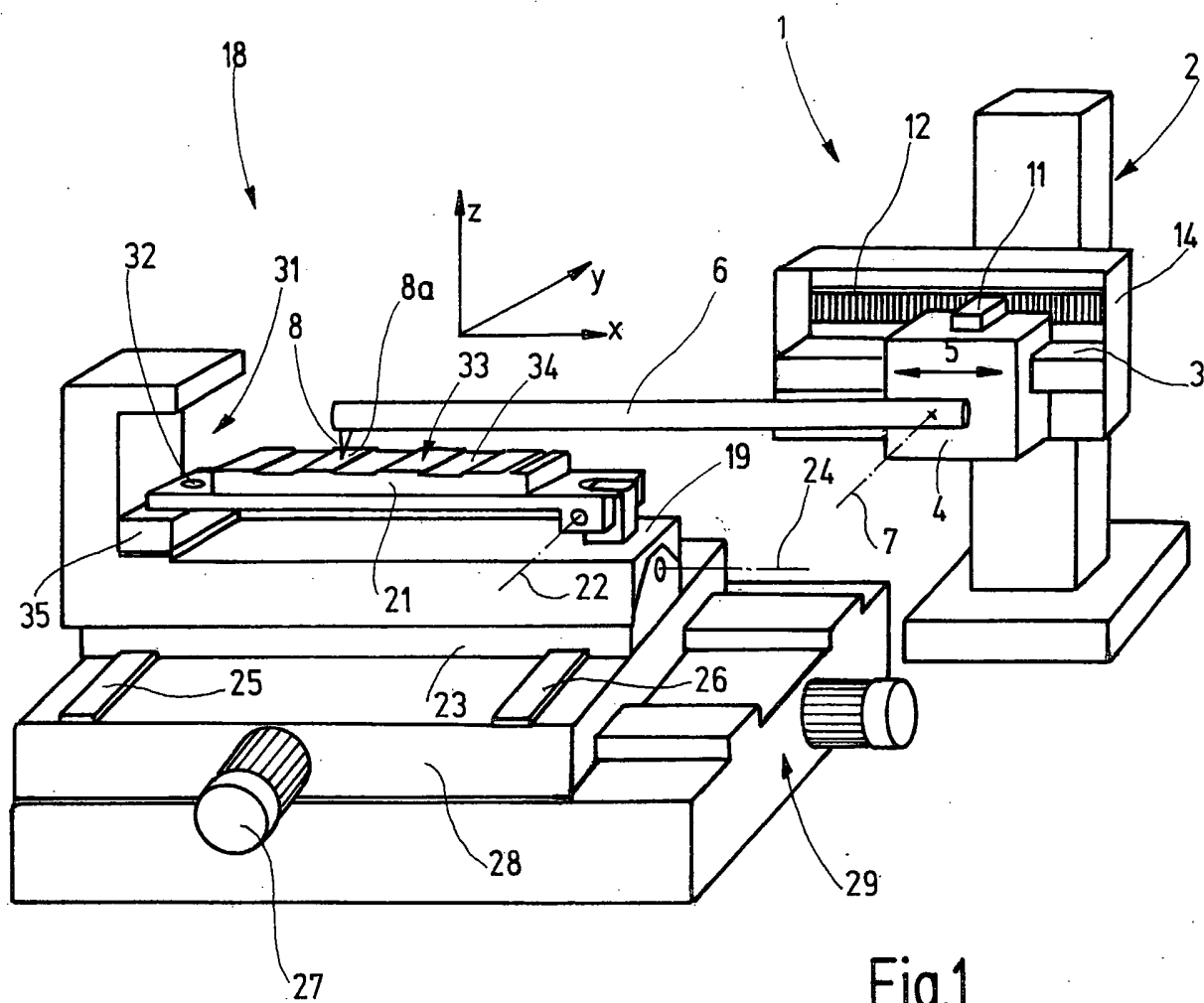


Fig.1

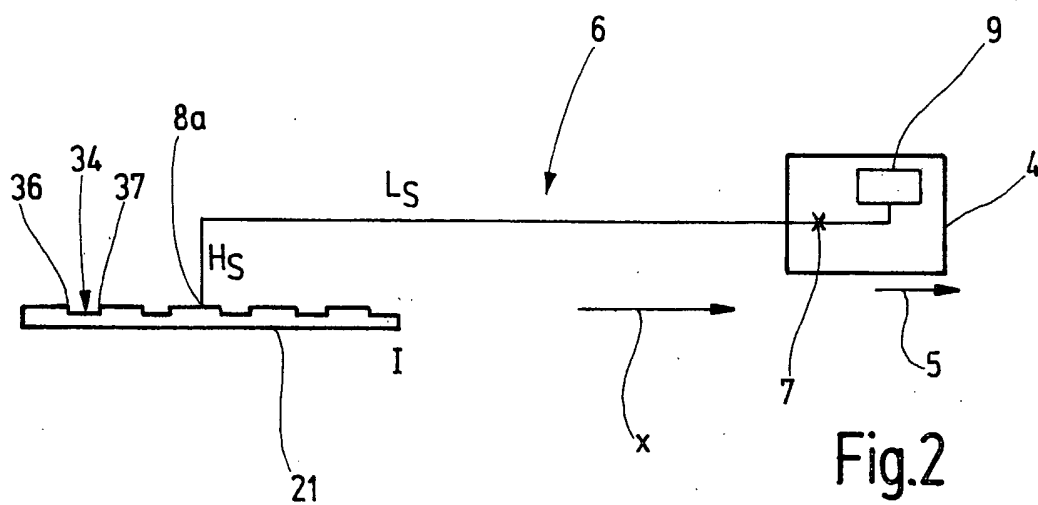


Fig.2

2/2

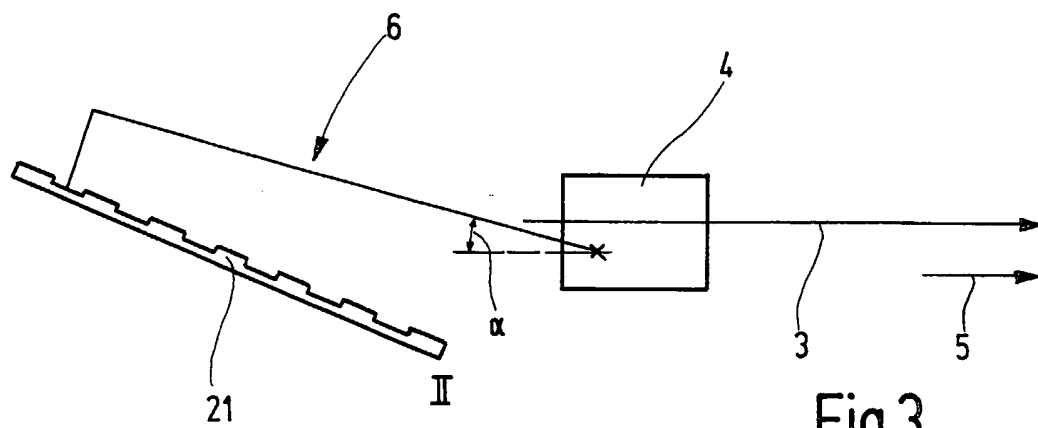


Fig. 3

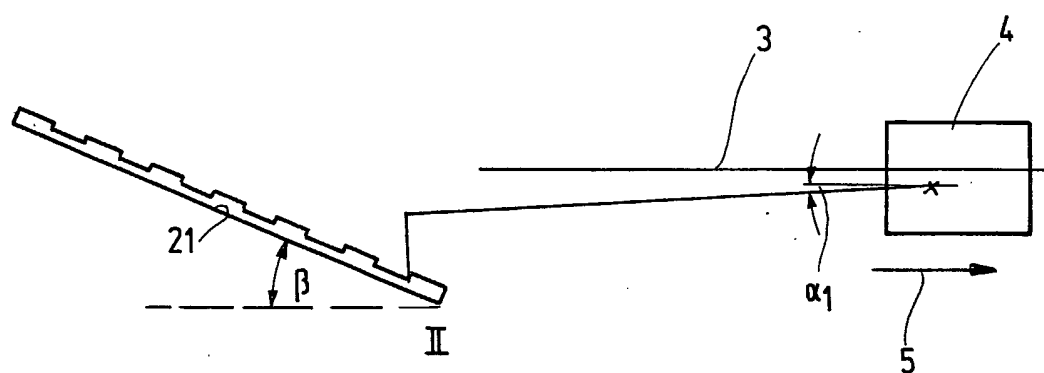


Fig. 4

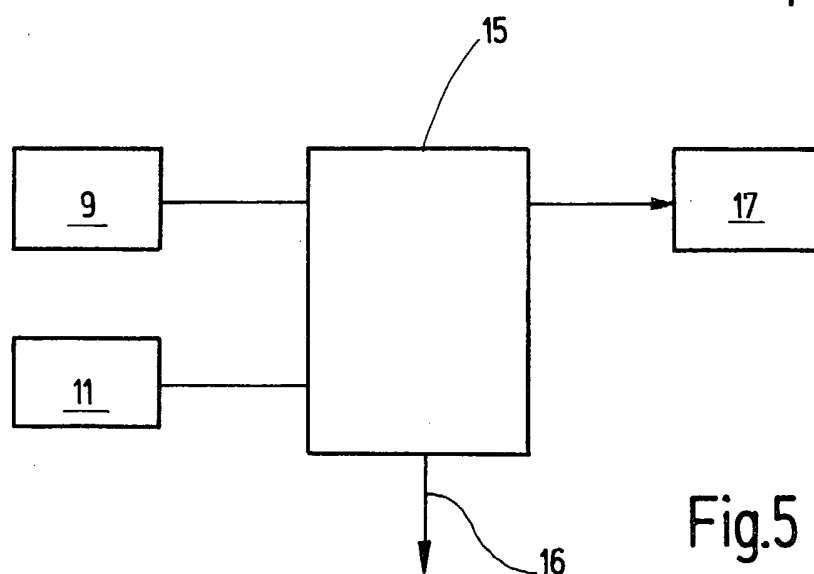


Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE 03/02219

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G01B5/004 G01B5/20 G01B5/28 G01B7/004 G01B7/28
G01B7/34 G12B21/00 G01B21/04 G01B21/20 G01B21/30

