

(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. Juli 2007 (26.07.2007)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2007/082669 A2**

(51) Internationale Patentklassifikation:  
**G01B 21/30** (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2007/000201

(22) Internationales Anmeldedatum:  
11. Januar 2007 (11.01.2007)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
102006001799.4 12. Januar 2006 (12.01.2006) 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): **WEBER, Hero**  
[DE/DE]; Mehlbeerenweg 1, 26129 Oldenburg (DE).  
**FUNKE, Erik** [DE/DE]; Unterer Gutsweg 19, 09212  
Limbach-Oberfrohn (DE).

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

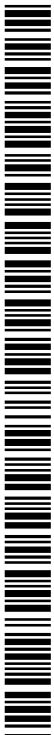
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,  
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,  
FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN,  
IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR,  
LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX,  
MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO,  
RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM,  
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,  
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,  
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,  
TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,  
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,  
NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG,  
CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— mit einer Erklärung gemäss Artikel 17 Absatz 2 Buchstabe  
a; ohne Zusammenfassung; Bezeichnung von der Interna-  
tionalen Recherchenbehörde nicht überprüft

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



**WO 2007/082669 A2**

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR DETECTING SPIRAL STRUCTURES

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ERFASSUNG VON DRALLSTRUKTUREN

(57) Abstract:

(57) Zusammenfassung:

5

10

15

20

25 Verfahren und Vorrichtung zur Erfassung von Drallstrukturen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Drallmessung an Werkstückoberflächen, die Oberflächenstrukturen, insbesondere Bearbeitungsspuren mit einem Drall in Bezug auf eine Achse aufweisen. Des Weiteren betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens.

Werkstückoberflächen, insbesondere rotationssymmetrische Werkstückoberflächen, wie zylindrische, kegelförmige oder anderweitig geformte Bohrungswandungen, zylindrische, kegelförmige oder anderweitige Außenumfangsflächen von Wellen, Zapfen oder ähnlichen Werkstücken oder Teilen von Werkstücken, weisen häufig Oberflächenstrukturen auf, die zu der Dreh- oder Symmetrieachse der betreffenden Werkstückoberfläche mit einer Steigung verlaufen. Solche Oberflächenstrukturen können z.B. bei der Schleifbearbeitung einer entsprechen-

den Werkstückoberfläche entstehen. Die Oberflächenstruktur besteht beispielsweise aus einer Überlagerung von geraden periodischen Drallrillen und kurzen stochastisch platzierten Schleifriefen. Insbesondere die periodischen Drallrillen können zu unerwünschten Wirkungen führen, wenn die betreffende Fläche z.B. als Wellendichtfläche dienen soll. Je nach Drallrichtung und Drehrichtung kann bei einer Relativdrehung zwischen einem Dichtring und der betreffenden Werkstückoberfläche eine Ölförderwirkung in der einen oder anderen Axialrichtung auftreten, die entweder zu unerwünschten Ölverlusten oder zum Trockenlaufen des Dichtrings führt. Beides ist unerwünscht. Auch bei Gleitlagern können durch eine Oberflächenstruktur, die einen Drall enthält unerwünschte axiale Ölfördereffekte auftreten, die unerwünscht sein können. Es sind deshalb Verfahren entwickelt worden, um den Drallwinkel, der üblicherweise im Bereich weniger Minuten liegt, zu messen.

Die DE 101 50 383 A1 offenbart dazu ein bildoptisches Messverfahren, bei dem eine Zylinderaußenfläche, die die zu untersuchende Werkstückoberfläche bildet, unter Streiflicht mit einer Kamera ausschnittsweise abgebildet wird. Das aufgenommene Bild wird einer Kammfilterung unterworfen. Aus den Bilddatensätzen vieler nacheinander aufgenommener Bilder wird die Oberflächenstreifenstruktur ermittelt und aus dieser die Drallrichtung bzw. der Drallwinkel bestimmt.

Das Verfahren erfordert die Auswertung mehrerer hundert Bilddatensätze, was zu erheblichen Datenmengen führt. Des Weiteren fehlt im aufgenommenen Kamerabild Tiefeninformation, so dass letztendlich Information über die Tiefe der Drallstruktur fehlt. Dies kann insbesondere dann störend sein, wenn eine auftretende Ölförderwirkung qualitativ zu bewerten ist oder wenn die Oberflächenstruktur sich kreuzende Drall-

strukturen, d.h. sowohl Drall mit positivem als auch mit negativem Sinn, z.B. mit unterschiedlicher Tiefe, enthält.

Die Erfindung sucht hierzu nach Abhilfe. Dabei soll der zu treibende Messaufwand möglichst überschaubar bleiben, um die Messung in kurzer Zeit von allenfalls wenigen Minuten durchführen zu können.

Diese Aufgabe wird mit dem Verfahren nach Anspruch 1 gelöst, das beispielsweise von der Vorrichtung nach Anspruch 19 auszuführen ist.

Das erfindungsgemäße Verfahren beruht auf der Abtastung der Werkstückoberfläche zur Gewinnung von Messwerten entlang einer Linie, die sowohl eine Axialkomponente parallel zu der Achse der Werkstückoberfläche sowie eine Umfangskomponente in Umfangsrichtung zu der Achse der Werkstückoberfläche aufweist. Die Axialkomponente und die Umfangskomponente können durch gesonderte zusammenhängende oder nicht zusammenhängende Linienabschnitte gebildet sein, die sich in Axialrichtung bzw. in Umfangsrichtung erstrecken. Die Axial- und Umfangskomponente können auch in einer einzigen oder mehrere Schraubenlinien, in benachbarten Kreislinien oder anderen Linienformen enthalten sein. Werden zur Abtastung Kreislinien genutzt, ist der Axialabstand der Kreislinien vorzugsweise so klein, dass jede Welle der Drallstruktur in Axialrichtung von wenigstens zwei Kreislinien geschnitten wird. Ist die Linie eine Schraubenlinie, ist die Ganghöhe so gering, dass jede Welle der Drallstruktur in Axialrichtung von wenigstens zwei Kreislinien geschnitten wird. Damit ist das Abtasttheorem erfüllt. Bei sehr steilem Drall können somit unter Umständen wenigste Kreislinien (z.B. drei oder vier) oder wenige Windungen zur Abtastung unter Einhaltung des Abtasttheorems (mindestens zwei Abtastwerte pro Welle) ausreichen.

Aus den Messwerten wird zumindest eine den Drall kennzeichnende Größe bestimmt. Diese kennzeichnende Größe kann beispielsweise der Drallwinkel  $\beta$  sein, der der Steigung der Drallstruktur, d.h. der einzelnen Riefen oder Rippen, entspricht und in der Regel im Bereich weniger Winkelminuten liegt. Des Weiteren kann als eine den Drall kennzeichnende Größe die Gängigkeit  $z$  bestimmt werden, die als Anzahl der durch den Drall bestimmten Gewindegänge angesehen werden kann. Des Weiteren kann eine den Drall kennzeichnende Größe die lokale, die durchschnittliche, die minimale oder die maximale Höhe der Drallstruktur sein, die beispielsweise zwischen Wellental und Wellenberg der Drallstruktur zu messen ist. Das erfindungsgemäße Verfahren liefert somit sichere und verlässliche Messwerte.

Das erfindungsgemäße Verfahren beruht, wie erwähnt, auf der Abtastung der Werkstückoberfläche entlang zumindest einer Linie, die sowohl eine Axialkomponente wie auch eine Umfangskomponente aufweist. Enthält die Linie als einen Abschnitt beispielsweise eine Kreislinie und erfasst sie den gesamten Umfang der Werkstückoberfläche als Vollkreis, bestimmt die Anzahl der auf diesem Linienabschnitt zu messenden Wellentäler und Wellenberge die Gängigkeit. Die Umfangskomponente wird in diesem Beispiel durch die Kreislinie geliefert. Wellenberge treten als Maximum des gemessenen Radius  $r$  in Erscheinung während Wellentäler als Minimum des gemessenen Radius  $r$  in Erscheinung treten. Die Gängigkeit  $z$  kann beispielsweise anhand der Anzahl der Wellenberge oder alternativ anhand der Anzahl der Wellentäler bestimmt werden. Es ist des Weiteren möglich, die Maxima und die Minima des Radius  $r$  zu registrieren, etwa mittig eine nahezu kreisförmige Linie zwischen diese zu legen und die Anzahl der Durchgänge der Messwerte durch diese Linie zu zählen. Die ermittelte Zahl geteilt durch Zwei entspricht wiederum der Gängigkeit  $z$ .

Die Abtastung der Werkstückoberfläche in Axialrichtung, d.h. entlang der Axialrichtung in einem Axialabschnitt der zur Abtastung vorgesehenen Linie, kann beispielsweise zur Ermittlung des Drallwinkels  $\beta$  genutzt werden. Der axial orientierte Abschnitt der Linie bildet oder liefert in diesem Ausführungsbeispiel die Axialkomponente. Der Drallwinkel  $\beta$  kann beispielsweise als Arcustangens des Verhältnisses aus dem Produkt der Gängigkeit  $z$  und der in Axialrichtung gemessenen Wellenlänge  $\Delta y$  zu dem Umfang der Werkstückoberfläche berechnet werden. Diese Rechnung liefert den Betrag des Drallwinkels, nicht aber sein Vorzeichen.

Unter Voraussetzung einer die Werkstückoberfläche einnehmenden, relativ gleichmäßigen Drallstruktur reichen somit zur Bestimmung wichtiger, den Drall kennzeichnenden Größen, die linienhafte Abtastung der Werkstückoberfläche beispielsweise entlang einer Kreislinie und entlang einer Mantellinie. Es ist des Weiteren aber auch möglich, entlang einer Linie abzutasten, die weder mit einer Kreislinie noch mit einer Mantellinie übereinstimmt, sondern beispielsweise schräg zu beiden mit einer gegebenen konstanten oder auch variierenden Steigung festgelegt ist. Beispielsweise kann die Werkstückoberfläche auf einer Spirale abgetastet werden. Im Falle einer zylindrischen Werkstückoberfläche ist diese Spirale eine Schraubenlinie. Im Falle einer kegelförmigen Werkstückoberfläche ist diese Spirale eine konische Schraubenlinie. Im Falle einer ebenen Werkstückoberfläche ist die Spirale eine Spirale im eigentlichen mathematischen Sinn. In allen Fällen werden die Messwerte entlang der Linie als Messpunkte in so dichter Folge aufgenommen, dass das Abtasttheorem erfüllt ist, d.h. jede Welle mindestens zweifach, vorzugsweise mehrfach, abgetastet wird. Wegen des in der Regel anzutreffenden relativ geringen Drallwinkels von wenigen Minuten kann bei der Spiralabtastung (bei zylindrischer Werkstückoberfläche

Abtastung entlang einer Schraubenlinie) mit hohen Drehzahlen gearbeitet werden. Werkstücke mit einem Durchmesser von wenigen Zehn Millimetern können beispielsweise bei einer Drehzahl von mehreren Hundert bis mehreren Tausend Umdrehungen pro Minute abgetastet werden, wobei mehrere Tausend Umdrehungen, beispielsweise Fünftausend Umdrehungen vollführt werden können, um einen vollständigen Datensatz zu liefern. Die Ganghöhe der Linie auf der die Abtastung durchgeführt wird, kann relativ klein sein, wobei der seitliche Abstand zweier Windungen dieser Linie größer sein kann als die quer zur Drallstruktur zu messende Wellenlänge derselben.

