

(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  
24. Januar 2002 (24.01.2002)

PCT

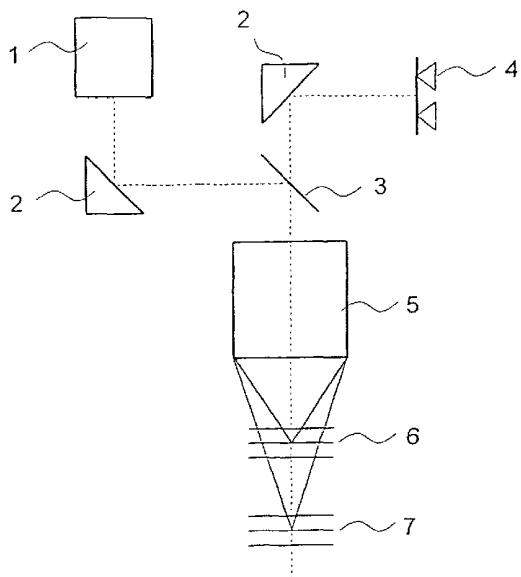
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 02/06765 A1**

- |                                                         |                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (51) Internationale Patentklassifikation <sup>7</sup> : | G01B 11/00,<br>5/012                                                                                           | (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): WERTH MESSTECHNIK GMBH [DE/DE]; Siemensstrasse 19, 35394 Giessen (DE).                                                                                                                                                                                                                                         |
| (21) Internationales Aktenzeichen:                      | PCT/EP01/08088                                                                                                 | (72) Erfinder; und                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| (22) Internationales Anmeldedatum:                      | 13. Juli 2001 (13.07.2001)                                                                                     | (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): CHRISTOPH, Ralf [DE/DE]; Taunusblick 2, 35641 Schöffengrund (DE).                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| (25) Einreichungssprache:                               | Deutsch                                                                                                        | (74) Anwalt: STOFFREGEN, Hans-Herbert; Friedrich-Ebert-Anlage 11b, 63450 Hanau (DE).                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| (26) Veröffentlichungssprache:                          | Deutsch                                                                                                        | (81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, 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, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW. |
| (30) Angaben zur Priorität:                             | 100 34 242.6      13. Juli 2000 (13.07.2000)      DE<br>100 49 303.3      4. Oktober 2000 (04.10.2000)      DE | [Fortsetzung auf der nächsten Seite]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |



(54) Title: METHOD FOR CARRYING OUT THE NON-CONTACT MEASUREMENT OF GEOMETRIES OF OBJECTS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM BERÜHRUNGSLOSEN MESSEN VON GEOMETRIEN VON GEGENSTÄNDEN



- |                             |                            |
|-----------------------------|----------------------------|
| 1 Laser                     | 1..LASER                   |
| 2 Prisma                    | 2..PRISM                   |
| 3 halbdurchlässiger Spiegel | 3..SEMI-TRANSPARENT MIRROR |
| 4 Differenzfotodiode        | 4..DIFFERENTIAL PHOTODIODE |
| 5 Objektiv                  | 5..OPTICS                  |
| 6 1. Scharfebene            | 6..FIRST IN-FOCUS PLANE    |
| 7 2. Scharfebene            | 7..SECOND IN-FOCUS PLANE   |

**(57) Abstract:** The invention relates to a method for carrying out the non-contact measurement of geometries such as surfaces of objects. The measuring is carried out by a coordinate measuring machine with a laser beam, which is projected onto a measuring point of the object via an optical system, and light that is reflected or scattered by the measuring point is detected by a detector. The aim of the invention is to be able to expand the field of application by invoking the use of simple measures. To this end, the invention provides that the optical system comprises zoom optics whose lens groups are each motor-adjusted separately from one another in positions for working distance and/or resolution and/or measuring range.

**(57) Zusammenfassung:** Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum berührungslosen Messen von Geometrien wie Oberflächen von Gegenständen, mittels einer Koordinatenmessmaschine mit einem Laserstrahlenbündel, der über ein optisches System auf einen Messpunkt des Gegenstandes abgebildet wird, und wobei von dem Messpunkt reflektiertes oder gestreutes Licht von einem Detektor erfasst wird. Um mit einfachen Maßnahmen den Einsatzbereich erweitern zu können, wird vorgeschlagen, dass das optische System eine Zoomoptik umfasst, deren Linsengruppen jeweils motorisch in Stellungen für Arbeitsabstand und/oder Auflösung und/oder Messbereich separat voneinander verstellt werden.

**WO 02/06765 A1**



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

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

**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.

## Beschreibung

### Verfahren zum berührungslosen Messen von Geometrien von Gegenständen

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum berührungslosen Messen von Geometrien wie Oberflächen von Gegenständen, mittels einer Koordinatenmessmaschine mit einem Laserstrahlenbündel, der über ein optisches System auf einen Messpunkt des Gegenstandes abgebildet wird, und wobei von dem Messpunkt reflektiertes oder gestreutes Licht von einem Detektor erfasst wird.

Für optoelektronische Abstandsmessungen können zum Beispiel das Laser-Triangulationsprinzip oder das Laser-Autofokusverfahren genutzt werden. Bei Letzterem kann zum Beispiel das Strahlenbündel einer Infrarotlaserdiode von einem Kollimatorobjektiv parallel gerichtet und von einem nachführbaren Abtastobjektiv auf die Oberfläche des Gegenstandes oder Prüflings fokussiert werden. Das von dort reflektierte oder gestreute Licht durchläuft das Abtast- und das Kollimatorobjektiv in umgekehrter Richtung. Ein Strahlenteilerprisma lenkt einen Teil dieses vom Kollimatorobjektiv erneut fokussierten Bündels auf einen Fokusdetektor. Liegt der Fokuspunkt in der Fokusdetektorebene, so fällt er symmetrisch zwischen Fokusdetektorsegmente, so dass beide ein gleiches Signal an die Auswerteelektronik liefern.

Liegt dagegen der Fokuspunkt vor der Fokusdetektorebene, so fällt im Wesentlichen nur auf eines der Fokusdetektorsegmente Licht in Form eines halben unscharfen Zerstreuungskreises. Umgekehrt verlagert sich der Strahlungsschwerpunkt auf das andere Segment, wenn der Fokuspunkt hinter der Fokusdetektorebene liegt. Aus den Signalen der Fokusdetektorsegmente ergibt sich sodann ein Regelsignal zur Nachführung des Abtastobjektivs. Dies kann mittels eines Tauchspulmotoers erfolgen, so dass das Abtastobjektiv immer auf die Prüflingsoberfläche fokussiert bleibt. Mit anderen Worten folgt das Objektiv dem Profil des Prüflings. Die Vertikalbewegung wird sodann von einem Wegaufnehmer wie Induktivaufnehmer als Messsignal registriert. Damit unterschiedliche Reflektionsvermögen der Prüflingsoberfläche die Messergebnisse nicht beeinflussen, kann von einem zweiten Detektor eine Intensitätsmessung durchgeführt werden, mit der das Signal des Fokusdetektors normiert wird.

