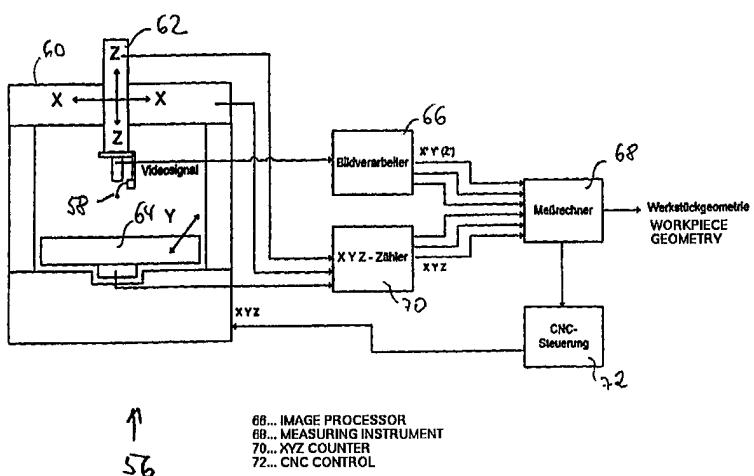




(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ : G01B 11/03	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 98/57121 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 17. Dezember 1998 (17.12.98)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP98/03526		(81) Bestimmungsstaaten: AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, GM, GW, HU, ID, IL, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZW, ARIPO Patent (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SZ, 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), OAPI Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
(22) Internationales Anmeldedatum: 10. Juni 1998 (10.06.98)		
(30) Prioritätsdaten: 297 10 242.7 12. Juni 1997 (12.06.97) DE 197 43 969.1 6. Oktober 1997 (06.10.97) DE 198 05 892.6 13. Februar 1998 (13.02.98) DE		
(71) Anmelder (<i>für alle Bestimmungsstaaten ausser US</i>): WERTH MESSTECHNIK GMBH [DE/DE]; Siemensstrasse 19, D-35394 Gießen (DE).		Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i> <i>Mit geänderten Ansprüchen.</i>
(72) Erfinder; und		
(75) Erfinder/Anmelder (<i>nur für US</i>): CHRISTOPH, Ralf [DE/DE]; Taunusblick 2, D-35641 Schöffengrund (DE). TRAPET, Eugen [DE/DE]; Berliner Strasse 12, D-38176 Bortfeld (DE). SCHWENKE, Heinrich [DE/DE]; Helenenstrasse 30, D-38118 Braunschweig (DE).		
(74) Anwalt: STOFFREGEN, Hans-Herbert; Postfach 21 44, D-63411 Hanau (DE).		

(54) Title: COORDINATE MEASURING INSTRUMENT WITH FEELER AND OPTIC SENSOR FOR MEASURING THE POSITION OF THE FEELER

(54) Bezeichnung: KOORDINATENMESSGERÄT MIT TASTELEMENT UND DIESSES VERMESSENDEN OPTISCHEN SENSOR



(57) Abstract

The invention relates to a method in which a coordinate measuring instrument is used to determine structures having small dimensions with a high degree of precision and in such a way that they can be reproduced. To this end, the position of the feeler (58) or of a target is determined with an optic sensor (66).

(57) Zusammenfassung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Anordnung zur Messung von Strukturen eines Objekts mittels eines einem Koordinatenmessgerät zugeordneten Tastelements, das mit dem Objekt in Berührung gebracht und sodann seine Position mittelbar oder unmittelbar bestimmt wird. Um mit hoher Präzision reproduzierbar Strukturen kleiner Abmessungen mit einem Koordinatenmessgerät bestimmen zu können, wird die Position des Tastelements (58) oder eine Zielmarke mit einem optischen Sensor (66) bestimmt.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

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

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

Beschreibung

KOORDINATENMESSGERÄT MIT TASTELEMENT UND DIESES VERMESSENDEN OPTISCHEN SENSOR

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Messung von Strukturen eines Objekts mittels eines einem Koordinatenmessgerät zugeordneten Tastelements, wobei das Tastelement mit dem Objekt in Berührung gebracht und sodann seine Position bestimmt wird. Ferner bezieht sich die Erfindung auf eine Anordnung zur Messung von Strukturen eines Objekts mittels eines einem Koordinatenmessgerät zugeordneten ein Tastelement und vorzugsweise eine Tasterverlängerung umfassenden Tasters.