Die über die Werkstückoberfläche verteilten Messpunkte bilden eine Punktwolke, aus der sowohl die Axialkomponente als auch die Radialkomponente einer hypothetischen (synthetischen) Abtastung herausgerechnet werden können. Aus der Punktwolke können diejenigen Punkte herausselektiert werden, die auf einer gedachten Kreislinie liegen. Diese Punkte bilden die Umfangskomponente. Entsprechend können aus der Punktwolke diejenigen Punkte herausselektiert werden, die auf einer gedachten Axiallinie liegen. Diese Punkte bilden die Axialkomponente. Der Vorzug dieses Verfahrens liegt darin, dass zur Durchführung der Messung sowohl das Werkstück als auch der Messkopf, z.B. in Form einer Tastspitze oder eines optischen Tasters, gleichmäßig bewegt werden. Messfehler, die durch Beschleunigung oder Verlangsamung von Komponenten des Messkreises erzeugt werden könnten, werden vermieden.

Zur Bestimmung des Vorzeichens des Drallwinkels ist es ausgehend von der einfachst denkbaren Abtastung entlang einer Kreislinie sowie entlang einer Mantellinie möglich, eine Abtastung auf zumindest einer Kreislinie und/oder Mantellinie durchzuführen, die der ersten Kreislinie oder Mantellinie eng benachbart sind. Bei Spiralabtastung erübrigt sich dies wegen

der engen Nachbarschaft benachbarter Gänge der Spirallinie. Aus dem Versatz der erfassten Wellen auf den beiden benachbarten Linienabschnitten gegen einander, kann die Steigungsrichtung, d.h. das Vorzeichen, des Drallwinkels bestimmt werden. Es ist auch möglich, die Abtastung auf zwei Linienabschnitten durchzuführen, die sich gegenseitig mehr- oder vielfach schneiden, z.B. weil sie entgegengesetzte Steigungen aufweisen. Die Messung kann bei drehendem Werkstück durchgeführt werden, indem die Tasteinrichtung in Axialrichtung einmal hin und her bewegt wird. Die erhaltene Punktwolke enthält wiederum die Axialkomponente und die Umfangskomponente.

Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich sowohl für schnelle und dabei doch präzise Übersichtsmessungen als auch für die präzise Vermessung eines gesamten interessierenden Flächenbereichs in geringer Messzeit und mit hoher Präzision. Mit dem Verfahren lassen sich auch Aussagen bei Vorliegen konkurrierender Drallstrukturen, z.B. mit positiver und negativer Steigung, gewinnen.

Weitere Einzelheiten vorteilhafter Ausführungsformen der Erfindung sind Gegenstand der Zeichnung, der Beschreibung oder weiterer Unteransprüche.

In der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele der Erfindung veranschaulicht. Es zeigen:

Figur 1 einen Ausschnitt aus einer Werkstückoberfläche mit Drallstruktur und einer als Messweg dienenden Linie,

Figur 2 bis 6 eine Abwicklung der Werkstückoberfläche gemäß Figur 1 mit unterschiedlichen, als Messweg dienenden Linien,

- Figur 7 eine Messvorrichtung zur Bestimmung der Drallstruktur einer Werkstückoberfläche in schematischer Veranschaulichung,
- 5 Figur 8 einen berührungslosen interferenzoptischen Taster zur Erfassung der Drallstruktur einer Werkstückoberfläche,
- Figur 9 einen als konfokales Mikroskop ausgebildeten optischen Taster  
10
- Figur 10 eine diagrammartige Veranschaulichung von auf einer Kreislinie gewonnenen Messwerten zur Bestimmung der Gängigkeit z,  
15
- Figur 11 eine schematische Darstellung einer Strategie zur automatischen adaptiven Festlegung einer Abtastlinie und
- 20 Figur 12 ein Flussbild einer Kombi-Strategie zur automatischen adaptiven Festlegung einer Abtastlinie.

In Figur 1 ist ein zylindrischer Abschnitt einer Werkstückoberfläche 1 veranschaulicht, bei der es sich prinzipiell um die Außenfläche beispielsweise eines Zapfens oder auch die Innenfläche einer Bohrung handeln kann. Der Abschnitt 1 der Werkstückoberfläche ist rotationssymmetrisch zu einer Achse 2 und weist im Beispiel einen konstanten mittleren Radius  $r$  auf. Der Radius  $r$  kann sich jedoch entlang der Achse 2 auch ändern - das nachfolgend beschriebene Messverfahren ist nicht auf Zylinderflächen beschränkt sondern kann auch bei anderen rotationssymmetrischen Flächen oder auch ebenen Flächen oder im Einzelfall auch auf Flächen angewendet werden, bei denen der Radius  $r$  in Abhängigkeit von der in Zylinderkoordinaten geltenden Umfangskoordinate  $\phi$  variiert. Hier, wie zur weiteren Erläuterung, werden Zylinderkoordinaten vorausgesetzt, deren Axialkoordinate  $y$  durch die Richtung der Achse 2 bestimmt ist.

Der Abschnitt 1 der Werkstückoberfläche weist eine in Figur 1 schematisch veranschaulichte Drallstruktur 3 auf, die aus einer Anzahl sich nach Art eines Gewindes um die Achse 2 herum windenden Gewindegängen vorliegen kann. Die Drallstruktur 3 kann beispielsweise das Resultat einer Schleifbearbeitung des Anspruchs 1 der Werkstückoberfläche sein und aus einzelnen Riefen oder Riefenabschnitten bestehen, die einen Steigungswinkel bezüglich der Achse 2 aufweisen. Dieser Steigungswinkel wird als Drallwinkel  $\beta$  bezeichnet. Zur besseren Veranschaulichung wird auf Figur 2 Bezug genommen, in die der Drallwinkel  $\beta$  eingetragen ist. Er zeigt die Neigung eines die Drallstruktur 3 bestimmenden Formelements, beispielsweise einer Riefe oder eines Vorsprungs, in Bezug auf eine Kreislinie. In Figur 2 ist die Drallstruktur 3 dazu als Abwicklung in die Zeichenebene veranschaulicht. Die Drallstruktur 3 wird nun mittels eines Tasters entlang einer Linie 4 abgetastet, wobei dann entlang der Linie 4 in dichter Folge Messwerte

bzw. Punkte aufgenommen werden. Jeder Punkt hat die Koordinaten  $r$ ,  $y$ ,  $\varphi$  gemäß des Zylinderkoordinatensystems nach Figur 1. Bei der Messung wird jedem durch die Linie 4 vorgegebenen Koordinatenpaar  $y$ ,  $\varphi$  der durch den Taster erfasste Radius  $r$  zugeordnet.

Die Linie 4 weist eine Umfangskomponente 5 und eine Axialkomponente 6 auf. Im einfachsten Fall hat die Linie 4 einen Abschnitt in Form einer Kreislinie, die ausschließlich eine Umfangskomponente bildet und keine Komponente in Axialrichtung hat. Alle Messwerte auf dem die Umfangskomponente 5 bildenden Abschnitt haben die gleiche Y-Koordinate.

Die Axialkomponente 6 wird durch einen Zweig der Linie 4 gebildet, der sich parallel zu der Achse 2 erstreckt. Alle Punkte auf dem entsprechenden Zweig der Linie 4 haben die gleiche Umfangskoordinate  $\varphi$ .

Im Idealfall lassen sich aus den entlang der Umfangskomponente 5 der Linie 4 aufgenommenen Messwerten und den entlang der Axialkomponente 6 aufgenommenen Messwerten ein oder mehrere den Drall kennzeichnende Größen bestimmen. Zur Erläuterung wird zunächst auf Figur 10 verwiesen. Diese veranschaulicht die entlang der Umfangskomponente 5 der Linie 4 aufgenommenen Messwerte, deren Radius  $r$  minimal ist, wenn bei der Messung entlang der Umfangskomponente 5 das Tal einer Riefe angetroffen wird und deren Radius  $r$  maximal ist, wenn ein zwischen zwei Riefen 7, 8 liegender Materialbereich 9 angetroffen wird. Obwohl im vorliegenden Beispiel die Aufnahme von Messpunkten im Abstand von einigen Grad der Winkelkoordinate  $\varphi$  ausreichen würden, ist die Punktfolge vorzugsweise wesentlich dichter, so dass die Messwerte entlang der Umfangskomponente 5 als durchgezogene wellige Linie dargestellt sind. Zur Bestimmung der Gängigkeit  $z$ , d.h. der Anzahl

der den in Figur 10 dargestellten Kreisschnitt schneidenden Riefen 7, 8, kann lokal ein mittlerer Radius bestimmt werden, der ungefähr mittig zwischen den Maxima 10, 11 und den Minima 12, 13 verläuft. Die Anzahl der Schnittpunkte 14, 15 (usw.)  
5 zwischen der von den Messwerten vorgegebenen Linie I und der von dem gemittelten Durchmesser vorgegebenen Linie II entspricht zwei  $z$ . Die Gängigkeit  $z$  ist auf diese Weise einfach zu erhalten, indem die betreffende Anzahl durch zwei geteilt wird.

10

Zur Bestimmung des Drallwinkels  $\beta$  wird nun anhand der Axialkomponente 6 der auf der Linie 4 durchgeführten Messung die Wellenlänge  $\Delta y$  der Drallstruktur 3 in Y-Richtung d.h. in Richtung der Axialkomponente 6 bestimmt. Die Wellenlänge  $\Delta y$   
15 findet sich als Abstand zwischen gemessenen Maxima oder Minima des Radius  $r$ . Ist die Wellenlänge  $\Delta y$  einigermaßen konstant, kann der lokale Messwert genommen werden. Andernfalls kann über mehrere Messwerte gemittelt werden.

20

Zur Bestimmung des Drallwinkels  $\beta$  wird das Produkt aus Wellenlänge  $\Delta y$  und Gängigkeit  $z$  mit dem Umfang des Abschnitts 1 der Werkstückoberfläche ins Verhältnis gesetzt. Der Arcus Tangens dieses Verhältnisses ist der gesuchte Drallwinkel  $\beta$ . Dieser ist somit dem Betrag nach festgelegt. Nach Durchfüh-  
25 rung dieser einfachen Messung kann somit entschieden werden ob eine Werkstückoberfläche eine Struktur mit unzulässigem Drall aufweist oder nicht.

30

Zur Verfeinerung des Verfahrens ist es möglich, wie Figur 3 zeigt, die Messlinie 4 auf mehrere Linien 4a, 4b aufzuteilen, die jeweils mehrere Zweige 16a, 17a, 18a bzw. 16b, 17b, 18b aufweisen. Die Zweige 16a, 16b, 18a, 18b bilden dabei die Umfangskomponente der beispielsweise nicht zusammenhängenden Messlinie 4, während die Zweige 17a, 17b die Axial-

komponente bilden. Die Messung wird, wie im Zusammenhang mit Figur 2 und 10 erläutert, durchgeführt. Jedoch zeigen die entlang der Zweige 16a, 16b aufgenommenen Wellenformen einen Phasenversatz hinsichtlich der Winkelkoordinate  $\varphi$  zueinander.  
5 Die entlang der Zweige 17a, 17b aufgenommenen Wellenformen zeigen einen Phasenversatz hinsichtlich der Y-Koordinate. Aus der Richtung des Phasenversatzes kann auf das Vorzeichen des Drallwinkels  $\beta$ , d.h. positive oder negative Steigung, geschlossen werden.