Neben dem zuvor beschriebenen Verfahren der Strahlenbeeinflussung in Detektorrichtung kann auch zum Beispiel das Foucault'sche-Schneidenprinzip zur Anwendung gelangen, nach dem eine Hälfte des optischen Strahlengangs mit Hilfe einer optischen Schneide abgeschattet wird. Je nachdem, ob der Strahl vor oder hinter der Fokusdetektorebene auf das Objekt trifft, wird der linke oder der rechte Teil des reflektierten Messstrahls auf einen Detektor wie Doppelphotodiode abgebildet.

Anstelle einer Schneide kann auch ein Spaltprisma in Verbindung mit zwei Photodiodenpaaren eingesetzt werden. Auch die Möglichkeit der Verwendung einer Zylinderlinse in Verbindung mit einem Photodiodenpaar ist gegeben. Insoweit wird jedoch auf hinlängliche Messverfahren verwiesen.

Die bekannten Abstandsmessverfahren nach dem Autofokusprinzip weisen eine feste Optik auf, wobei zu wählen ist, ob eine hohe Auflösung bei einem geringen Messbereich oder eine geringe Auflösung bei einem größeren Messbereich gewünscht wird. Der Arbeitsabstand selbst ist erkennbar konstant.

Aus der WO 99/53268 (DE 198 16 270 A1) ist ein Verfahren einer Anordnung zur Erfassung der Geometrie von Gegenständen mittels eines Koordinatenmessgerätes bekannt. Dabei wird ein optisches System mit einer Zoomoptik benutzt, deren Linsengruppen jeweils motorisch in Stellungen für den Abbildungsmaßstab und den Abstand zum Gegenstand separat bewegt werden.

Mit einem entsprechenden Verfahren ist ein großer Einsatzbereich zur Messung der Geometrie von Gegenständen denkbar, wobei mit geringem Aufwand geometrieeabhängig erzeugtes Licht erfasst und auf einen Detektor abgebildet wird.

In der DE 26 11 639 A1 ist eine Steuereinrichtung für Objektive mit veränderlichen Brennwerten für kinematographische Zwecke beschrieben.

Die DE 36 13 209 C2 bezieht sich auf eine optische Oberflächenprofil-Messeinrichtung, die mehrere Erfassungssysteme mit Strahlenteilern aufweist.

Bei einer Multisensor-Tasteinrichtung nach der DE 197 47 027 A1 ist neben einem taktilen Taster und einem Videotaster ein Lasertaster vorgesehen. Dabei sind die Tastersysteme zur Erfassung eines gleichen Messpunktes eingerichtet.

Der vorliegenden Erfindung liegt das Problem zu Grunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art so weiterzubilden, dass mit einfachen Maßnahmen der Einsatzbereich erweitert werden kann. Dabei soll auch die Möglichkeit gegeben sein, das Verfahren mit üblichen von Koordinatenmessmaschinen bekannten sonstigen optischen Verfahren zu kombinieren.

Erfundungsgemäß wird das Problem im Wesentlichen dadurch gelöst, dass das optische System eine Zoomoptik umfasst, deren Linsengruppen jeweils motorisch in Stellungen für Arbeitsabstand und/oder Auflösung und/oder Messbereich separat voneinander verstellt werden.

Somit können die Linsengruppen jeweils motorisch in Stellungen für Arbeitsabstand bzw. Arbeitsabstand und Auflösung bzw. Messbereich bzw. Arbeitsabstand und Messbereich und Auflösung separat voneinander verstellt werden.

Abweichend vom vorbekannten Laserabstandsmessverfahren besteht die Möglichkeit, aufgrund der getrennt voneinander verstellbaren Linsengruppen der Zoomoptik den Arbeitsabstand zu verändern, wobei auch die Auflösung verbessert und der Messbereich vergrößert werden kann. Demgegenüber ist nach dem Stand der Technik ein Kompromiss zwischen der Güte der Auflösung und der Größe des Messbereichs zu wählen.

Insbesondere sind durch die Erfindung folgende Möglichkeiten der technischen Realisierung gegeben:

- Verstellen des Arbeitsabstandes des Lasers über die Zoomoptik und das Scannen über das Kordinatenmessgerät.
- Verändern des Arbeitsabstandes des Lasers und somit Regelprozess über Zoomoptik direkt.
- Kombination mit Bildverarbeitungsstrahlengang in einen Strahlengang.
- Kompakte Anbaueinheit für Bildverarbeitung und Laser durch Schwenkgelenk.
- Zusätzliche Integration von Hellfeld-Auflicht über Teilerspiegel.
- Einbringung des Laserstrahls in Bildverarbeitungsstrahlengang ohne kompletten Teiler über Farbselektiventeiler oder alternativ über "schmalen Spiegel".
- Einsatz des Lasers zum Messen der dritten Koordinate eines Fasertasters.
- Erzeugung des Eigenleuchtens der Kugel bei einem Fasertaster.

Durch die erfindungsgemäße Lehre wird eine Zoom-Optik mit veränderlichem Arbeitssabstand nicht nur zur Bildung bzw. Erfassung von einem Lichtfleck, Lichtpunkt bzw. Kontrastübergang eingesetzt, sondern die Optik wird gleichzeitig zur Projektion einer Marke, einer Kante, eines Lichtsflecks, insbesondere einer Foucault'schen Schneide eingesetzt. Es ist somit aufgrund der erfindungsgemäßen Lehre möglich, sowohl für die Projektion der für Laserabstandsmessverfahren erforderlichen Laserstrahlen als auch die Abbildung des resultierenden Bildes auf dem Objekt die optischen Parameter Arbeitsabstand, Auflösung, Messbereich und Abbildungsmaßstab gleichzeitig bzw. identisch zu verändern. Aufgrund der erfindungsgemäßen Lehre sind bei unterschiedlichen Arbeitsabständen nicht zwei Optiken erforderlich, wie dies nach dem Stand der Technik notwendig ist, sondern mit der erfindungsgemäßen vorgesehenen Zoom-Optik ist eine Realisierung möglich.

Erfindungsgemäß stehen dem Nutzer unterschiedliche Arbeitsabstände des Lasersensors mit damit verbundenen unterschiedlichen Messbereichen und Genauigkeiten zur Verfügung. Es können somit Betriebsarten für hohe Scanning-Geschwindigkeit bei großem Messbereich und weniger genauen Messergebnissen und langsamer Scanning-Geschwindigkeit bei kleinem Messbereich und hochgenauen Ergebnissen wahlweise genutzt werden.