Zur Messung von Strukturen eines Objektes werden Koordinatenmessgeräte mit elektromechanisch arbeitenden Tastern verwendet, mit denen auf indirektem Wege die Strukturlage bestimmt wird, d. h., die Position des Antastelementes (Kugel) wird über einen Taststift übertragen. Die hierbei auftretenden Verformungen des Taststiftes in Verbindung mit den wirkenden Reibkräften führen zur Verfälschung der Messergebnisse. Durch die starke Kraftübertragung kommt es ferner zu Messkräften, die typischerweise größer als 10 N sind. Die geometrische Ausgestaltung solcher Tastsysteme beschränkt diese auf Kugeldurchmesser größer als 0,3 mm. Die dreidimensionale Messung kleiner Strukturen im Bereich von wenigen Zehntel Millimetern und das Antasten von leicht verformbaren Prüflingen ist somit problematisch bzw. nicht möglich. Bedingt durch die nicht vollständig bekannten Fehlereinflüsse durch Verformung durch Taststift und Tastelement sowie die aufgrund z. B. von Stick-Slip-Effekten unbekannten Antastkräfte entstehen Messunsicherheiten, die typischerweise größer als

1µm sind.

Ein entsprechendes mechanisch abtastendes Koordinatenmessgerät ist zum Beispiel der DE 43 27 250 A1 zu entnehmen. Dabei kann eine visuelle Kontrolle des mechanischen Antastvorganges mit Hilfe eines Monitors erfolgen, indem der Tastkopf über eine Videokamera beobachtet wird. Dabei kann gegebenenfalls der Tastkopf in Form eines sogenannten Schwingquarztasters ausgebildet sein, der bei Berührung mit der Werkstückoberfläche gedämpft wird. Mittels der Videokamera ist es somit möglich, die Position der Tastkugel relativ zum Werkstück bzw. der dort zu vermessenden Bohrung auf dem Monitor zu verfolgen und den Antastvorgang beim Eintauchen in die Bohrung manuell zu beobachten und zu steuern. Das eigentliche Messen erfolgt wiederum elektromechanisch, so dass die oben genannten Nachteile erhalten bleiben.

Eine optische Beobachtung eines Tastkopfes bei einem Koordinatenmessgerät ist auch der DE 35 02 388 A1 zu entnehmen.

Um die genaue Position der Maschinenachsen eines Koordinatenmessgerätes zu bestimmen, werden nach der DE 43 12 579 A1 zumindest sechs Sensoren an einer Pinole und/oder einem Messkopf angebracht, um den Abstand zu einer Referenzfläche bestimmen zu können. Auf das Antasten der Objektgeometrien wird hier nicht weiter eingegangen, sondern ein berührungsloses Verfahren als Ersatz für klassische inkrementelle Wegmesssysteme beschrieben.

In der US 4,972,597 wird ein Koordinatenmessgerät mit einem Taster beschrieben, dessen Tasterverlängerung mittels einer Feder in ihrer Position vorgespannt ist. Ein in einem Gehäuse verlaufender Abschnitt der Tasterverlängerung weist zwei zueinander beabstandete Licht emittierende Elemente auf, um mittels eines Sensorelementes die Position der Tasterverlängerung und damit indirekt die eines am äußeren Ende der Tasterverlängerung angeordneten Tastelementes zu bestimmen.

Die optische Sensorik ersetzt hier ebenfalls die klassischen Wegmesssysteme von elektromechanischen Tastsystemen. Der eigentliche Antastvorgang erfolgt wiederum via Kraftübertragung von Tastelement zum Taststift über Federelemente zum Sensor. Die oben genannten Probleme mit Durchbiegung und Antastkraft bleiben wiederum erhalten. Es handelt sich um ein indirektes Verfahren.

Um große Körper wie Flugzeugteile zu vermessen, sind Taststifte mit Lichtquellen bzw. reflektierenden Zielmarken bekannt, deren Positionen optisch erfasst werden (DE 36 29 689 A1, DE 26 05 772 A1, DE 40 02 043 C2). Die Taster selbst werden von Hand oder mittels eines Roboters entlang der Oberfläche des zu messenden Körpers bewegt.

Bei diesem Verfahren wird die Position des Tastelementes stereoskopisch durch Triangulation oder ähnliches in seiner Lage stimmt. Die Auflösung des Gesamtmesssystems ist somit direkt durch die Sensorauflösung begrenzt. Der Einsatz solcher Systeme kann somit nur bei relativ geringen Anforderungen an das Verhältnis zwischen Messbereich und Genauigkeit in Frage kommen. Praktisch ist er auf das Messen großer Teile beschränkt.