10

Wie Figur 4 veranschaulicht, kann die Linie 4 auch auf anderweitige Zweige 16a, 16b, 16c, 16d und 17a, 17b, 17c, 17d aufgeteilt sein, die sich auch kreuzen können. Die einzelnen Zweige 16a bis 17d der Linie 4 können somit einen großen Teil  
15 der Werkstückoberfläche überstreichen.

Es ist des Weiteren möglich, die Linie 4 auf Zweige 19, 20, 21 aufzuteilen, die jeweils eine Axialkomponente 6 und eine Umfangskomponente 5 aufweisen. Dies ist in Figur 5 am  
20 Beispiel des Abschnitts 21 der Linie 4 veranschaulicht. Dieser verläuft nach Art einer Schraubenlinie mit einer z.B. konstanten Steigung entlang der Werkstückoberfläche. Schon allein anhand der unterschiedlichen Anzahl der erfassten Radius Maxima und Radius Minima entlang gleicher Längen-  
25 abschnitte der Zweige 21, 20 lässt sich auf die Gängigkeit  $z$  und den Winkel  $\beta$  schließen. Dies kann beispielsweise mittels der in Figur 5 eingezeichneten Hilfslinie III erfolgen, die rechtwinklig zu der Drallstruktur 3, d.h. zu deren Riefen, eingetragen ist. Die Winkel  $\alpha_{20}$  und  $\alpha_{21}$  der Zweige 20 und 21  
30 zu der Linie III sind zunächst unbekannt. Bekannt ist jedoch der Winkel  $\gamma$  zwischen den beiden Zweigen 20, 21. Wird nun eine willkürliche Anzahl von geschnittenen Riefen, z.B. fünf, festgelegt und sowohl auf dem Zweig 20 wie auch auf dem Zweig 21 die Strecke A bzw. B bestimmt, die fünf Riefen jeweils

einnehmen, gilt  $A/B = \cos\alpha_{20}/\cos\alpha_{21}$ . Des Weiteren gilt  $\gamma - \alpha_{21} + \alpha_{20} = 180^\circ$ . Aus beiden Gleichungen lassen die beiden Unbekannten Winkel  $\alpha_{20}$ ,  $\alpha_{21}$  und aus diesen durch einfache Umrechnung der Drallwinkel  $\beta$  bestimmen. Das Verfahren kann an mehreren Stellen der Werkstückoberfläche wiederholt durchgeführt werden, wobei der erhaltene Drallwinkel  $\beta$  gemittelt werden kann. Außerdem lässt sich das Verfahren auf Linien 4 mit lokal nicht konstanter Steigung erweitern.

10           Es ist des Weiteren möglich, die Drallstruktur 3 gemäß Figur 6 anhand einer schraubenförmigen Linie 4 abzutasten, wobei die Schraubenlinie, wie in Figur 6 veranschaulicht, wiederum eine Umfangskomponente 5 und eine Axialkomponente 6 aufweist. Aus dem Phasenversatz der Welligkeiten der einzelnen Windungen 22, 23 lässt sich das Vorzeichen des Drallwinkels  $\beta$  bestimmen. Damit ist zunächst festgelegt, ob die Linie 4 und die Drallstruktur 3 gleich oder gegensinnig angeordnet sind. Des Weiteren kann vorausgesetzt werden, dass die Anzahl der Wellenberge und Wellentäler auf einer Windung, beispielsweise der Windung 22, gleich der Summe der Wellenberge und Wellentäler sind, die auf der Umfangskomponente 5 sowie auf der Axialkomponente 6 zu verzeichnen wären, wenn diese gemessen würden. Mit Hilfe des zuvor ermittelten Phasenversatzes zwischen den Welligkeiten benachbarter Windungen 22, 23 kann auch der Drallwinkel  $\beta$  bestimmt werden. Die Bestimmung des Phasenversatzes ist besonders einfach, wenn der Abstand zwischen den Windungen 22, 23, anders als in Figur 6 dargestellt, so gering ist, dass das Abtasttheorem erfüllt ist, d.h. der Phasenversatz zwischen benachbarten Windungen kleiner als eine entlang der Linie 4 gemessene Wellenlänge der geschnittenen Drallstruktur 3 ist. In dem in Figur 6 dargestellten Fall des größeren Windungsabstands kann der Phasenversatz evtl. durch eine Korrelationsanalyse des Verlaufs der

Messwerte zwischen benachbarten Windungen 22, 23 ermittelt werden.

Figur 7 veranschaulicht eine einfache Vorrichtung 24 zur Durchführung der vorbeschriebenen Messung. Die Vorrichtung 24 weist beispielsweise eine Einrichtung zum Drehen des Werkstücks in Form eines Drehtischs 25 und eine Positioniereinrichtung 26 auf, mit der ein Taster 27 wenigstens in Richtung der von dem Drehtisch 25 vorgegebenen Drehachse drehbar ist, die mit der Achse 2 übereinstimmt. Der Taster 27 kann beispielsweise ein mechanischer Taster sein, wie er als Rauheitstaster bekannt ist. Mit dieser Vorrichtung 24 lässt sich nach genauer Ausrichtung der Achse 2 des Werkstücks auf die Drehachse des Drehtischs die Werkstückoberfläche entlang der Linie 4 abtasten. Dabei kann jede Linie 4 nach einer der Figuren 2 bis 6 sowie abweichend beispielsweise in Form von über die Mantelfläche der Werkstückoberfläche verteilter Sinuskurven abgetastet werden.

Der Taster 27 ist beispielsweise ein mechanischer Taster mit einer Diamantnadel, deren Spitze einen Rundungsradius aufweist, der geringer ist als die Breite der abzutastenden Riefen. Bevorzugterweise werden jedoch optische Taster 27 verwendet, wie sie in Figur 8 oder Figur 9 schematisch veranschaulicht sind. Der Taster 27 nach Figur 8 ist als Weißlichtinterferometer ausgebildet. Er weist eine Lichtquelle 28 mit geringer Kohärenzlänge auf, die über einen z.B. aus Lichtleitfasern 29, 30, 31 bestehenden Lichtweg und ein Objektiv 32 die Werkstückoberfläche 33 beleuchtet. In dem Lichtweg vorgesehene Faserkoppler 34, 35 schließen einen Referenzlichtweg 36 und ein Interferometer 37 an. In dem Interferometer werden Messlichtstrahl und Referenzlichtstrahl überlagert und beispielsweise über eine Zylinderlinse 38 auf einen linearen Sensor 39 projiziert. Eine Auswerteeinrichtung

40 wertet das entstandene Interferenzmuster aus. Seine Position ist ein Maß für den Abstand des Objektivs 32 von dem jeweils angetasteten Punkt der Werkstückoberfläche 33.

5           Figur 9 veranschaulicht den Taster 27 in seiner Ausführungsform, beispielsweise als konfokales Mikroskop. In der veranschaulichten vorteilhaften Ausführungsform arbeitet es mit erhöhter Tiefenschärfe durch Nutzung mehrfarbigen Lichts und eines Objektivs 42 mit hoher chromatischer Aberration.  
10 Auf der optischen Achse 42 findet sich eine Brennlinie mit einer Folge farbiger Brennpunkte. An den Lichtweg ist über den Phaserkoppler 34 eine Auswerteeinrichtung mit einem Farb-  
analysator angeschlossen. Dieser kann, wie schematisch veranschaulicht, beispielsweise aus einem Prisma 43 und einem  
15 angeschlossenen Liniensensor 44 bestehen, der mit der Auswerteeinrichtung 40 verbunden ist. Das Licht der Farbe, deren Brennpunkt auf der Werkstückoberfläche 33 liegt, wird in den Taster 27 zurückgestrahlt und entsprechend der Lichtfarbe von dem Prisma 43 abgelenkt. Der Liniensensor 44, beispielsweise  
20 eine Linienkamera, erhält somit nur auf einem oder mehreren Pixeln Licht, wobei der Mittelpunkt des beleuchteten Flecks ein Maß für den Abstand zwischen der Werkstückoberfläche 33 und dem Objektiv 41 ist.

25           Beide Taster 27 nach Figur 8 und 9 arbeiten schnell, so dass das Werkstück entlang der Linie 4 mit hoher Geschwindigkeit abgetastet werden kann. Es können in kurzer Messzeit von einigen Sekunden bis Minuten große Teile der Werkstückoberfläche vermessen werden. Die Messung liefert nicht nur den  
30 Drallwinkel  $\beta$  und gegebenenfalls die Gängezahl  $z$  sondern bedarfsweise auch die Tiefe der Drallstruktur 3, gemessen in Richtung der R-Koordinate.

Figur 11 veranschaulicht eine adaptive Strategie zur Festlegung einer Linie 4 zur Abtastung des Werkstücks und gegebenenfalls zur Drallermittlung. Die Strategie geht im einfachsten Fall davon aus, dass es eine Linie 4 gibt, die für die vollständige Abtastung des Dralls am besten geeignet ist. Diese Linie kann beispielsweise eine Schraubenlinie sein, deren Neigung adaptiv festgelegt werden kann. Dies kann erfolgen, indem die Messung beispielsweise auf einer Schraubenlinie mit einer ersten Steigung beginnt und der Steigungswinkel während der Messung variiert wird. Die Variation kann erfolgen, indem der Steigungswinkel beispielsweise stufenweise erhöht wird. Die Messung kann dann mit demjenigen Steigungswinkel weiter fortgeführt und abgeschlossen werden, bei dem sich die gesuchten Drallparameter am besten berechnen lassen.

Bei einem vereinfachten Verfahren wird lediglich zwischen zwei Steigungswinkeln (z.B.  $0^\circ$  und  $90^\circ$ ) unterschieden. Dazu wird z.B. an der auf Drall zu untersuchenden Mantelfläche eines Werkstücks an zwei einander gegenüber liegenden Mantellinien möglichst großer Länge sowie an zwei Kreisprofilen an dieser Mantelfläche mit möglichst kleinem Messpunkt- abstand eine Messung durchgeführt. Die Linie 4 besteht somit aus zwei Kreisbögen oder zwei Kreisringen und zwei Geraden (Mantellinien). So werden vier Profile gewonnen. Ein entsprechendes Messprogramm entscheidet dann anhand der in den vier Profilen vorhandenen dominanten Welligkeiten, ob die nachfolgende gültige Messung an Mantellinien oder Kreisen durchgeführt werden soll und wie groß dabei der Messpunkt- abstand sein darf. Genügt eine der bereits durchgeführten Abtastungen den sich ergebenden Anforderungen kann die durchgeführte Probemessung schon als endgültige Messung dienen.