Im normalen Scanning-Betrieb von messenden Tastern mit Koordinatenmessmaschinen wird der messende Taster entsprechend seines Messsignals durch die mechanische Achse des Koordinatenmessgerätes nachgeregelt. Aufgrund der erfindungsgemäßen Lehre und der hierdurch bedingt hinzugewonnenen Funktionalität des veränderlichen Arbeitsabstandes kann das Scannen von Objekten auch ohne Bewegen der Koordinatenachse erfolgen. So wird in Abhängigkeit von der Auslenkung des Sensors lediglich der Arbeitsabstand verändert. Das Messergebnis wird durch Auslesen des Arbeitsabstandes und in Kombination mit den Ausleseergebnissen der Koordinatenachsen der Koordinatenmessmaschine gewonnen.

Wird ein weiterer Strahlteiler in den Abbildungsstrahlengang eingebracht, besteht die Möglichkeit, die aufgrund der erfindungsgemäßen Lehre schnelle Messung des Abstandes zum Messobjekt mit den Möglichkeiten einer Bildverarbeitung zur Messung der Dimensionen in der Bildebene zu kombinieren. Um gegebenenfalls bedingte Intensitätsverluste im Bildverarbeitungs- bzw. Laserstrahlengang im jeweiligen Arbeitsmodus zu vermeiden, können die Strahlenteiler wie Spiegel mechanisch so ausgeführt werden, dass diese aus dem Strahlengang herausgeschwenkt oder gekippt werden können. Auch besteht die Möglichkeit, durch farbselektive Filter eine Trennung beider Strahlengänge vorzunehmen.

Um des Weiteren die Flexibilität der durch die erfindungsgemäße Lehre eröffneten Messverfahren und Anwendungsmöglichkeiten zu erhöhen, sieht eine Weiterbildung der Erfindung vor, dass die komplette Sensorik am Dreh-/Schwenkgelenk einer Koordinatenmessmaschine angeordnet wird.

Auch besteht die Möglichkeit, das verwendete Laserlicht zum Erzeugen von Eigenleuchten eines Antastelementes eines opto-taktilen Tasters zu verwenden, wie dieser der WO 99/53268 zu entnehmen ist, auf deren Offenbarungsgehalt Bezug genommen wird.

Ferner kann mittels des erfindungsgemäßen Laserabstandssensors die Lage eines opto-taktilen Tasters, wie dieser in der WO 99/53268 beschrieben ist, in Z-Richtung der Koordinatenmessmaschine bestimmt werden.

Unabhängig hiervon sieht ein eigenerfinderischer Vorschlag vor ein Verfahren zum Messen von Geometrien wie Oberflächen von Gegenständen mittels einer Koordinatenmessmaschine umfassend einen opto-taktilen Taster mit einer Tasterverlängerung sowie einem von dieser ausgehenden zum Messen des Gegenstandes mit diesem in Berührung zu bringenden Tastelement sowie gegebenenfalls Zielmarke sowie einen optischen Sensor zur Lagebestimmung des Tastelementes und/oder der Zielmarke in einer Ebene (x-y-Achsen der Koordinatenmessmaschinen), das sich dadurch auszeichnet, dass mittels eines Laser-Abstandssensors die Lage des Tastelementes und/oder der Zielmarke in

Richtung senkrecht (y-Achse der Koordinatenmessmaschine) zu der Ebene bestimmt wird.

Auch kann die Arbeitsrichtung des Laserabstandssensors über einen einwechselbaren zusätzlichen Spiegel wahlweise geändert werden.

Weitere Einzelheiten, Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich nicht nur aus den Ansprüchen, den diesen zu entnehmenden Merkmalen - für sich und/oder in Kombination -, sondern auch aus der nachfolgenden Beschreibung von dem Zeichnung zu entnehmenden bevorzugten Ausführungsbeispiel.

Es zeigen:

- Bild 1 eine Prinzipdarstellung eines Lasersensors zur Messung von Oberflächen von Gegenständen,
- Bild 2 Prinzipdarstellungen von Messbereichen, die mit dem Lasersensor gemäß Bild 1 abdeckbar sind,
- Bild 3a, 3b Vergleiche von mit dem erfindungsgemäßen Lasersensor abdeckbaren Messbereichen im Vergleich zu denen eines Lasersensors nach dem Stand der Technik,
- Bild 4 einen Lasersensor gemäß Bild 1 mit zusätzlichem Strahlenteiler,
- Bild 5 ein Dreh-Schwenkgelenk mit Lasersensor,
- Bild 6 ein Dreh-/Schwenkgelenk mit Lasersensor sowie Fasertaster und
- Bild 7 eine Prinzipdarstellung einer Koordinatenmessmaschine.

Erfindungsgemäß wird eine Koordinatenmessmaschine zum berührungslosen Messen von Geometrien von Oberflächen von Gegenständen mittels eines Laserstrahlenbündels vorgeschlagen, der über ein optisches System auf einen Messpunkt des Gegenstandes abgebildet wird und von dem Messpunkt reflektiertes Licht von einem Detektor oder Sensor erfasst wird. Erfindungsgemäß wird hierzu eine Zoom-Optik mit veränderlichem Arbeitsabstand nicht nur zur Abbildung bzw. Erfassung von einem Lichtfleck, Lichtpunkt bzw. Kontrastübergang verwendet, sondern gleichzeitig wird die Optik zur Projektion einer Marke, einer Kante, eines Lichtflecks und insbesondere einer Foucault'schen Schneide eingesetzt. Somit besteht die Möglichkeit, sowohl für die Projektion der für Laserabstandsmessverfahren erforderlichen Laserstrahlen als auch die Abbildung des resultierenden Bildes auf dem Objekt die optischen Parameter Arbeitsabstand, Auflösung, Messbereich und Abbildungsmaßstab gleichzeitig und identisch zu verändern.

In Bild 1 ist rein prinzipiell ein Laser 1 dargestellt, dessen Strahl über ein Prisma 2 und einen halbdurchlässigen Spiegel 3 einer Zoom-Optik 5 zugeleitet wird, um den Laserstrahl in verschiedenen Scharfebenen 6 und 7 abzubilden. Das reflektierte Licht durchläuft den halbdurchlässigen Spiegel 3, um über ein weiteres Prisma 2 einem Sensor in Form von zum Beispiel einer Differenzfotodiode 5 zuzuleiten.