Auch ist es bekannt, mittels eines Mikroskops die Position des Tastelementes anzuvisieren. Hierbei wird im Durchlichtverfahren gearbeitet, so dass allein Strukturen, wie durchgehende Bohrungen oder ähnliches bezüglich der Durchmessermaße gemessen werden können. Aufgrund der visuellen Auswertung im Mikroskop und der getrennten Anordnung von Tastelement und Beobachtungsoptik ist das Messen komplexerer Strukturen (Abstände von komplexen Geometrien, Winkel etc.) sowie ein automatisches Messen nicht möglich. Die Störanfälligkeit ist hierdurch bedingt ebenfalls sehr hoch und führt dazu, dass derartige Systeme nicht angeboten werden.

Der vorliegenden Erfindung liegt das Problem zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Art so weiterzubilden, dass beliebige Strukturen mit einer hohen Messgenauigkeit bestimmt werden können, wobei eine präzise Lagebe-

stimmung des mit dem Objekt in Berührung zu bringenden Tastelementes erfolgen soll. Insbesondere soll die Möglichkeit gegeben sein, Bohrungen, Löcher, Hinterschneidungen oder ähnliches auszumessen, wobei auch Strukturen im Bereich zwischen 50 und 100 µm mit einer Messgenauigkeit von zumindest $\pm 0,5$ µm bestimmt werden sollen.

Erfnungsgemäß wird das Problem im Wesentlichen dadurch gelöst, dass die Position des Tastelements unmittelbar oder eine Position zumindest einer dem Tastelement unmittelbar zugeordneten Zielmarke mit einem optischen Sensor zur Messung der Struktur direkt bestimmt wird. Dabei wird das Tastelement und/oder die zumindest eine Zielmarke vom Bereich des optischen Sensors her in die zu messende Position gebracht. Mit anderen Worten wird der Taster dem Objekt von dessen sensorzugewandten Seite zugeführt. Taster und Sensor sind dabei als Einheit innerhalb eines Koordinatenmessgerätes verstellbar und deren gemeinsame Position hochgenau messbar. Es erfolgt demnach eine gekoppelte Bewegung, die eine geringe Unsicherheit der Ergebnisse sicherstellt. Dabei wird insbesondere die Position des Tastelements und/oder der zumindest einen Zielmarke mittels reflektierender und/oder das Objekt durchdringender und/oder von dem Tastelement bzw. der Zielmarke abstrahlender Strahlung mit dem Sensor bestimmt.

Erfnungsgemäß wird die durch Berührung des Objekts bedingte Position des Tastelements optisch bestimmt, um unmittelbar aus der Position des Tastelementes selbst bzw. einer Zielmarke den Verlauf einer Struktur zu messen. Dabei kann die Auslenkung des Tastelements durch Verschiebung des Bildes auf einem Sensorfeld eines elektronischen Bildverarbeitungssystems mit elektronischer Kamera erfasst werden. Auch besteht die Möglichkeit, die Auslenkung des Tastelements durch Auswerten einer Kontrastfunktion des Bildes mittels eines elektronischen Bildverarbeitungssystems zu bestimmen. Eine weitere Möglichkeit zur Bestimmung der Auslenkung besteht darin, diese aus einer Größenänderung des Bildes einer Zielmarke zu bestimmen, aus dem der strahlenoptische Zusammenhang zwischen Objekt-Abstand und Vergrößerung resultiert. Auch kann die Auslenkung des Tastelements durch scheinbare Größenänderung einer

Zielmarke ermittelt werden, die aus dem Kontrastverlust durch Defokussierung resultiert. Dabei wird grundsätzlich die Auslenkung senkrecht zur optischen Achse der elektronischen Kamera bestimmt. Alternativ kann die Position des Tastelements bzw. der zumindest einen diesem zugeordneten Zielmarke mittels eines Photogrammetriesystems bestimmt werden. Bei Vorhandensein mehrerer Zielmarken kann deren Positionen optisch erfasst und sodann die Position des Tastelements berechnet werden, da zwischen diesem und den Zielmarken eine eindeutige feste Beziehung besteht.