Weiter veranschaulicht Figur 11 eine adaptive Strategie zur Festlegung einer Linie 4. In Stufe 1 besteht diese, wie beschrieben, aus zwei Mantellinien (Vertikalen im linken oberen Teilbild) und zwei Kreislinien (Horizontalen im linken oberen Teilbild). Das Messprogramm bestimmt in einer zweiten Stufe (oben Mitte) aus diesen Messungen die dominanten Welligkeiten. Sind diese gleich, können die drei Parameter berechnet werden. Falls nicht, wird in einem dritten Schritt (oben rechts) eine Verfeinerungsmessung durchgeführt. Dabei werden zwischen den beiden bereits gemessenen Mantellinien zumindest eine vorzugsweise zwei weitere Mantellinien gemessen. Außerdem kann eine weitere vorzugsweise etwa mittig zwischen den beiden Kreislinien liegende Linie vermessen werden. In einem vierten Schritt (rechts unten) wird geprüft, ob die ermittelten dominanten Welligkeiten gleich sind. Falls ja, werden die Drallparameter berechnet. Falls nein, wird in Schritt 5 eine weitere Verfeinerungsmessung durchgeführt, indem auf weiteren Mantellinien und Kreislinien Messungen durchgeführt werden. Wiederum werden die dominanten Welligkeiten auf allen Linien (Kreisen und Mantellinien) ermittelt und, falls diese gleich sind, die Drallparameter berechnet. Falls nicht, kann das Programm abbrechen und eine entsprechende Fehlermeldung ausgeben. Es ist auch möglich, eine weitere Verfeinerung nach obigem Schema durchzuführen bis schlussendlich eine gültige Messung erreicht wird.

Die in den verschiedenen Stufen 1, 3 und 5 sowie gegebenenfalls weiter verfeinerten Messstufen durchgeführten Messungen können mit konstantem einheitlichen Messpunktabstand durchgeführt werden. Es ist auch möglich, die Messpunktabstände von Stufe zu Stufe zu verringern, um die Wahrscheinlichkeit zu erhöhen, mit möglichst wenig Abtastlinien eine gültige präzise Messung zu erreichen.

Eine weitere adaptive Messstrategie ist in Figur 12 veranschaulicht. Es handelt sich dabei um eine kombinierte Helixmessung mit adaptiver Strategie. Bei der Durchführung des Verfahrens durch ein entsprechendes Messprogramm wird den in  
5 Figur 12 aufgezeigten Schritten in der angegebenen Reihenfolge gefolgt. Dazu werden zunächst eine beliebige Anzahl  $n$  Kreise um einen Umfang von vorzugsweise  $C=360^\circ$  mit einer Schrittweite, d.h. einem Messpunktabstand  $\Delta z$  gescannt. Nachfolgend werden eine bestimmte Anzahl  $m$  Mantellinien mit einem  
10 gleichen oder anderen Messpunktabstand  $\Delta z$  gescannt. Die Mantellinien sind um einen Winkel von  $\Delta c$  voneinander beabstandet.

Daraus wird die Achse eines Referenzzylinders berechnet.  
15 Es werden dann in dem Schritt „Rechnerisches Zentrieren des  $i$ -ten Kreises auf die Zylinderachse“ die gemessenen Kreise rechnerisch zu der Zylinderachse zentriert. Dann werden in dem Schritt „Rechnerisches Abwickeln des  $i$ -ten Kreises in  $i$ -te Mantellinie“ die gemessenen Kreise und Mantellinien in  
20 eine Ebene übertragen, wie sie beispielsweise in Figur 11 in Schritt 1, 3 oder 5 dargestellt ist. Dann wird in dem Schritt „ $WD_i$ -Profil aus  $i$ -ter Mantellinie extrahieren“ eine dominante Welligkeit bestimmt. In dem Schritt „Wellenlänge  $WDSm_i$  zugehörige Wellenzahl  $f_i$ “ wird für jede Kreislinie  $i$  und jede zugeordnete Mantellinie die zugehörige Wellenlänge bestimmt.  
25

Im nächsten Schritt „Häufigste Wellenzahl  $f$  aus Wellenzahlen  $f_i$ “ wird die in allen Wellenzahlen  $f_i$  am häufigsten auftretende Wellenzahl bestimmt.  
30

Im nächsten Schritt „Gängigkeit  $DG$  mit  $DG=f$ “ wird die Anzahl der „Gewindegänge“ berechnet, die in dem Welligkeitsprofil entsprechend der Wellenzahl  $f$  enthalten sind.

Nach der insoweit durchgeführten Auswertung der Messwerte, die auf den zu der Linie 4 gehörigen Kreislinien gewonnen worden sind, werden die auf den Mantellinien gewonnenen oder zu gewinnenden Messwerte ausgewertet. Die Mantellinien gehören dabei ebenfalls zu der kombinierten Linie 4. Zunächst wird (optional) die Achse des Referenzzylinders nochmals berechnet und es wird jede Mantellinie in dem Schritt „Rechnerisches Ausrichten der  $i$ -ten Mantellinie parallel zur Zylinderachse“ entsprechend ausgerichtet. Damit können Parallelitätsfehler zwischen Mantellinie und Zylinderachse bei leicht konischem Werkstücken ausgeglichen werden, die ansonsten zu Messfehlern oder Werteüberläufen in entsprechenden Messeinrichtungen oder Berechnungsprogrammen führen könnten. Danach wird in dem Schritt „ $WD_i$ -Profil aus  $i$ -ter Mantellinie extrahieren“ aus jeder Mantellinie das  $WD$ -Profil extrahiert. Daraus wird in dem Schritt „Wellenlänge  $WDSm_i$ “ für jede Mantellänge die Wellenlänge ermittelt.

Es werden nun aus den auf den Kreislinien und den auf den Mantellinien ermittelten Wellenlängen die am häufigsten auftretenden Wellenlängen ermittelt. Dazu dient der Schritt „häufigste Wellenlänge  $WDSm$  aus Wellenlängen  $WDSm_i$ “. Aus der ermittelten Wellenlänge  $WDSm$  kann die axiale Periodenlänge  $DP$  bestimmt werden. Dazu dient der Schritt „axiale Periodenlänge  $DP$  mit  $DP=WDSm$ “. Das Verfahren ist selbstadaptiv, weil es unter Zugrundelegung der Kreisabtastrinie und der Mantelabtastrinie die Wellenlänge automatisch ermittelt. Ob die Wellenlänge dabei anhand der von den Kreislinien oder anhand der von den Mantellinien stammenden Messwertgruppe oder anhand von beiden Messwertgruppen bestimmt wird ergibt sich automatisch.

Es können sich weitere Auswerteschritte anschließen. Beispielsweise können in den nachfolgenden Schritten die Am-

plitude und die Phase der Wellenlänge  $WDS_m$ , die Dralltiefe, der Werkstückdurchmesser, der Werkstückumfang usw. berechnet werden. Das insoweit beschriebene Messverfahren nach Figur 12 kann als Messverfahren in die adaptive Strategie nach Figur 5 11 integriert werden. Es ist außerdem nicht auf die Messung auf Kreislinien und Mantellinien beschränkt. Vielmehr kann es auch auf Linienabschnitten durchgeführt werden, die unterschiedliche Steigungswinkel aufweisen. Außerdem kann die Auswertung nicht nur für die vorhandene Welligkeit erster Dominanz sondern auch für die evtl. vorhandene Welligkeit zweiter 10 Dominanz durchgeführt werden, womit die Drallparameter nicht nur für die erste Dominanz sondern auch für die zweite Dominanz bestimmbar sind. Ist hingegen die dominante Wellenlänge  $WDS_m$  der einzelnen Mantellinien nicht gleich, kann kein Drall 15 nachgewiesen werden.

Zur Drallmessung, beispielsweise mittels Formmessgeräten oder Koordinatenmessgeräten oder ähnlichen Messgeräten, wird die Werkstückoberfläche vorzugsweise entlang einer Schraubelinie 20 kleiner Ganghöhe durch koordinierte Messbewegung mit einer drehenden Komponente (Umfangskomponente) und einer linearen Komponente (Axialkomponente) bewegt. Es werden dabei gleichzeitig Messpunkte auf der Werkstückoberfläche dreidimensional erfasst. Die Antastung der Werkstückoberfläche kann 25 mechanisch oder berührungslos erfolgen. Die Messung gestattet auf einfache, robuste und sichere Weise die Bestimmung von den drallkennzeichnenden Größen einschließlich auch der Tiefe der zu vermessenden Drallstruktur 3.

## Patentansprüche:

1. Verfahren zur Drallmessung an Werkstückoberflächen, die Oberflächenstrukturen (3), insbesondere Bearbeitungs-  
5 spuren, mit einem Drall in Bezug auf eine Achse (2) aufweisen,  
bei dem die Werkstückoberfläche zur Gewinnung von Messwerten entlang einer zumindest Linie (4) abgetastet  
10 wird, die eine Axialkomponente (6) parallel zu der Achse (2) sowie eine Umfangskomponente (5) in Umfangsrichtung zu der Achse (2) aufweist,  
wonach aus den Messwerten zumindest eine den Drall kennzeichnende Größe bestimmt wird.  
15
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die den Drall kennzeichnende Größe der Drallwinkel ( $\beta$ ) ist.  
20
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die den Drall kennzeichnende Größe die Gängigkeit ( $z$ ) ist.
- 25 4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Werkstückoberfläche zusätzlich an wenigstens einer Stelle (17b) abgetastet wird, die einem Abschnitt (17a) der Linie (4) benachbart ist.
- 30 5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass aus der zusätzlich vorgenommenen Abtastung das Vorzeichen des Drallwinkels ( $\beta$ ) bestimmt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Linie (4) mehrere Kreisschnitte umfasst.
- 5 7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Linie (4) zumindest einen Abschnitt (17a) aufweist, der parallel zu der Achse (2) orientiert ist und die Axialkomponente (6) der Linie (4) bildet.
- 10 8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Linie (4) zumindest einen Abschnitt (16b) aufweist, der in Umfangsrichtung orientiert ist und die Umfangskomponente (5) der Linie (4) bildet.
- 15 9. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Linie (4) wenigstens einen Abschnitt (20, 21) aufweist, der zu der Umfangsrichtung (5) in einem spitzen Winkel orientiert ist.
- 20 10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der spitze Winkel wenigstens innerhalb des Abschnittes konstant ist.
- 25 11. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Linie (4) in der ebenen Abwicklung der Werkstückoberfläche wenigstens abschnittsweise eine Gerade ist.
- 30 12. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Linie wenigstens zwei Abschnitte gemäß wenigstens zwei der Ansprüche 6 bis 10 aufweist.
13. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zu den Messwerten Punkte  $(r, y, \varphi)$  gehören, die durch einen Radiuskoordinatenwert  $(r)$ , einen Axialkoordinaten-

wert ( $y$ ) und einen Winkelkoordinatenwert ( $\varphi$ ) festgelegt sind.

14. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass  
5 der Abstand zwischen zwei einander benachbarten Punkten  
( $r_n, Y_n, \varphi_n; r_{n+1}, Y_{n+1}, \varphi_{n+1}$ ) der Messwerte geringer ist als  
die halbe zu erwartende Wellenlänge der den Drall auf-  
weisenden Oberflächenstruktur.
- 10 15. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass  
der Abstand zwischen zwei einander benachbarten Punkten  
( $r_n, Y_n, \varphi_n; r_{n+1}, Y_{n+1}, \varphi_{n+1}$ ) der Messwerte geringer ist als  
die halbe in der jeweiligen Messrichtung zu erwartende  
Wellenlänge der den Drall aufweisenden Oberflächenstruk-  
15 tur.
16. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass  
die Axialkomponente (6) und die Umfangskomponente (5)  
aus einem Abschnitt der Linie (4) bestimmt werden, der  
20 in Bezug auf die Achse (2) eine Steigung aufweist.
17. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass  
die Abtastung der Werkstückoberfläche zur Gewinnung der  
Messwerte durch mechanische Antastung mit einer Tast-  
25 spitze oder mit einer nichtberührenden Tasteinrichtung  
(27) erfolgt.
18. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass  
die Linie (4) zur Abtastung der Werkstückoberfläche zur  
30 Gewinnung der Messwerte adaptiv festgelegt wird.
19. Vorrichtung (24) zur Durchführung des Verfahrens nach  
Anspruch 1,

mit einer Aufnahmeeinrichtung (25) zur Aufnahme des Werkstücks konzentrisch zu der Achse (2),

5 mit einer Einrichtung (27) zur Aufnahme von Messwerten entlang der Linie (4) und

mit einer Einrichtung (40) zur Bestimmung wenigstens des Betrags des Drallwinkels  $\beta$  anhand der aufgenommenen Messwerte.

10

20. Vorrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung (27) zur Aufnahme der Messwerte eine mechanische Tasteinrichtung ist.

15

21. Vorrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung (27) zur Aufnahme der Messwerte ein Lichtmikroskop ist.

20

22. Vorrichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung (27) zur Aufnahme der Messwerte ein konfokales Mikroskop ist.

25

23. Vorrichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung (27) zur Aufnahme der Messwerte ein Weißlicht-Interferenzmikroskop ist.

30

24. Vorrichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung (27) dazu eingerichtet ist, die Länge und/oder den Verlauf der Linie (4) adaptiv festzulegen.