Wie Bild 1 am Beispiel des Lasersensors nach dem Foucault-Prinzip zeigt, wird die Zoom-Optik sowohl zur Projektion des über einen Spiegel in den Strahlengang gebrachten Bildes der Foucault'schen Schneide als auch zur Abbildung des resultierenden Bildes des Messobjektes auf die optoelektronischen Sensoren 4 benutzt, die erwähntermaßen im Ausführungsbeispiel als Differenzfotodioden ausgebildet sind. Da mittels der Optik 5 Arbeitsabstand und Auflösung und/oder Messbereich separat voneinander verstellbar sind, ist nur eine einzige Optik erforderlich, die nach den Verfahren nach dem Stand der Technik zur Realisierung des Foucault'schen Prinzips mit veränderlichem Arbeitsabstand zwei Optiken erforderlich gemacht hätten.

Folglich stehen dem Benutzer unterschiedliche Arbeitsabstände des Lasersensors mit damit verbundenen unterschiedlichen Messbereichen und Genauigkeiten zur Verfügung. Es können somit Betriebsarten wie hohe Scanning-Geschwindigkeiten bei großem Messbereich (Fangbereich) (Bild 2b) und 2d)) und weniger genauen Messergebnissen und langsamen Scanning-Geschwindigkeiten mit kleinerem Messbereich (Bild 2a) und 2c)) und hochgenauen Ergebnissen wahlweise genutzt werden, wie anhand von Bild 2 verdeutlicht wird. In diesem werden mit 1 die Zoom-Optik, mit 2 der Arbeitsabstand und mit 3 der Messbereich prinzipiell angedeutet. In Abhängigkeit von der Vergrößerung, Arbeitsabstand und Messbereich ergeben sich unterschiedliche Genauigkeiten, wie die Tabelle in Bild 2 verdeutlicht, ( $\uparrow$  = groß bzw. größer,  $\downarrow$  = klein, gering bzw. kleiner, geringer)

Nach dem Stand der Technik werden im normalen Scanning-Betrieb von messenden Tastern mit Koordinatenmessmaschinen der messende Taster entsprechend eines Messsignals durch die mechanische Achse der Koordinatenmessmaschine nachgeregelt. Durch die erfindungsgemäß hinzugewonnene Funktionalität des veränderlichen Arbeitsabstandes kann das Scannen von Objekten auch ohne Bewegung der Koordinatenachsen erfolgen. Es wird abhängig von der Auslenkung des Sensors lediglich der Arbeitsabstand verändert. Das Messergebnis wird durch Auslesen des Arbeitsabstandes und in Kombination mit den Ausleseergebnissen der Koordinatenmessmaschine gewonnen, wie Bild 3a verdeutlicht. Ohne eine erfindungsgemäße Zoom-Optik ergäbe sich dagegen ein sehr eingeschränkter Messbereich aufgrund des fest vorgegebenen Abstandssensors, wie anhand von Bild 3b erkennbar wird.

Durch Einbringen eines weiteren Strahlenteilers 4 in den Abbildungsstrahlengang gemäß Bild 4 ist es möglich, die erfindungsgemäße schnelle Messung des Abstandes vom Messobjekt mit den Möglichkeiten einer Bildverarbeitung zur Messung der Dimensionen in der Bildebene zu kombinieren. Um hierdurch bedingte Intensitätsverluste im Bildverarbeitungs- bzw. Laserstrahlengang im jeweiligen Arbeitsmodus zu vermeiden, können die Strahlenteiler wie Spiegel mechanisch so ausgeführt werden, dass diese aus dem Strahlengang herausgeschwenkt oder gekippt werden können. Auch besteht die Mög-

lichkeit, über farbselektive Filter eine Trennung der Strahlengänge zu erreichen.

Um die Flexibilität der beschriebenen Lösung zu erhöhen, besteht ferner die Möglichkeit, die gesamte Sensorik am Dreh-/Schwenkgelenk einer Koordinaten-Messmaschine anzutragen, wie rein prinzipiell durch Bild 5 angedeutet wird.

Bild 6 zeigt wiederum rein prinzipiell, dass der erfindungsgemäß ausgebildete Laserabstandssensor zum Messen der Lage eines mechanischen Tast- bzw. Antastelementes in Richtung der optischen Achse (Z-Richtung der Koordinatenmessmaschine) des Laserabstandssensors eingesetzt werden kann. Als Antastelement ist dabei ein Fasertaster zu bevorzugen, wie dieser in der WO 99/53268 beschrieben wird, auf den in der Gesamt offenbarung ausdrücklich Bezug genommen wird. Insoweit wird auf die entsprechende Offenbarung verwiesen. In Kombination mit den Messergebnissen eines Bildverarbeitungssystems innerhalb der Abbildungsebene lässt sich somit eine dreidimensionale Bestimmung der Lage des Antastelementes erreichen. Das Antastelement in Form einer Kugel kann hierzu mit einer speziellen Fläche für die Erzeugung des Laserbildes ausgestattet sein.

Der durch das Laserlicht erzeugte Eigenleuchteffekt der Fasertasterkugel kann ebenfalls gleichzeitig zur Detektion ihrer Lage mittels Bildverarbeitungssystem herangezogen werden.

Selbstverständlich ist die Lagebestimmung des Tasters in Z-Richtung, also senkrecht zu der Ebene, in der die Lagebestimmung des Tasters mittels eines optischen Sensors wie Bildverarbeitungssensors, positionsempfindlichen Flächensensors bzw. einer Videokamera auch mit einem konventionellen Laserabstandssensor durchführbar. Hierin ist ein eigenerfinderischer Vorschlag zu sehen.

In Bild 7 ist ein Ausführungsbeispiel zur Realisierung des erfindungsgemäßen Verfahrens dargestellt. Der Laserabstandssensor 11 mit verstellbaren Linsengruppen ist an einer Pinole 12 (Z-Achse) eines Koordinatenmessgerätes befestigt. Diese Pinole 12 ist

über einen Schieber 13 in x-Richtung verschiebbar. Ein Messobjekt 15 kann in y-Richtung über einen Messtisch 14 ebenfalls verschoben werden. Alle Achsen des dargestellten Koordinatenmessgerätes sind motorisch angetrieben und werden durch ein Steuerungssystem 16 gesteuert. Die Ausgangssignale des Laserabstandssensors 11 werden in dem Steuerungssystem 16 so verarbeitet, dass der Abstand zwischen Laserabstandssensor 11 und Materialoberfläche immer konstant gehalten wird. Durch Verfahren in einer der Achsen x oder y wird somit ein Scanning-Vorgang über das Messobjekt 15 erzielt. Durch Verstellung der Position der Linsengruppen im Laserabstandssensor 11 kann der Arbeitsabstand des Laserabstanssensors 11 beim Scannen eingestellt werden.