Abweichend vom vorbekannten Stand der Technik erfolgt erfindungsgemäß eine unmittelbare Positionsmessung des Tastelementes oder der dieser zugeordneten Zielmarke, um die Struktur eines Objektes zu bestimmen. Dabei weisen Tastelement und Zielmarke eine eindeutige räumliche Zuordnung derart auf, dass eine Relativbewegung zueinander nicht erfolgt, also geringe Abstände eingehalten werden. Hierdurch ist es unbeachtlich, ob die Tasterverlängerung, von der die Zielmarke bzw. das Tastelement ausgehen, beim Messvorgang verformt wird, da nicht - wie der Stand der Technik es vorsieht - eine indirekte Messung des Tastelementes bzw. der Zielmarke, sondern eine direkte Messung dieser erfolgt. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren können Löcher, Bohrungen, Vertiefungen, Hinterschneidungen oder sonstige Strukturen mit einer Erstreckung im Bereich von zumindest 50 - 100 µm mit einer Messgenauigkeit von zumindest $\pm 0,5$ µm ausgemessen werden. Somit ergibt sich die Möglichkeit, dreidimensionale Messungen kleinster Strukturen durchzuführen, ein Verlangen, das seit langem zum Beispiel in der Medizintechnik für minimalinvasive Chirurgie, in der Mikrosensorik oder Automobiltechnik, soweit zum Beispiel Einspritzdüsen betroffen sind, besteht, ohne dass es befriedet werden konnte. Durch die unmittelbare Messung der Tastelementposition bzw. der dieser eindeutig zugordneten zueinander relativ nicht verschiebbaren Zielmarke wird ein direktes mechanisch-optisches Messverfahren mit einem Koordinatenmessgerät zur Verfügung gestellt, welches mit hoher Präzision arbeitet und auch dann nicht zu Verfälschungen von Messergebnissen führt, wenn die Tasterverlängerung beim Messvorgang verformt werden sollte.

Eine Anordnung zur Messung von Strukturen eines Objektes zeichnet sich dadurch aus, dass das Koordinatenmessgerät einen Sensor zur optischen Positionserfassung des Tastelementes und/oder zumindest einer diesem unmittelbar zugeordneten Zielmarke sowie eine Auswerteeinheit umfasst, mit der einerseits aus der Position des optischen Sensors zum Koordinatensystem des Koordinatenmessgerätes und andererseits aus der mittels des optischen Sensor erfassten Position des Tastelements und/oder der zumindest einen Zielmarke die Struktur berechnet wird, und dass der Sensor mit zumindest dem Tastelement eine gemeinsam verstellbare Einheit bildet. Dabei kann das Tastelement und/oder die zumindest eine Zielmarke selbststrahlend und/oder als Reflektor ausgebildet sein.

Das Tastelement und/oder die Zielmarke sollten vorzugsweise als eine Strahlung räumlich abstrahlender oder reflektierender Körper wie Kugel oder Zylinder ausgebildet sein.

Nach einer Weiterbildung der Erfindung ist das Tastelement mit einer Tasterverlängerung wie Schaft verbunden, die bzw. der biegeelastisch ausgebildet ist. Das Verbinden kann durch Kleben, Schweißen oder sonstige geeignete Verbindungsarten erfolgen. Auch kann das Tastelement und/oder die Zielmarke ein Abschnitt der Tasterverlängerung selbst sein. Insbesondere ist die Tasterverlängerung bzw. der Schaft als Lichtleiter ausgebildet oder umfasst einen solchen, um über diesen dem Tastelement bzw. der Zielmarke das erforderliche Licht zuzuführen.

Der Schaft selbst kann endseitig als Taster ausgebildet sein oder einen solchen umfassen. Insbesondere sollte das Tastelement und/oder die Zielmarke auswechselbar mit der Tasterverlängerung wie Schaft verbunden sein.

Um nahezu beliebige Strukturen bestimmen zu können, ist des Weiteren vorgesehen, dass der Taster von einer in fünf Freiheitsgeraden justierbaren Halterung ausgeht. Die Halterung selbst kann wiederum mit dem Sensor eine Einheiten bilden bzw. mit dem

Sensor verbunden sein.

Auch besteht die Möglichkeit, dass das Tastelement und/oder die Zielmarke als selbstleuchtendes elektronisches Element wie LED ausgebildet ist oder ein solches umfasst.