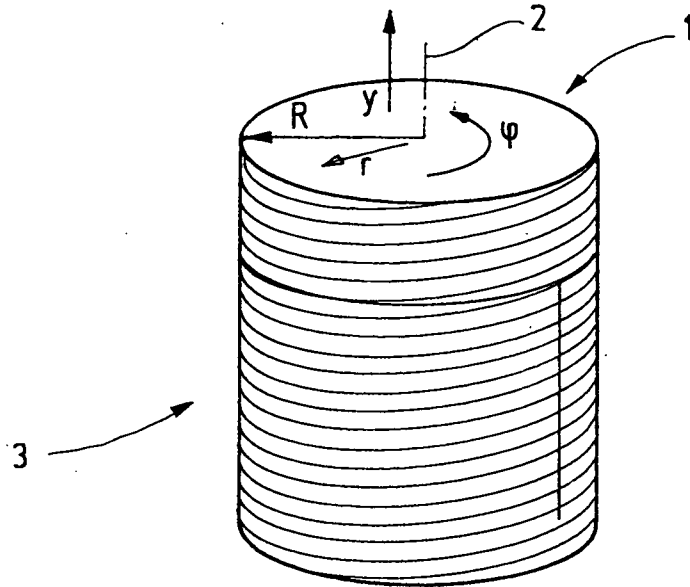


Fig.1

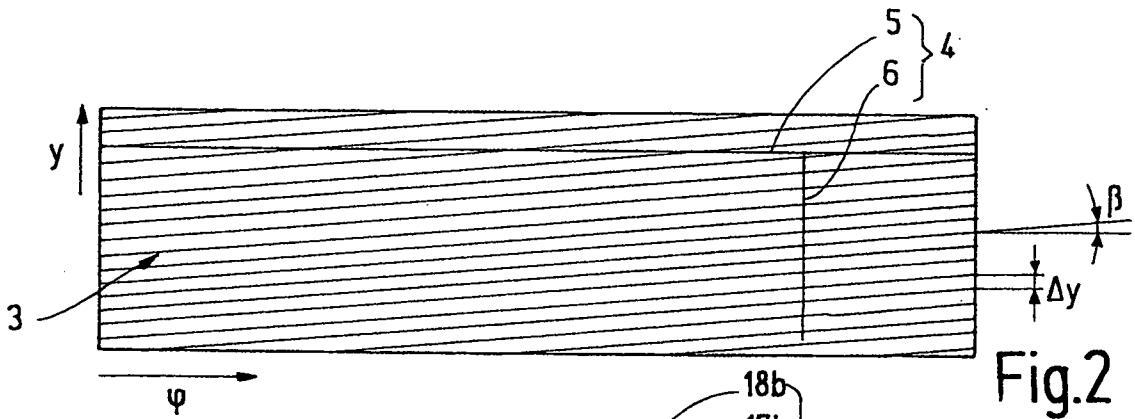


Fig.2

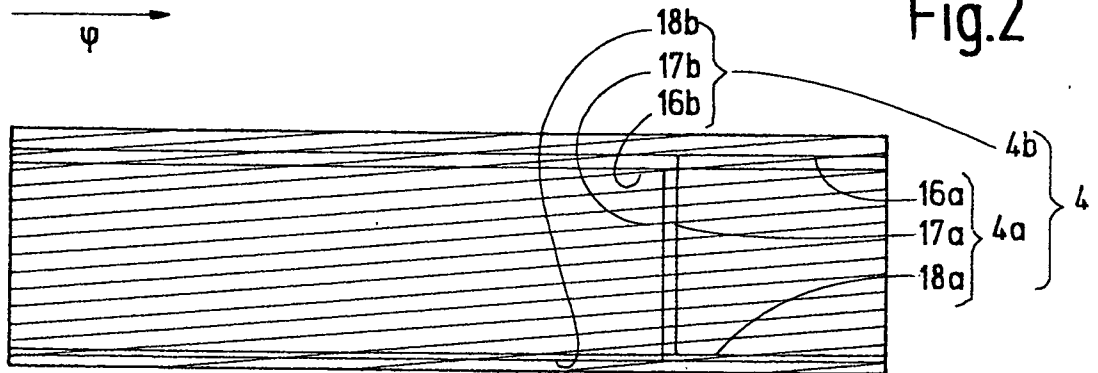


Fig.3

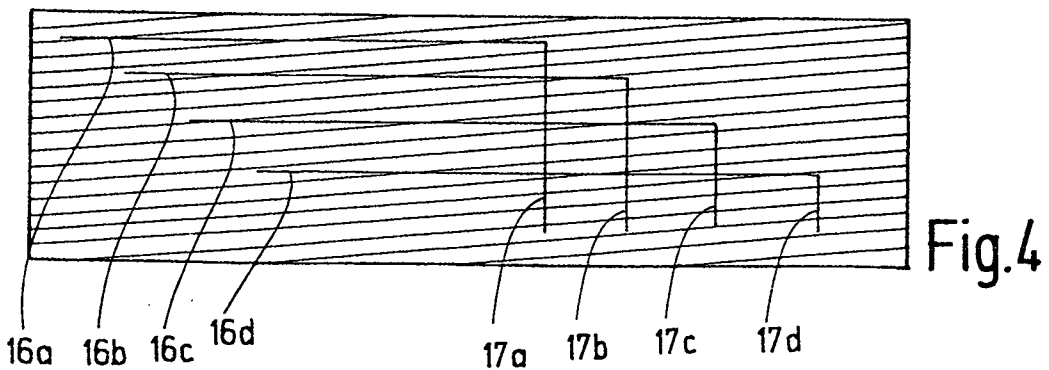
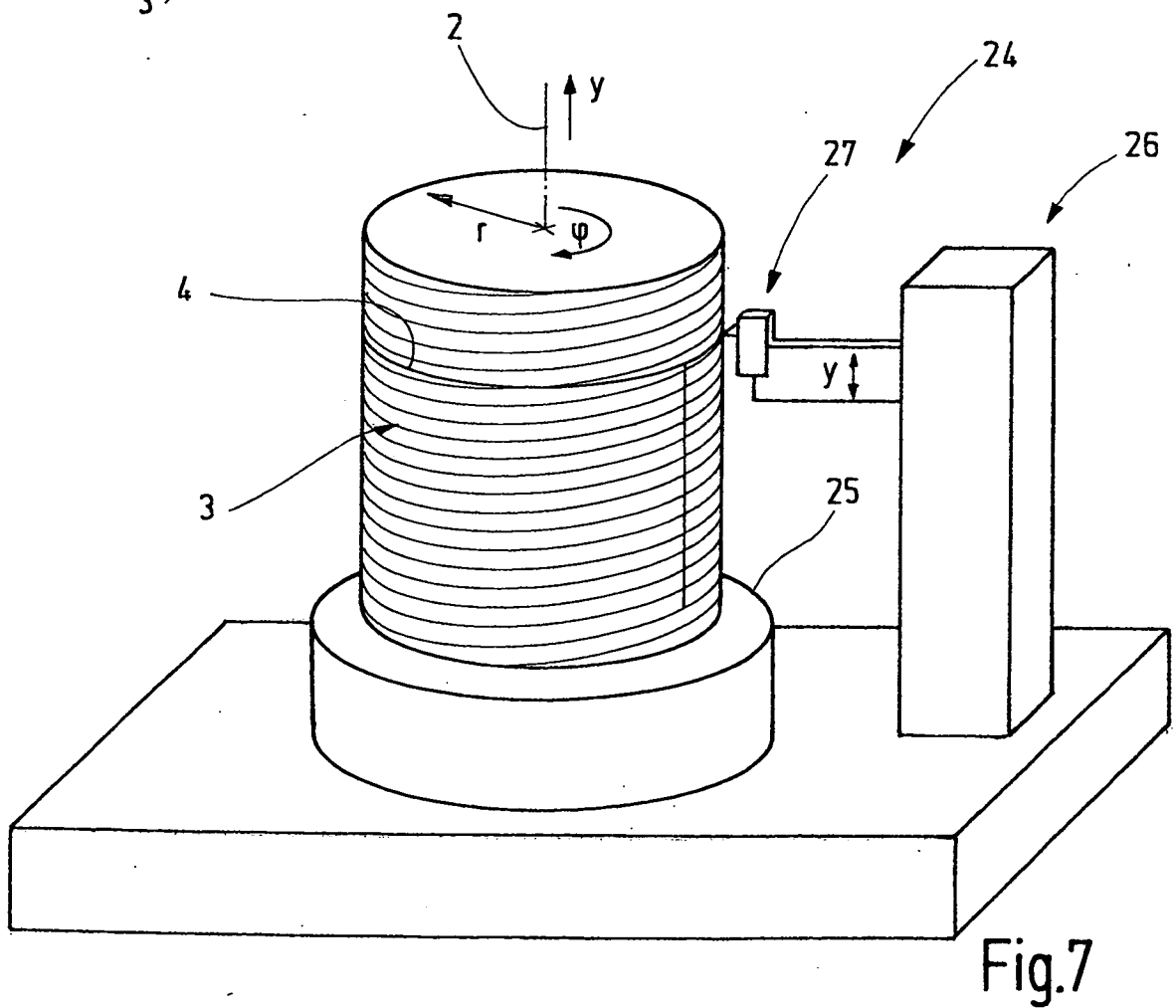
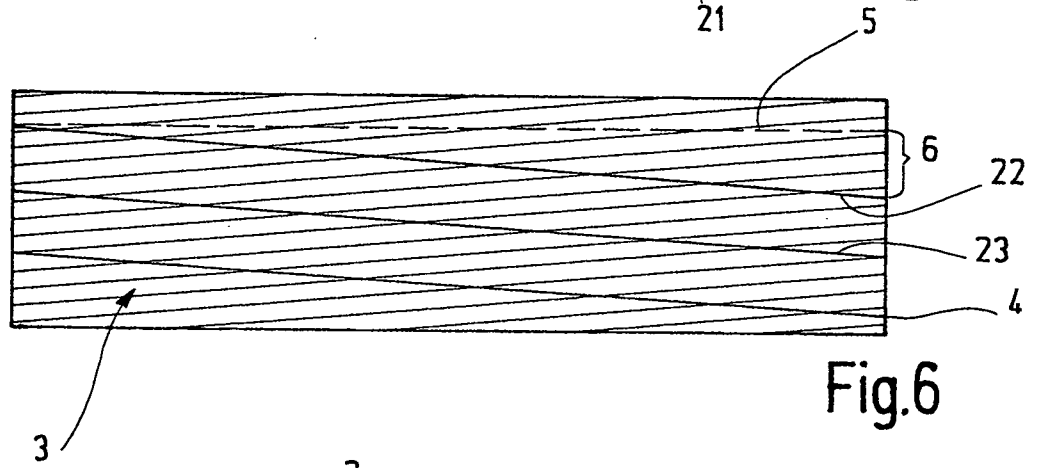
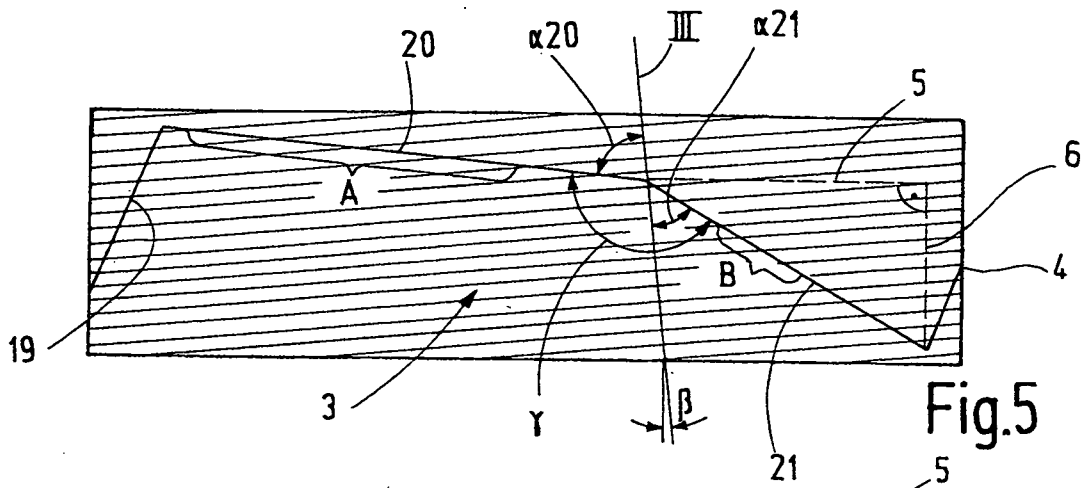
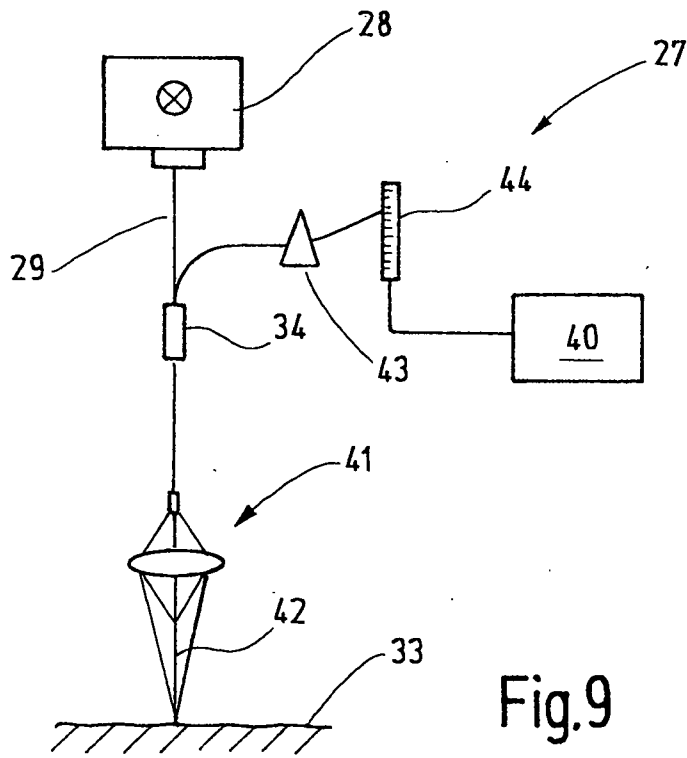
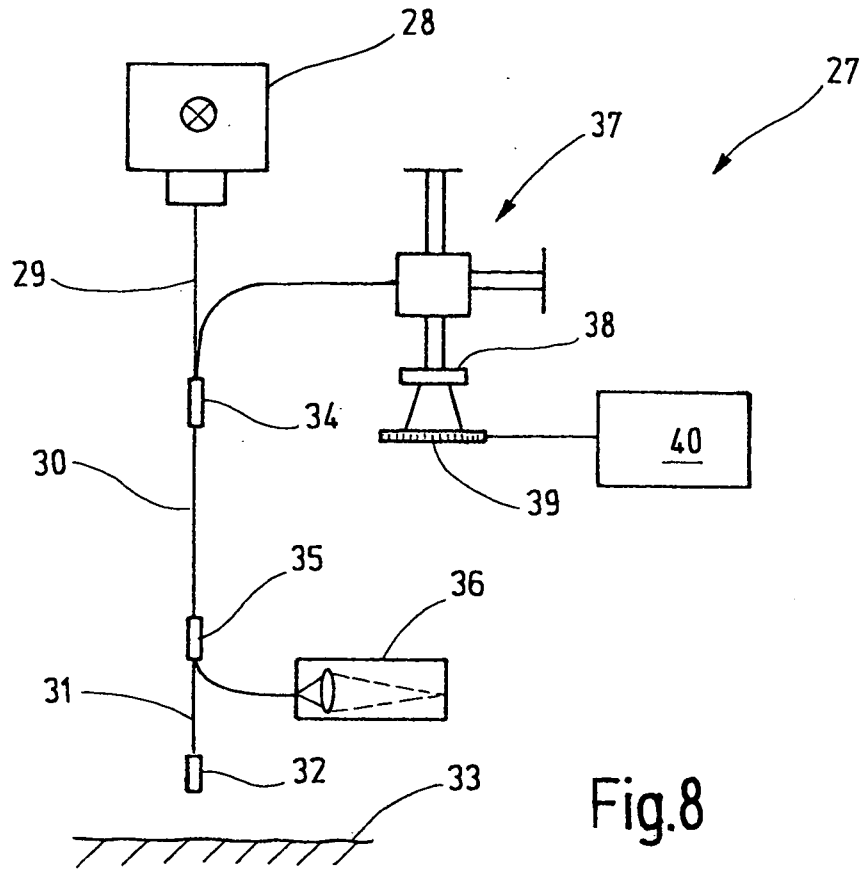