**Patentansprüche**Verfahren zum berührungslosen Messen von Geometrien von Gegenständen

1. Verfahren zum berührungslosen Messen von Geometrien wie Oberflächen von Gegenständen, mittels einer Koordinatenmessmaschine mit einem Laserstrahlensbündel, der über ein optisches System auf einen Messpunkt des Gegenstandes abgebildet wird, und wobei von dem Messpunkt reflektiertes oder gestreutes Licht von einem Detektor erfasst wird.

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass das optische System eine Zoomoptik umfasst, deren Linsengruppen jeweils motorisch in Stellungen für Arbeitsabstand und/oder Auflösung und/oder Messbereich separat voneinander verstellt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1,

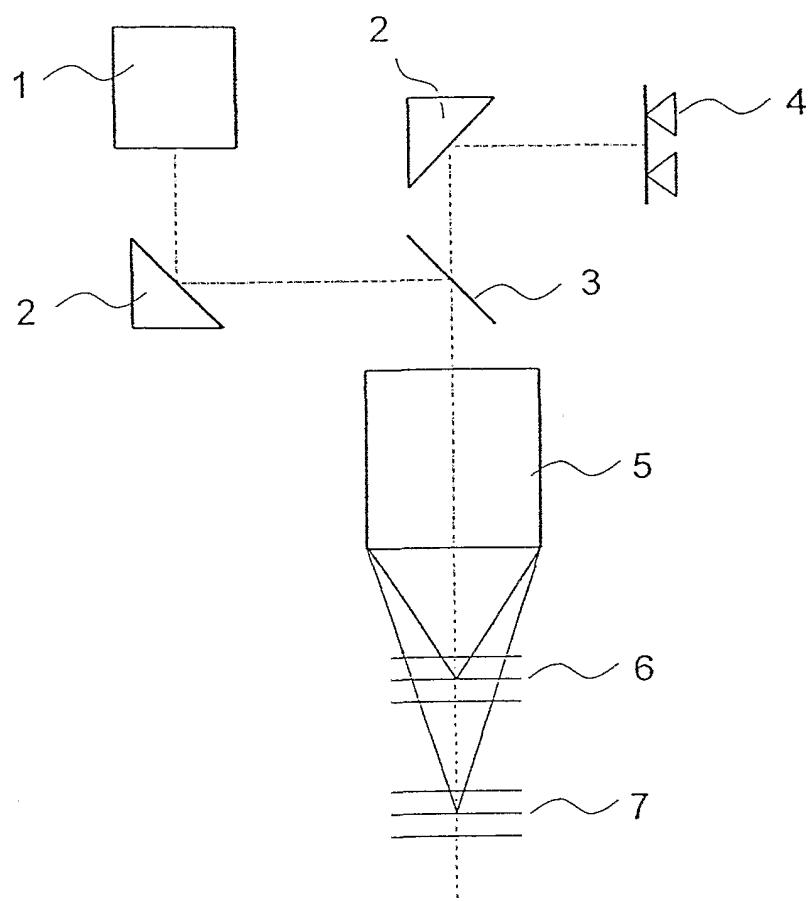
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass Ausgangssignale des Detektors bzw. Sensors die Koordinatenmessmaschine im Scanning-Betrieb steuern.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass zur Realisierung des Scanning-Betriebs der Arbeitsabstand des optischen Systems durch Regelvorgang gezielt verändert wird.
4. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass zusätzlich ein Bildverarbeitungsstrahlengang erzeugt wird, der aus dem Abbildungsstrahlengang abgeleitet wird.

5. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass Laser, Detektor und/oder optisches System durch eine Schwenkeinrichtung  
im Raum positioniert wird.
6. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass als Teilerspiegel zwischen Bildverarbeitungs- und Laserstrahlengang Farb-  
selektiv-Filter verwendet werden.
7. Verfahren nach vorzugsweise einem der vorhergehenden Ansprüche,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass als Teilerspiegel zwischen Bildverarbeitungs- und Laserstrahlengang Kipp-  
oder Schwenkspiegel verwendet werden.
8. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass mittels Laser, das optische System und den Detektor umfassenden Laserab-  
standsensors dritte Koordinate (Z-Achse der Koordinatenmessmaschine) eines  
opto-taktilem Tasters ermittelt wird.
9. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass Laserlicht zum Erzeugen von Eigenleuchten des opto-taktilem Tasters bzw.  
dessen Tastelementes verwendet wird.
10. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass die Arbeitsrichtung vom Laserabstandssensor über einen einwechselbaren  
zusätzlichen Spiegel wahlweise veränderbar ist.

11. Verfahren zum Messen von Geometrien wie Oberflächen von Gegenständen mittels einer Koordinatenmessmaschine umfassend einen opto-taktilem Taster mit einer Tasterverlängerung sowie einem von dieser ausgehenden zum Messen des Gegenstandes mit diesem in Berührung bringenden Tastelement sowie gegebenenfalls Zielmarke sowie einem optischen Sensor zur Lagebestimmung des Tastelementes und/oder der Zielmarke in einer Ebene (x-y-Achsen der Koordinatenmessmaschinen),  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
dass mittels eines Laser-Abstandssensors die Lage des Tastelementes und/oder der Zielmarke in Richtung senkrecht (y-Achse der Koordinatenmessmaschine) zu der Ebene bestimmt wird.
12. Verfahren nach Anspruch 11,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
dass mittels von dem Laser-Abstandssensor erzeugten Laserlichts ein Eigenleuchten des opto-taktilem Taster bzw. dessen Tastelementes und/oder der Zielmarke erzeugt wird.

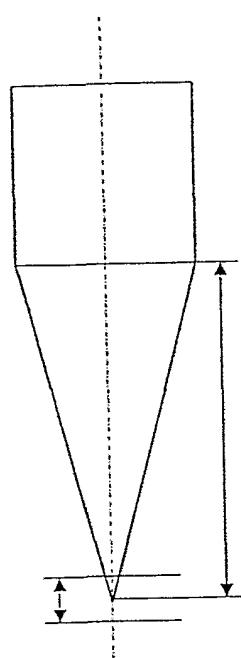


- 1 Laser
- 2 Prisma
- 3 halbdurchlässiger Spiegel
- 4 Differenzfotodiode
- 5 Objektiv
- 6 1. Scharfebene
- 7 2. Scharfebene