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 G12B

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)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 888 984 A (MARUMO CHIRO ET AL) 26 December 1989 (1989-12-26) column 5, line 17 -column 7, line 55 figures 1,5	1-6,9, 11,12
Y		13-15
A		7,8,10, 16
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1997, no. 01, 31 January 1997 (1997-01-31) & JP 08 233836 A (HITACHI CONSTR MACH CO LTD;HITACHI LTD), 13 September 1996 (1996-09-13) abstract figures 1-4	13
	--- -/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ 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

12 November 2003

Date of mailing of the international search report

25/11/2003

Name and mailing address of the ISA

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

Authorized officer

Grand, J-Y

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internatic pplication No
PCT/DE 03/02219

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 6 028 008 A (BAYER THOMAS ET AL) 22 February 2000 (2000-02-22) claims 3,11 figures 2,4 ----	14,15
X	EP 0 517 270 A (CANON KK) 9 December 1992 (1992-12-09) column 4, line 31 - line 41 claims 1,13,14 figure 3 ----	11
X	DE 76 03 196 U (HOMMELWERKE GMBH) page 7, paragraph 5 -page 8, paragraph 1 figure 1 ----	11
X	US 5 253 429 A (KONNO YOSHISHIGE ET AL) 19 October 1993 (1993-10-19) the whole document -----	11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 03/02219

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4888984	A	26-12-1989	DE 3811556 A1 GB 2204130 A , B	03-11-1988 02-11-1988
JP 08233836	A	13-09-1996	NONE	
US 6028008	A	22-02-2000	DE 19651029 A1	10-06-1998
EP 0517270	A	09-12-1992	JP 2919119 B2 JP 4359105 A AT 142774 T CA 2070359 A1 DE 69213562 D1 DE 69213562 T2 EP 0517270 A1 US 5391871 A	12-07-1999 11-12-1992 15-09-1996 06-12-1992 17-10-1996 13-02-1997 09-12-1992 21-02-1995
DE 7603196	U		NONE	
US 5253429	A	19-10-1993	JP 5172970 A JP 8030743 B DE 4207201 A1	13-07-1993 27-03-1996 01-10-1992

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internati s Aktenzeichen

PCT/DE 03/02219

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES IPK 7 G01B5/004 G01B5/20 G01B5/28 G01B7/004 G01B7/28 G01B7/34 G12B21/00 G01B21/04 G01B21/20 G01B21/30		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 7 G01B G12B		
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) EPO-Internal, PAJ, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 4 888 984 A (MARUMO CHIIHIRO ET AL) 26. Dezember 1989 (1989-12-26) Spalte 5, Zeile 17 -Spalte 7, Zeile 55 Abbildungen 1,5	1-6,9, 11,12
Y	---	13-15
A	---	7,8,10, 16
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1997, no. 01, 31. Januar 1997 (1997-01-31) & JP 08 233836 A (HITACHI CONSTR MACH CO LTD;HITACHI LTD), 13. September 1996 (1996-09-13) Zusammenfassung Abbildungen 1-4 ---	13
	--- -/--	
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ 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
12. November 2003		25/11/2003
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde 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		Bevollmächtigter Bediensteter Grand, J-Y

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internatic Aktenzeichen

PCT/DE 03/02219

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 6 028 008 A (BAYER THOMAS ET AL) 22. Februar 2000 (2000-02-22) Ansprüche 3,11 Abbildungen 2,4 ----	14,15
X	EP 0 517 270 A (CANON KK) 9. Dezember 1992 (1992-12-09) Spalte 4, Zeile 31 - Zeile 41 Ansprüche 1,13,14 Abbildung 3 ----	11
X	DE 76 03 196 U (HOMMELWERKE GMBH) Seite 7, Absatz 5 -Seite 8, Absatz 1 Abbildung 1 ----	11
X	US 5 253 429 A (KONNO YOSHISHIGE ET AL) 19. Oktober 1993 (1993-10-19) das ganze Dokument -----	11

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

International Aktenzeichen
PCT/DE 03/02219

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4888984 A	26-12-1989	DE 3811556 A1 GB 2204130 A , B	03-11-1988 02-11-1988
JP 08233836 A	13-09-1996	KEINE	
US 6028008 A	22-02-2000	DE 19651029 A1	10-06-1998
EP 0517270 A	09-12-1992	JP 2919119 B2 JP 4359105 A AT 142774 T CA 2070359 A1 DE 69213562 D1 DE 69213562 T2 EP 0517270 A1 US 5391871 A	12-07-1999 11-12-1992 15-09-1996 06-12-1992 17-10-1996 13-02-1997 09-12-1992 21-02-1995
DE 7603196 U		KEINE	
US 5253429 A	19-10-1993	JP 5172970 A JP 8030743 B DE 4207201 A1	13-07-1993 27-03-1996 01-10-1992