Fig.4





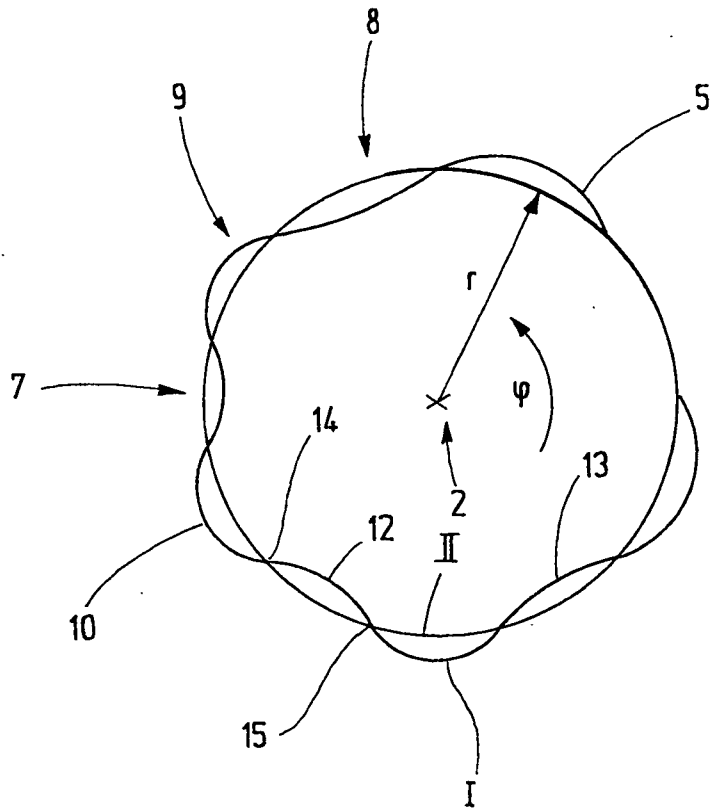


Fig.10

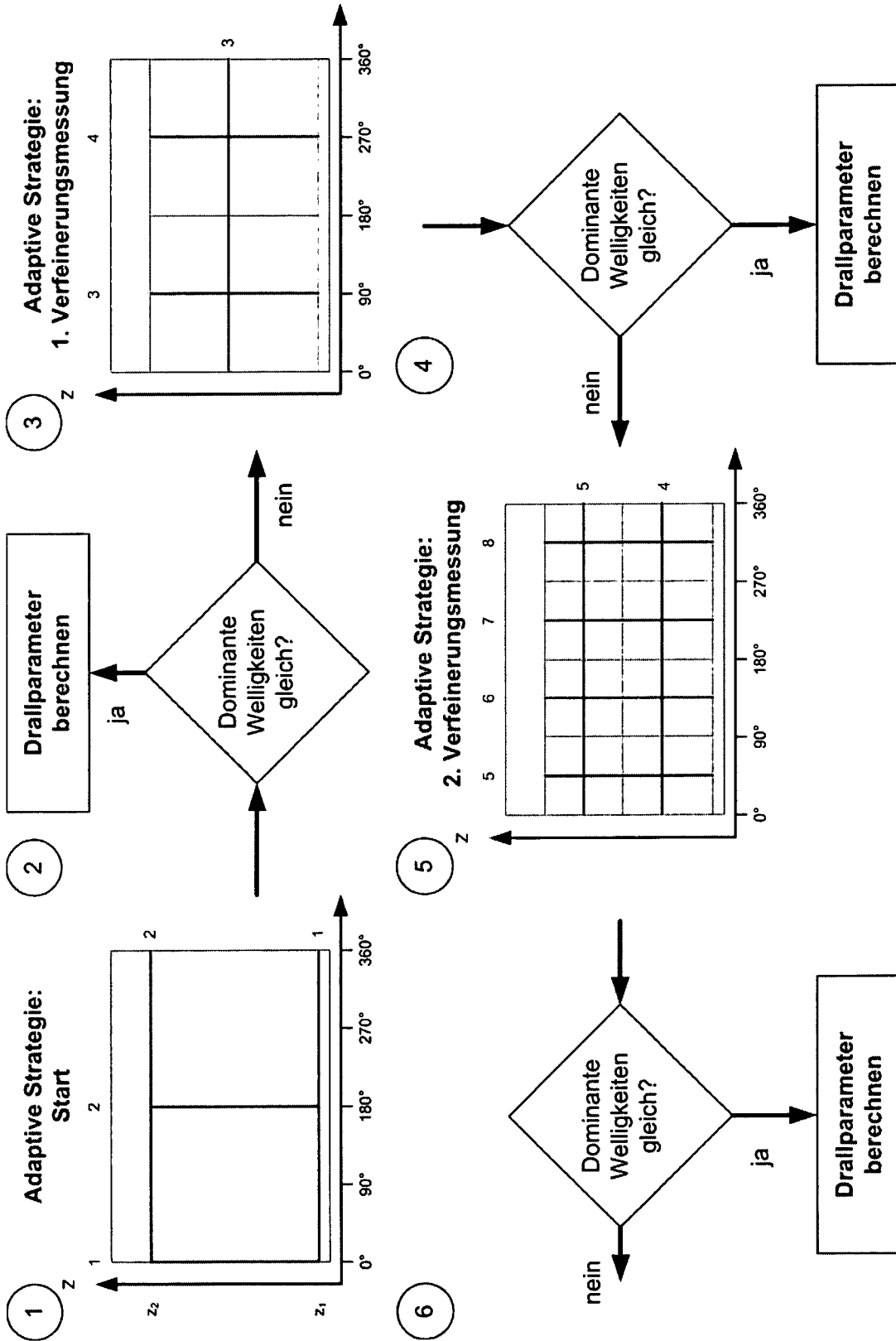


Fig. 11

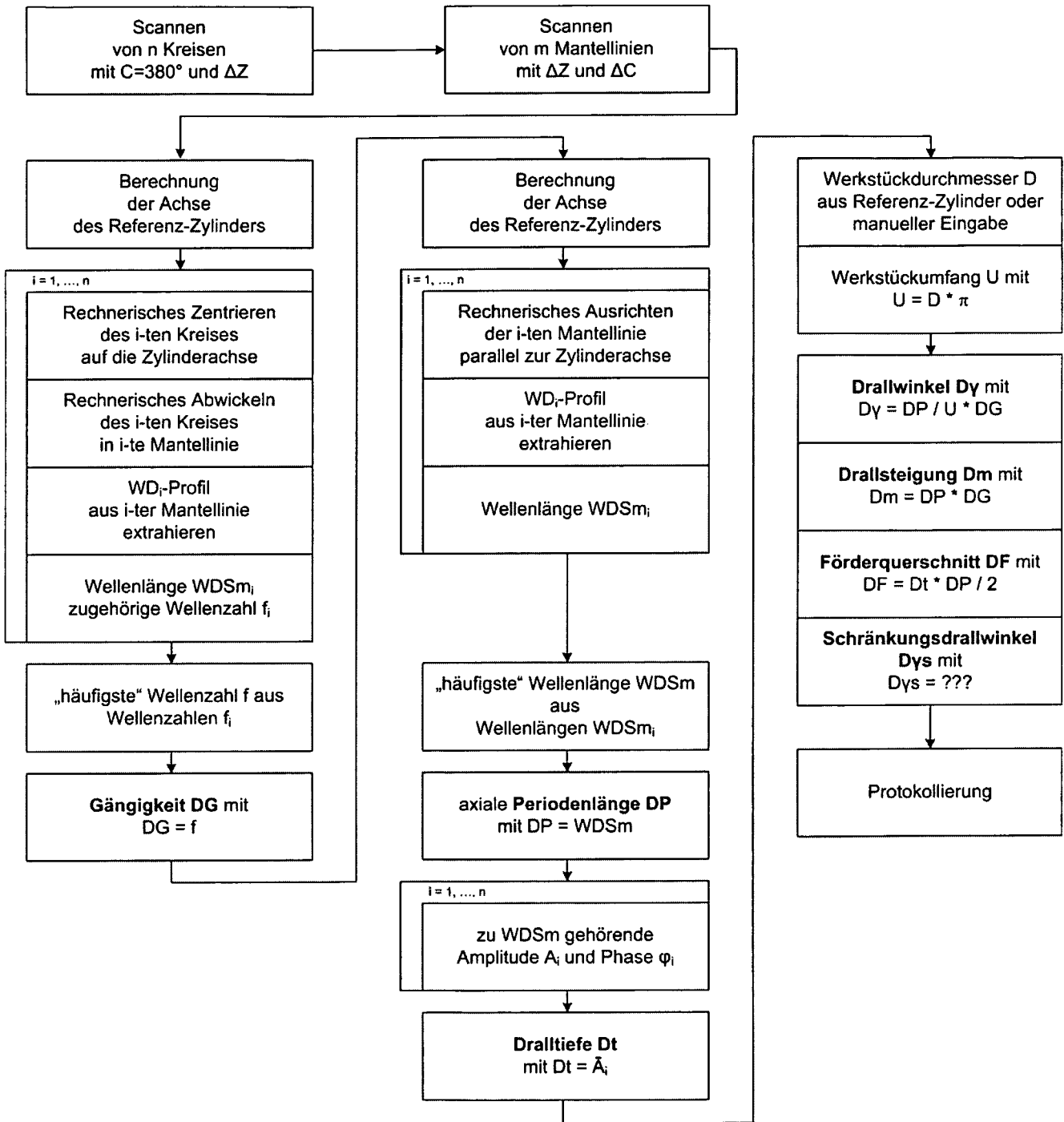


Fig. 12

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

DECLARATION OF NON-ESTABLISHMENT OF INTERNATIONAL SEARCH REPORT


(PCT Article 17(2)(a), Rules 13ter.1(c) and (d) and 39)

Applicant's or agent's file reference <b>P075 WO ka</b>	IMPORTANT DECLARATION	Date of mailing (day/month/year) <b>23/04/2007</b>
International application No. <b>PCT/EP2007/000201</b>	International filing date (day/month/year) <b>11/01/2007</b>	(Earliest) Priority Date (day/month/year) <b>12/01/2006</b>
International Patent Classification (IPC) or both national classification and IPC <b>G01B21/30</b>		
Applicant <b>CARL MAHR HOLDING GMBH</b>		

This International Searching Authority hereby declares, according to Article 17(2)(a), that no international search report will be established on the international application for the reasons indicated below.

1.  The subject matter of the international application relates to:
  - a.  scientific theories
  - b.  mathematical theories
  - c.  plant varieties
  - d.  animal varieties
  - e.  essentially biological processes for the production of plants and animals, other than microbiological processes and the products of such processes
  - f.  schemes, rules or methods of doing business
  - g.  schemes, rules or methods of performing purely mental acts
  - h.  schemes, rules or methods of playing games
  - i.  methods for treatment of the human body by surgery or therapy
  - j.  methods for treatment of the animal body by surgery or therapy
  - k.  diagnostic methods practised on the human or animal body
  - l.  mere presentations of information
  - m.  computer programs for which this International Searching Authority is not equipped to search prior art
2.  The failure of the following parts of the international application to comply with prescribed requirements prevents a meaningful search from being carried out:
 

<input type="checkbox"/> the description	<input checked="" type="checkbox"/> the claims	<input type="checkbox"/> the drawings
--	--	---------------------------------------
3.  A meaningful search could not be carried out without the sequence listing; the applicant did not, within the prescribed time limit:
  - furnish a sequence listing on paper complying with the standard provided for in Annex C of the Administrative Instructions, and such listing was not available to the International Searching Authority in a form and manner acceptable to it.
  - furnish a sequence listing in electronic form complying with the standard provided for in Annex C of the Administrative Instructions, and such listing was not available to the International Searching Authority in a form and manner acceptable to it.
  - pay the required late furnishing fee for the furnishing of a sequence listing in response to an invitation under Rule 13ter.1(a) or (b).
4.  A meaningful search could not be carried out without the tables related to the sequence listings; the applicant did not, within the prescribed time limit, furnish such tables in electronic form complying with the technical requirements provided for in Annex C-bis of the Administrative Instructions, and such tables were not available to the International Searching Authority in a form and manner acceptable to it.
5. Further comments:

Name and mailing address of the ISA/  Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL-2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040 Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer <p style="text-align: center;"><b>Chrissanthi Choulouilidou</b></p> Telephone No.
---	---

Independent claim 1 is drafted in such broad terms that it is not adequately supported by the much more specific description (PCT Article 6). Moreover, independent claim 1 does not indicate a specific aim to be attained or the process steps necessary to attain this aim. This manner of claiming is not admissible under PCT Article 6. The same is true of the independent device claim 19, which refers to the process as per claim 1.

According to independent claim 1, it should be possible to determine a twist characteristic value by means of measurement values scanned along a line, insofar as the line comprises an axial component and a circumferential component. Apparently, neither the orientation nor the length of this line needs to be known – at least not according to claim 1. Since the claim does not contain any indication that a rotationally symmetrical workpiece is intended to be measured, the term "circumferential component" is totally unclear. It also remains unclear to a person skilled in the art what twist-determining value is supposed to be determined. This value could be, besides the angle of twist, also the direction of spiral, the roughness of the surface or the depth of the striations. Consequently, the subject matter for which protection is sought is entirely unclear (PCT Article 6).

According to the device claim 19, the angle of twist is intended to be determined (see also claim 2). The description contains one specific and two entirely unclear examples thereof. According to page 9, line 18 to page 12, line 15, and figures 1-4, an entire circumferential line of the rotationally symmetrical workpiece is scanned for that purpose (see figure 1). The direction of spiral  $z$  of the twist is determined from the detected maximum and minimum values. The rotationally symmetrical workpiece is then scanned in the axial direction and the wavelength of the twist ( $\Delta y$ ) is determined. The angle of twist is calculated from these values and from the circumference  $U$  of the rotationally symmetrical body as the arctan ( $z(\Delta y) / U$ ). This procedure is not found in any of the claims. Consequently, the claims are unclear (PCT Article 6), since they do not indicate the subject matter for which protection is sought.

According to page 12, line 17 to page 13, line 8, and figure 5, the angle of twist is determined by scanning the rotationally symmetrical workpiece along two lines with different inclinations relative to the axis of the workpiece, and the length of these two lines is detected for the same number of detected striations. The angle between the two lines should also be known. From these values, auxiliary angles  $\alpha$  can be determined, "and from these the angle of twist can be determined by a simple conversion". The application does not describe how this "simple conversion" is carried out, nor does this point appear to be trivial. Consequently, this manner of calculating the angle of twist is disclosed so inadequately that a person skilled in the art cannot carry it out on the basis of the description (PCT Article 5).