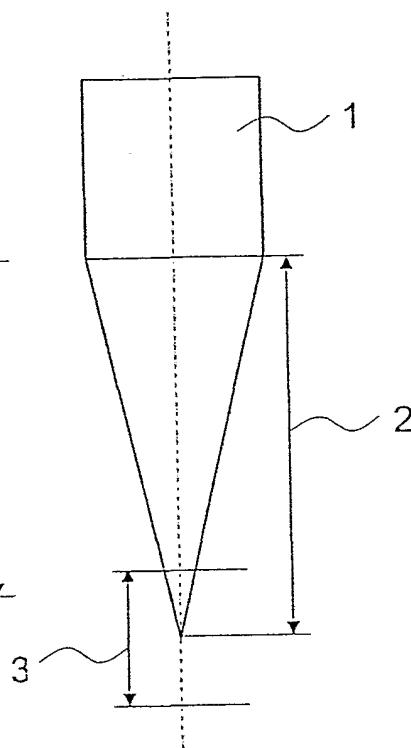
Bild 1

2/7

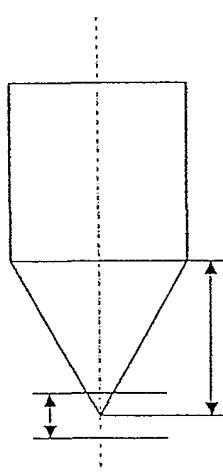
a)



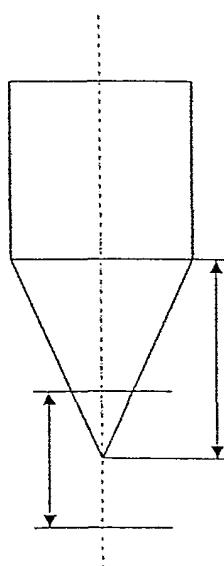
b)



c)



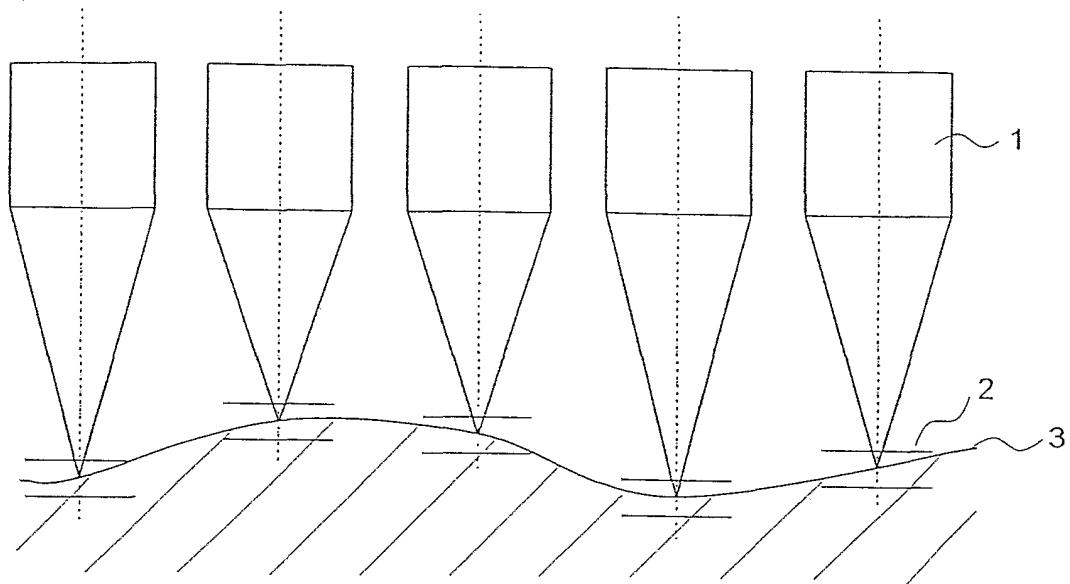
d)



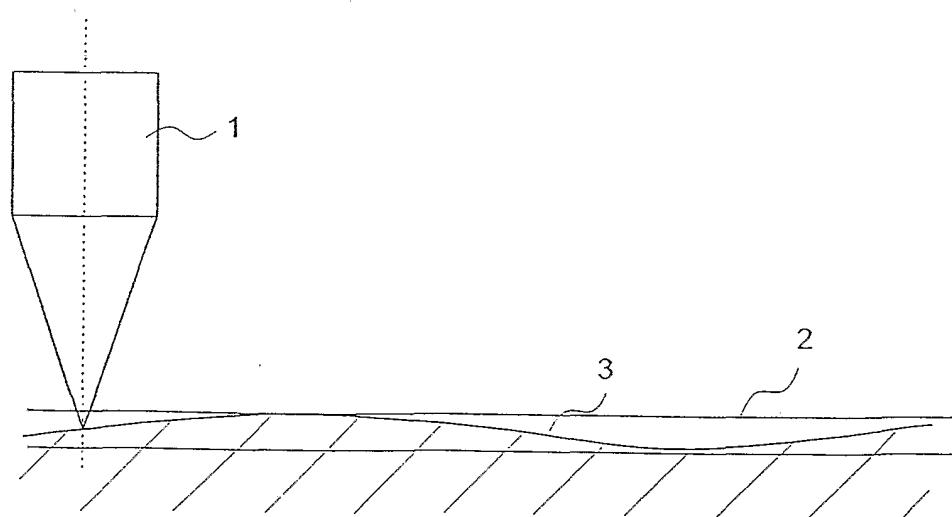
		a)	b)	c)	d)
1	Vergrößerung	↑	↓	↑	↓
2	Arbeitsabstand	↑	↑	↓	↓
3	Messbereich	↓	↑	↓	↑
	Genauigkeit	↑	↓	↑	↓

Bild 2

a)