Erfindungsgemäß wird ein Tastsystem für Koordinatenmessgeräte vorgeschlagen, das die Vorteile optischer und mechanischer Tastsysteme kombiniert, wobei eine Verwendung insbesondere bei der mechanischen Messung sehr kleiner Strukturen, in denen herkömmliche Tastsysteme nicht mehr einsetzbar sind, möglich ist. Aber auch eine einfache Auf- und Umrüstung optischer Messgeräte für mechanische Messaufgaben wird dadurch möglich.

So ist vorgesehen, ein Tast- oder Antastelement oder eine diesem zugeordnete Zielmarke durch einen Sensor wie elektronische Kamera in seiner Position zu bestimmen, nachdem ersteres in mechanischem Kontakt mit einem Werkstück gebracht wurde. Dadurch, dass entweder das Tastelement selbst oder die Zielmarke, die unmittelbar mit dem Tastelement verbunden ist, in der Position vermessen wird, haben Verformungen eines den Taster aufnehmenden Schaftes keinen Einfluss auf das Messsignal. Bei der Vermessung muss weder das elastische Verhalten des Schaftes berücksichtigt werden, noch können plastische Verformungen, Hysteresen und Drifterscheinungen der mechanischen Kopplung zwischen Tastelement und dem Sensor die Messgenauigkeit beeinflussen. Auslenkungen in der Richtung senkrecht zur Sensor- wie Kameraachse lassen sich direkt durch Verschiebung des Bildes in einem Sensorfeld insbesondere einer elektronischen Kamera bestimmen. Die Auswertung des Bildes kann mit einer bereits in einem Koordinatenmessgerät installierten Bildverarbeitung erfolgen. Damit ist ein zweidimensional arbeitendes Tastsystem realisiert, das sehr einfach an eine optische Auswerteeinheit gekoppelt werden kann.

Für eine Sensierung der Auslenkung in Richtung der optischen Sensor- wie Kameraachse sind erfindungsgemäß mehrere Möglichkeiten gegeben, so u. a.:

1. Die Auslenkung des Tastelements in Richtung der Sensorachse (Kameraachse) wird durch ein Fokussystem gemessen, wie dies in der optischen Koordinatenmesstechnik bei der Fokussierung auf die Werkstückoberfläche bereits bekannt ist. Hierbei wird die Kontrastfunktion des Bildes in der elektronischen Kamera ausgewertet.
2. Die Auslenkung des Tastelements in Richtung der Sensor- bzw. Kameraachse wird dadurch gemessen, dass die Abbildungsgröße einer Zielmarke ausgewertet wird, so z. B. bei einer kreis- oder ringförmigen Zielmarke die Veränderung des Durchmessers. Dieser Effekt ist bedingt durch die strahlenoptische Abbildung und lässt sich durch die Ausgestaltung der optischen Einheit gezielt optimieren. In der Koordinatenmesstechnik werden häufig sogenannte telezentrische Objektive verwendet, die eine weitestgehend konstante Vergrößerung auch bei Abweichung von der Fokusebene realisieren sollen. Diese wird durch eine Verlegung der optischen Eintrittspupille in das "Unendliche" erreicht. Für die oben beschriebene Auswertung wäre eine Optimierung mit umgekehrten Vorzeichen nützlich: Bereits eine kleine Abweichung aus der Fokusebene soll in einer deutlichen Änderung des Abbildungsmaßstabes resultieren. Dies ist z. B. durch die Verlegung der optischen Eintrittspupille in die Höhe des objektseitigen Brennpunktes zu erreichen. Dabei sollte nach Möglichkeit eine hohe Schärfentiefe realisiert sein, die eine kontrastreiche Abbildung der Zielmarke über einen relativ weiten Entfernungsbereich erlaubt. Eine ideale optische Einheit im Sinne ihrer Abbildungseigenschaften wäre für die oben beschriebene Anwendung z. B. eine Lochkamera. Durch die Verwendung einer ringförmigen Zielmarke lassen sich Größenänderungen, die aus Unschärfe resultieren, minimieren: Der mittlere Ringdurchmesser ändert sich in erster Näherung durch Unschärfe nicht, sondern nur die Ringbreite.
3. Auch bei einer dritten Möglichkeit wird die Größenänderung der Zielmarke ausgewertet, jedoch die, welche sich aus der Kombination von strahlenoptischer

Größenänderung und der scheinbaren Vergrößerung durch unscharfe Ränder ergibt. Gegenüber der Auswertung der Unschärfefunktion macht sich dieses Verfahren zunutze, dass die tatsächliche Größe der Zielmarke unveränderlich ist.