**DECLARATION OF NON-ESTABLISHMENT  
OF INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

**EP2007/000201**

According to page 13, line 10 to page 14, line 2, and figure 6, the angle of twist is determined by scanning the rotationally symmetrical workpiece along a helical line. The sign of the angle of twist appears to be determined from the phase offset of the corrugation, yet the manner in which this phase offset is determined is not indicated. "The angle of twist can also be determined" therefrom, yet no indication is given on how to determine this non-trivial point. Consequently, this manner of calculating the angle of twist is also disclosed so inadequately that a person skilled in the art cannot carry it out on the basis of the description (PCT Article 5).

The applicant is advised that claims or parts of claims relating to inventions in respect of which no international search report has been established cannot normally be the subject of an international preliminary examination (PCT Rule 66.1(e)).

In its capacity as International Preliminary Examining Authority the EPO generally will not carry out a preliminary examination for subjects that have not been searched. This also applies to cases where the claims were amended after receipt of the international search report (PCT Article 19) or where the applicant submits new claims in the course of the procedure under PCT Chapter II.

After entry into the regional phase before the EPO, however, an additional search can be carried out in the course of the examination (cf. EPO Guidelines, C-VI, 8.5) if the defects that led to the declaration under PCT Article 17(2) have been remedied.

# VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

## PCT

### ERKLÄRUNG ÜBER DIE NICHTERSTELLUNG EINES INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHTS

(Artikel 17 (2) a) und Regeln 13ter. 1 c) und 39 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts P075 WO ka	<b>WICHTIGE ERKLÄRUNG</b>	Absenddatum (Tag/Monat/Jahr) 23/04/2007
Internationales Aktenzeichen PCT/EP2007/000201	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 11/01/2007	(Frühestes) Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) 12/01/2006
Internationale Patentklassifikation (IPC) oder nationale Klassifikation und IPC G01B21/30		
Anmelder CARL MAHR HOLDING GMBH		

Diese Internationale Recherchenbehörde erklärt gemäß Artikel 17 (2) a), dass für die internationale Anmeldung aus den nachstehend aufgeführten Gründen **kein internationaler Recherchenbericht erstellt wird.**

1.  Der Gegenstand der internationalen Anmeldung betrifft folgende Gebiete:
  - a)  wissenschaftliche Theorien
  - b)  mathematische Theorien
  - c)  Pflanzensorten
  - d)  Tierarten
  - e)  im wesentlichen biologische Verfahren zur Züchtung von Pflanzen und Tieren mit Ausnahme mikrobiologischer Verfahren und der mit Hilfe dieser Verfahren gewonnenen Erzeugnisse
  - f)  Pläne, Regeln und Verfahren für eine geschäftliche Tätigkeit
  - g)  Pläne, Regeln und Verfahren für rein gedankliche Tätigkeiten
  - h)  Pläne, Regeln und Verfahren für Spiele
  - i)  Verfahren zur chirurgischen oder therapeutischen Behandlung des menschlichen Körpers
  - j)  Verfahren zur chirurgischen oder therapeutischen Behandlung des tierischen Körpers
  - k)  Diagnostizierverfahren zur Anwendung am menschlichen oder tierischen Körper
  - l)  bloße Wiedergabe von Informationen
  - m)  Programme von Datenverarbeitungsanlagen, in bezug auf die diese Internationale Recherchenbehörde nicht für die Durchführung einer Recherche über den Stand der Technik ausgerüstet ist
2.  Die folgenden Teile der internationalen Anmeldung entsprechen nicht den vorgeschriebenen Anforderungen so dass eine sinnvolle Recherche nicht durchgeführt werden kann:
 

<input type="checkbox"/> die Beschreibung	<input checked="" type="checkbox"/> die Ansprüche	<input type="checkbox"/> die Zeichnungen
---	---	--
3.  Ohne das Sequenzprotokoll konnte keine sinnvolle Recherche durchgeführt werden; der Anmelder hat es versäumt, innerhalb der vorgeschriebenen Frist
 

<input type="checkbox"/> ein Sequenzprotokoll in Papierform einzureichen, das dem in Anhang C zu den Verwaltungsvorschriften vorgeschriebenen Standard entspricht, und ein solches Sequenzprotokoll lag der Internationalen Recherchenbehörde nicht in einer für sie annehmbaren Art und Weise vor.
<input type="checkbox"/> ein Sequenzprotokoll in elektronischer Form einzureichen, das dem in Anhang C zu den Verwaltungsvorschriften vorgeschriebenen Standard entspricht, und ein solches Sequenzprotokoll lag der Internationalen Recherchenbehörde nicht in einer für sie annehmbaren Art und Weise vor.
<input type="checkbox"/> die erforderliche Gebühr für verspätete Einreichung zu entrichten, wenn ein Sequenzprotokoll aufgrund einer Aufforderung nach den Regeln 13ter.1 a) oder b) eingereicht wurde.
4.  Ohne die Tabellen zu den Sequenzprotokollen konnte keine sinnvolle Recherche durchgeführt werden; der Anmelder hat diese Tabellen nicht innerhalb der vorgeschriebenen Frist in elektronischer Form entsprechend den in Anhang C-bis zu den Verwaltungsvorschriften vorgeschriebenen technischen Anforderungen eingereicht, und solche Tabellen lagen der Internationalen Recherchenbehörde nicht in einer für sie annehmbaren Art und Weise vor.
5. Weitere Bemerkungen:

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

WEITERE ANGABEN

PCT/ISA/ 203

Der unabhängige Patentanspruch 1 ist derart breit formuliert, dass er durch die viel konkreter gehaltene Beschreibung nicht ausreichend gestützt ist (Artikel 6 PCT). Ferner gibt der unabhängige Patentanspruch 1 weder ein konkretes zu erreichendes Ziel an, noch die notwendigen Verfahrensschritte, die zu diesem Ziel führen. Diese Art der Anspruchsformulierung ist unter Artikel 6 PCT nicht zulässig. Gleiches gilt für den unabhängigen Vorrichtungsanspruch 19, der sich auf das Verfahren nach Patentanspruch 1 rückbezieht.

Gemäss unabhängigen Patentanspruch 1 soll es möglich sein, mit Hilfe von Messwerten, die entlang einer Linie abgetastet worden sind, eine den Drall kennzeichnende Grösse zu bestimmen, sofern diese Linie eine Axialkomponente und eine Umfangskomponente aufweist. Scheinbar muss weder die Orientierung noch die Länge dieser Linie bekannt sein - jedenfalls nicht gemäss Patentanspruch 1. Da aus dem Anspruch auch nirgendwo hervorgeht, dass ein rotationssymmetrisches Werkstück vermessen werden soll, ist der Begriff "Umfangskomponente" völlig unklar. Auch bleibt es für den Fachmann schleierhaft, was für eine den Drall bestimmende Grösse bestimmt werden soll. Dazu kommen neben dem Drallwinkel auch die Gängigkeit, die Rauigkeit der Fläche oder die Riefentiefe in Frage. Folglich ist völlig unklar (Artikel 6 PCT), wozu Schutz begehrt wird. Gemäss Vorrichtungsanspruch 19 soll der Drallwinkel bestimmt werden (siehe auch Anspruch 2). Die Beschreibung gibt dazu ein konkretes und zwei völlig unklare Ausführungsbeispiele an. Gemäss Seite 9, Zeile 18, bis Seite 12, Zeile 15, und Figuren 1 bis 4, wird dazu eine vollständige Umfangslineie des rotationssymmetrischen Werkstücks (siehe Figur 1) abgetastet. Aus den erfassten Maximal- und Minimalwerten wird die Gängigkeit  $z$  des Dralls bestimmt. Danach wird das rotationssymmetrische Werkstück in achsialer Richtung abgetastet und die Wellenlänge des Dralls ( $\Delta y$ ) bestimmt. Aus diesen Werten und dem Umfang  $U$  des rotationssymmetrischen Körpers wird der Drallwinkel als  $\arctan(z(\Delta y) / U)$  berechnet. Diese Vorgehensweise ist keinem der Ansprüche entnehmbar. Folglich sind die Patentansprüche unklar (Artikel 6 PCT), da sie den Gegenstand des Schutzbegehrens nicht angeben.

Gemäss Seite 12, Zeile 17, bis Seite 13, Zeile 8, und Figur 5, wird der Drallwinkel bestimmt, indem das rotationssymmetrische Werkstück entlang zweier Linien mit unterschiedlicher Neigung zur Werkstücksachse abgetastet wird und die Länge dieser beiden Linien für die gleiche Zahl erfasster Riefen erfasst wird. Dabei soll auch der Winkel zwischen den beiden Linien bekannt sein. Aus diesen Grössen lassen sich Hilfwinkel  $\alpha$  bestimmen "und aus diesen durch einfache Umrechnung der Drallwinkel". Wie diese "einfache Umrechnung" erfolgt, wird nicht dargestellt und scheint auch nicht trivial. Folglich ist diese Art der Berechnung des Drallwinkels so unvollständig offenbart, dass der Fachmann sie aufgrund der Beschreibung nicht ausführen kann (Artikel 5 PCT).

Gemäss Seite 13, Zeile 10, bis Seite 14, Zeile 2, und Figur 6, wird der Drallwinkel bestimmt, indem das rotationssymmetrische Werkstück entlang einer Schraubenlinie abgetastet wird. Aus dem Phasenversatz der Welligkeit liesse sich das Vorzeichen des Drallwinkels bestimmen, ohne dass angegeben wird, wie dieser Phasenversatz bestimmt wird. Daraus "kann auch der Drallwinkel bestimmt werden", ohne dass angegeben wird, wie diese nicht triviale Bestimmung zu erfolgen hat. Folglich ist auch diese Art der Berechnung des Drallwinkels so unvollständig offenbart, dass der Fachmann sie aufgrund der Beschreibung nicht ausführen kann (Artikel 5 PCT).

## WEITERE ANGABEN

PCT/ISA/ 203

Der Anmelder wird darauf hingewiesen, dass Patentansprüche auf Erfindungen, für die kein internationaler Recherchenbericht erstellt wurde, normalerweise nicht Gegenstand einer internationalen vorläufigen Prüfung sein können (Regel 66.1(e) PCT).

In seiner Eigenschaft als mit, der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragte Behörde wird das EPA also in der Regel keine vorläufige Prüfung für Gegenstände durchführen, zu denen keine Recherche vorliegt. Dies gilt auch für den Fall, dass die Patentansprüche nach Erhalt des internationalen Recherchenberichtes geändert wurden (Art. 19 PCT), oder für den Fall, dass der Anmelder im Zuge des Verfahrens gemäss Kapitel II PCT neue Patentansprüche vorlegt.

Nach Eintritt in die regionale Phase vor dem EPA kann jedoch im Zuge der Prüfung eine weitere Recherche durchgeführt werden (Vgl. EPA-Richtlinien C-VI, 8.5), sollten die Mängel behoben sein, die zu der Erklärung gemäss Art. 17 (2) PCT geführt haben.