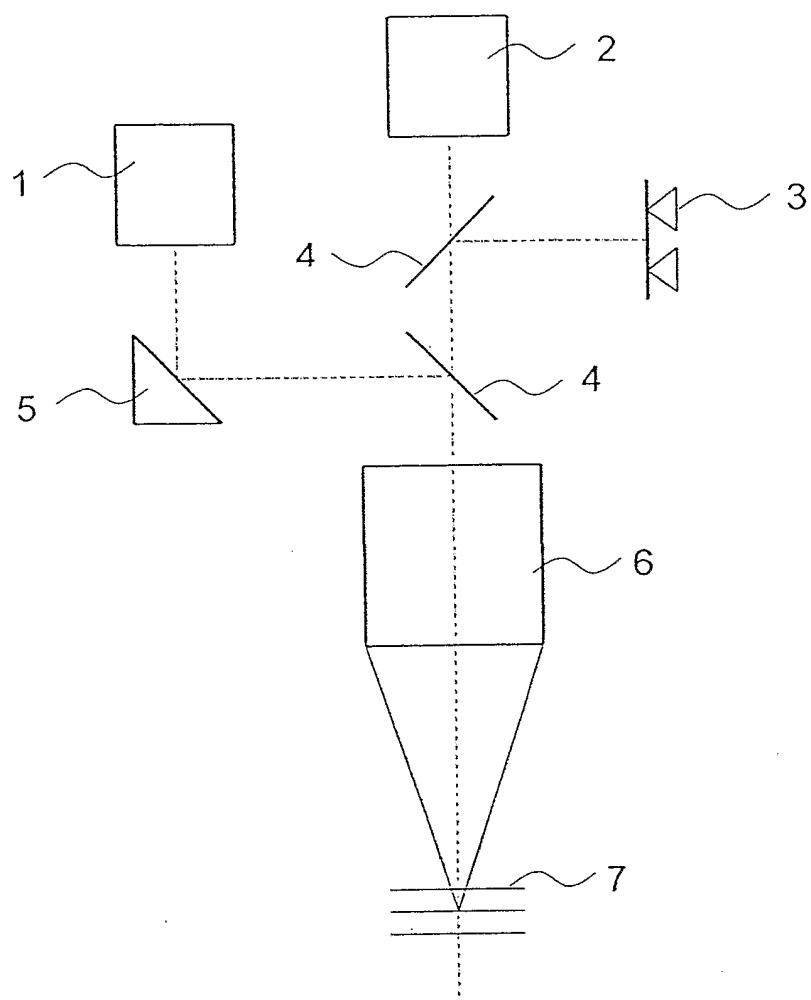


b)



- 1 Objektiv
- 2 Messbereich
- 3 Werkstückoberfläche

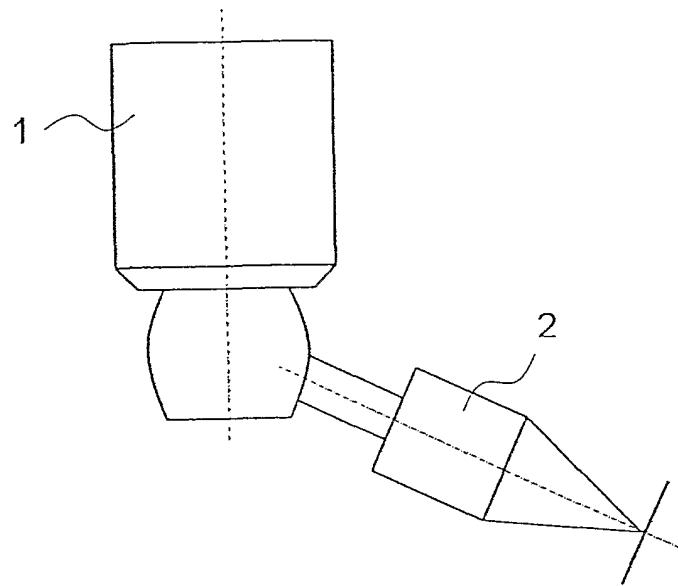
4/7



- 1 Laser
- 2 Kamera
- 3 Differenzfotodiode
- 4 halbdurchlässiger Spiegel
- 5 Prisma
- 6 Objektiv
- 7 Scharfebene