Erfnungsgemäß wird zur Strukturbestimmung von Objekten die direkte Messung einer Tastelementposition genutzt. Grundsätzlich kommen für diese direkte Messung viele unterschiedliche physikalische Prinzipien in Frage. Da die Messung der Tastelementauslenkung in einem großen Messbereich im Raum sehr genau erfolgen muss, z. B. um kontinuierliche Scavorgänge zu ermöglichen, und um einen großen Überhub bei Objektantastung aufzunehmen (z. B. aus Sicherheitsgründen, aber auch um den Aufwand für eine genaue Positionierung zu verringern), kann auch ein photogrammetrisches Verfahren eingesetzt werden. Zwei Kamerasysteme mit zueinander geneigten Achsen könnten benutzt werden. Es können im Wesentlichen die aus der Industriephotogrammetrie bekannten Auswertetechniken eingesetzt werden.

Mit zwei z. B. zur Längsrichtung des Tastelements bzw. der diesem zugewandten Enden einer Tasterverlängerung wie Schaft geneigt "blickenden" Kameras sind alle Messaufgaben lösbar, bei denen das Tastelement nicht hinter Hinterschneidungen "verschwindet". Die Verwendung einer redundanten Anzahl von Kameras (z. B. drei) ermöglicht auch an Objekten mit steilen Konturen zu messen. Bei der Messung in kleinen Bohrungen kann eine Kamera benutzt werden, die so angeordnet ist, dass sie in Längsrichtung des Tastelements bzw. der Tasterverlängerung auf das Tastelement "blickt". Grundsätzlich ist bei zweidimensionalen Messungen (also z. B. bei Messungen in Bohrungen) eine einzige Kamera ausreichend, die auf die Längsrichtung der das Tastelement haltenden Tasterverlängerung wie Schaft ausgerichtet ist.

Für die ernungsgemäße Verwendung des Tasters ist kein aktiv lichtabstrahlendes Tastelement oder eine sonstige aktive Zielmarke zwingend erforderlich. Besonders hohe Genauigkeiten erreicht man mit lichtabstrahlenden Tastkugeln bzw. sonstiger lichtabstrahlender Zielmarken an der Tasterverlängerung. Das Licht aus einer Lichtquelle

wird dabei dem Tastelement wie -kugel oder sonstigen Zielmarken der Tasterverlängerung über z. B. eine Lichtleitfaser zugeführt, die selbst den Taster-Schaft oder die Tasterverlängerung darstellen kann. Auch kann das Licht im Schaft oder in den Zielmarken erzeugt werden, indem diese z. B. LEDs enthalten. Der Grund für diese Konstruktionsweisen ist, dass elektronische Bildsysteme wie photogrammetrische Systeme, insbesondere solche für mikroskopisch kleine Strukturen, eine hohe Lichtintensität benötigen. Wird dieses Licht dem Tastelement direkt gezielt zugeführt, reduziert sich die notwendige Lichtleistung erheblich, und somit auch die Wärmeverluste des Objekts während der Messung. Bei Verwendung von Kugeln als Tastelement ergibt sich ein ideal kontrastreiches und ideal kreisförmiges Bild der Tastkugel aus allen Blickrichtungen. Insbesondere gilt dies bei der Verwendung einer volumenstreuenden Kugel. Störungen durch Abbildungen von Strukturen des Objekts selbst werden vermieden, da das Objekt selbst nur in unmittelbarer Nähe der Tastkugel hell beleuchtet wird. Dabei wird jedoch das durch Spiegelungen am Objekt entstehende Bild der Tastkugel praktisch immer weniger hell erscheinen als die Tastkugel selbst. Somit sind Fehler problemlos zu korrigieren. Diese Vorteile haben von außen beleuchtete Zielmarken nicht zwingend. Auch besteht die Möglichkeit, die Zielmarken fluoreszierend auszuführen, so dass eingestrahltes und abgestrahltes Licht frequenzmäßig getrennt sind, und sich somit ebenfalls die Zielmarken im Bild deutlicher von der Umgebung isolieren lassen. Gleiche Überlegungen gelten für das Tastelement selbst.