Bild 4

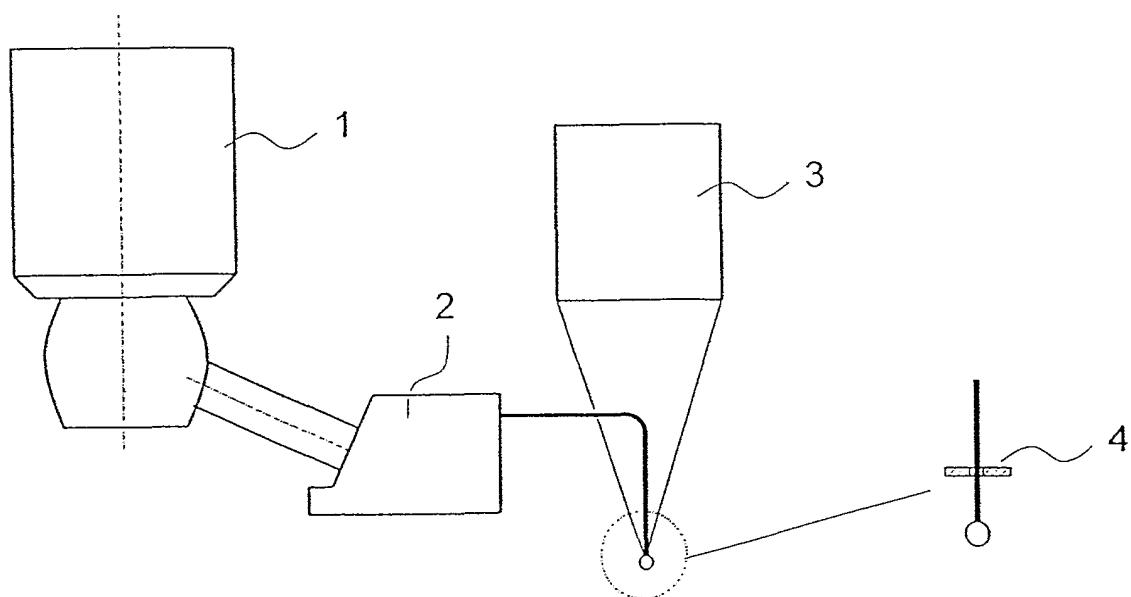
5/7



1 Dreh-/Schwenkgelenk

2 Laser

Bild 5



- 1 Dreh-/Schwenkgelenk
- 2 Fasertaster
- 3 Laser
- 4 Target

Bild 6

7/7

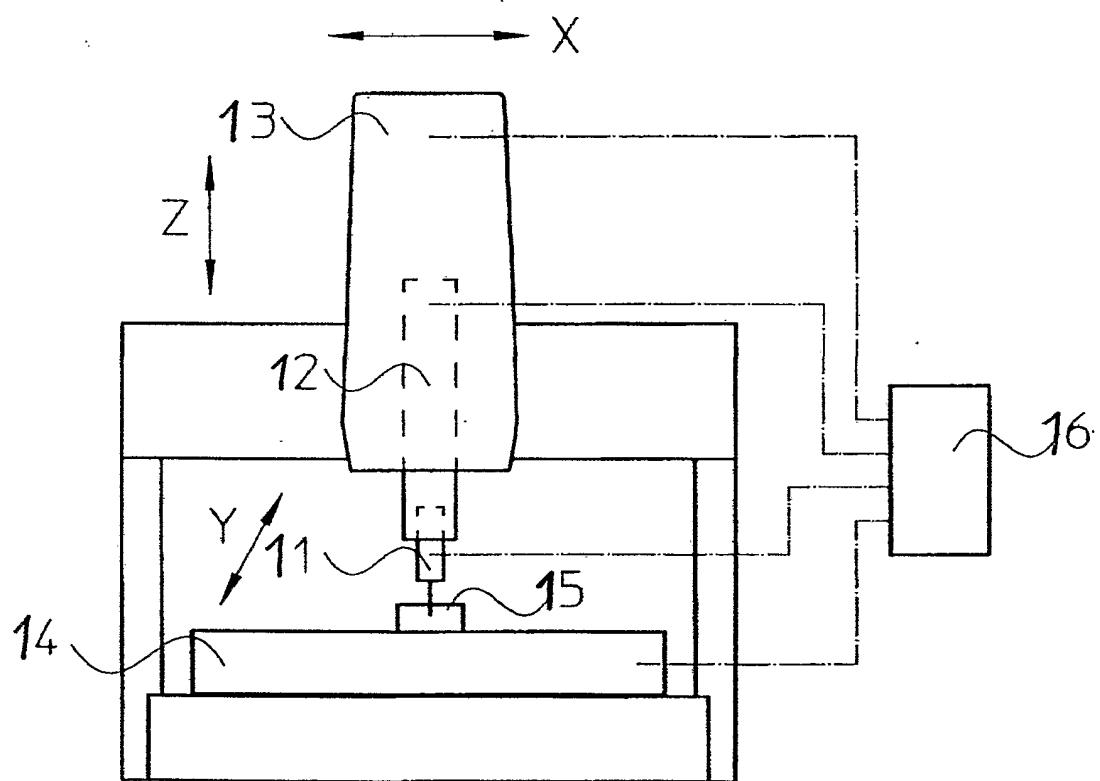


Bild 7

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
NL, EP 01/08088A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 G01B11/00 G01B5/012

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

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

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 197 47 027 A (WEGU MESSTECHNIK) 22 October 1998 (1998-10-22) cited in the application the whole document ---	1-5
A	---	6-12
X	WO 93 18525 A (PARK SCIENT INSTR CORP) 16 September 1993 (1993-09-16) page 2, line 31 -page 2, line 36 page 22, line 27 -page 23, line 14 page 44, line 25 -page 44, line 36; figures 1,12 ---	11
A	DE 198 16 270 A (WERTH MESSTECHNIK GMBH) 21 October 1999 (1999-10-21) cited in the application abstract; figure 1 ---	1-12 -/-



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

6 November 2001

Date of mailing of the international search report

13/11/2001

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

Beyfuß, M

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int'l Application No  
PCT/EP 01/08088

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 197 24 739 A (WERTH MESSTECHNIK GMBH) 17 December 1998 (1998-12-17) abstract; figures 1,2 -----	1-12
A	US 5 615 489 A (BREYER KARL-HERMANN ET AL) 1 April 1997 (1997-04-01) the whole document -----	8-12

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 01/08088

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
DE 19747027	A	22-10-1998	DE	19747027 A1		22-10-1998
WO 9318525	A	16-09-1993	US	5376790 A		27-12-1994
			US	5448399 A		05-09-1995
			AU	3794893 A		05-10-1993
			EP	0746857 A1		11-12-1996
			JP	7504749 T		25-05-1995
			WO	9318525 A1		16-09-1993
			US	5496999 A		05-03-1996
			US	6265718 B1		24-07-2001
			US	6130427 A		10-10-2000
			US	5939719 A		17-08-1999
			US	6057547 A		02-05-2000
			US	5877891 A		02-03-1999
			US	5672816 A		30-09-1997
			US	5714756 A		03-02-1998
DE 19816270	A	21-10-1999	DE	19816270 A1		21-10-1999
			AU	3708699 A		01-11-1999
			CN	1305582 T		25-07-2001
			WO	9953268 A1		21-10-1999
			EP	1071922 A1		31-01-2001
DE 19724739	A	17-12-1998	DE	19724739 A1		17-12-1998
US 5615489	A	01-04-1997	DE	4327250 A1		31-03-1994
			DE	59305773 D1		17-04-1997
			WO	9408205 A1		14-04-1994
			EP	0614517 A1		14-09-1994
			JP	7505958 T		29-06-1995

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

EPO 01/08088

A. Klassifizierung des Anmeldungsgegenstandes  
IPK 7 G01B11/00 G01B5/012

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

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 G01B

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

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 197 47 027 A (WEGU MESSTECHNIK) 22. Oktober 1998 (1998-10-22) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument ---	1-5
A	WO 93 18525 A (PARK SCIENT INSTR CORP) 16. September 1993 (1993-09-16) Seite 2, Zeile 31 -Seite 2, Zeile 36 Seite 22, Zeile 27 -Seite 23, Zeile 14 Seite 44, Zeile 25 -Seite 44, Zeile 36; Abbildungen 1,12 ---	6-12
X	DE 198 16 270 A (WERTH MESSTECHNIK GMBH) 21. Oktober 1999 (1999-10-21) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung; Abbildung 1 ---	11
A	DE 198 16 270 A (WERTH MESSTECHNIK GMBH) 21. Oktober 1999 (1999-10-21) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung; Abbildung 1 ---	1-12
		-/-

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 Anmeldeatum 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 Anmeldeatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldeatum 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 erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher 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

6. November 2001

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

13/11/2001

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

Beyfuß, M

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

I. nationales Aktenzeichen  
D. 01/08088

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 197 24 739 A (WERTH MESSTECHNIK GMBH) 17. Dezember 1998 (1998-12-17) Zusammenfassung; Abbildungen 1,2 ----	1-12
A	US 5 615 489 A (BREYER KARL-HERMANN ET AL) 1. April 1997 (1997-04-01) das ganze Dokument -----	8-12

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffer

die zur selben Patentfamilie gehören

Inl	les Aktenzeichen
PCT/EP	01/08088

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 19747027	A	22-10-1998	DE	19747027 A1		22-10-1998
WO 9318525	A	16-09-1993	US	5376790 A		27-12-1994
			US	5448399 A		05-09-1995
			AU	3794893 A		05-10-1993
			EP	0746857 A1		11-12-1996
			JP	7504749 T		25-05-1995
			WO	9318525 A1		16-09-1993
			US	5496999 A		05-03-1996
			US	6265718 B1		24-07-2001
			US	6130427 A		10-10-2000
			US	5939719 A		17-08-1999
			US	6057547 A		02-05-2000
			US	5877891 A		02-03-1999
			US	5672816 A		30-09-1997
			US	5714756 A		03-02-1998
DE 19816270	A	21-10-1999	DE	19816270 A1		21-10-1999
			AU	3708699 A		01-11-1999
			CN	1305582 T		25-07-2001
			WO	9953268 A1		21-10-1999
			EP	1071922 A1		31-01-2001
DE 19724739	A	17-12-1998	DE	19724739 A1		17-12-1998
US 5615489	A	01-04-1997	DE	4327250 A1		31-03-1994
			DE	59305773 D1		17-04-1997
			WO	9408205 A1		14-04-1994
			EP	0614517 A1		14-09-1994
			JP	7505958 T		29-06-1995