Um auch in kleinen Bohrungen oder an sehr steilen Strukturen zu messen, wenn das Tastelement wegen Abschattung selbst nicht oder nicht von mehreren Kameras erfasst werden kann, lässt sich erfindungsgemäß die Position, die Orientierung und die Krümmung der Lichtleitfaser in den sichtbaren Teilbereichen sensorisch wie photogrammetrisch erfassen. Daraus kann die Position des Tastelements berechnet werden, z. B. über einen Ansatz der Faserbiegung in Form einer Parabel mit linearem oder quadratischen Term. Die Messung bei unterschiedlichen Überhüben (mehr oder weniger ins Objekt hinein positioniert) und anschließend Mittelung der Tastelementposition erhöht die Messgenauigkeit. Die optische wie photogrammetrische Messung der Faser wird durch

eine gleichförmige Lichtabstrahlung der Faser erleichtert, die durch Verwendung von volumenstreuendem Fasermaterial, der Aufbringung einer diffus abstrahlenden Schicht auf der Faseroberfläche oder einer sonstigen geeigneten Wahl der Faserzusammensetzung und Fasergeometrie (z. B. Fertigung aus Material mit relativ geringem Brechungsindex) verbessert werden kann.

Es ist auch erfindungsgemäß möglich, auf der Lichtleitfaser weitere beleuchtete Kugeln oder sonstige Zielmarken anzubringen, die Position dieser Zielmarken insbesondere photogrammetrisch zu erfassen und die Position des Tastelements entsprechend zu berechnen. Kugeln stellen dabei vergleichsweise ideale, eindeutige Zielmarken dar, die es auf der Faser ansonsten nicht gibt. Eine gute Lichteinkopplung in die Kugeln erreicht man durch Störung der Lichtleitereigenschaften des Schafts, indem man z. B. die durchbohrten volumenstreuenden Kugeln auf den Schaft, d. h. der Tasterverlängerung aufsteckt und mit diesem verklebt. Auch können die volumenstreuenden Kugeln seitlich am Schaft angeklebt sein, wobei auch eine Lichteinkopplung möglich ist, vorausgesetzt, der Schaft führt bis zu seiner Oberfläche Licht, weist also einen Mantel an der Klebestelle nicht auf. Eine besonders hohe Genauigkeit wird erreicht, wenn die Tastelementposition als Funktion der Faserlage und Faserkrümmung (Zonen der Faser in einem Abstand von dem Tastelement) experimentell erfasst (kalibriert) wird. Auch ist hier wieder die Abmessung von entlang der Faser aufgebrachten Zielmarken anstelle der Abmessung der Faser selbst möglich.

Die Kalibrierung kann z. B. durch Antastung einer Kugel aus unterschiedlichen Richtungen und mit unterschiedlichen Kräften (mehr oder weniger ins Objekt "hineinpositioniert") geschehen, oder sie erfolgt durch bekannte relative Positionierung des Tastsystems gegenüber der geklemmten Tastkugel.

Die Trennung der Elemente Tastelement wie Tastkugel und Zielmarken verringert zusätzlich die Wahrscheinlichkeit einer Störung der Messung der Tastelementposition durch Reflexe der Zielmarken auf der Objektoberfläche.

Es können erfindungsgemäß mehrere Taster nacheinander im Einsatz sein, z. B. durch eine einfache Wechsleinrichtung (z. B. Revolver mit mehreren Tastern) können verschiedene Tastelemente bzw. Taststifte ins Blickfeld eingeschwenkt werden. Es können erfindungsgemäß auch mehrere Tastelemente gleichzeitig im Einsatz sein. Die Identifikation des aktiven Tastelements oder -stifts ist beispielsweise durch Abschalten der Beleuchtung der nicht aktiven Taststifte oder über eine sonstige Codierung wie z. B. durch Zielmarkengröße, Lichtfarbe, Zielmarkenposition im Tasterkoordinatensystem, Modulation des Lichts und/oder anhand aufgebrachter Muster möglich. Taststifteinmessungen, wie diese in der klassischen Koordinatenmesstechnik üblich sind, sind bei den erfindungsgemäßen Tastern nicht zwingend erforderlich, da Tastkugellage und Tastkugeldurchmesser photogrammetrisch mit einer oft ausreichenden Genauigkeit erfasst werden können.

Die Messung mit kleinen Tastelementen bringt oft eine hohe Anzahl zerstörter Taststifte (Tastelement, Tasterverlängerung) mit sich. Bei dem erfindungsgemäßen System sind die Taststifte billig und einfach auswechselbar. Teure Sensoren und die Bewegungsachsen werden im Allgemeinen nicht von Kollisionen beschädigt oder verändert, da der Abstand von dem Tastelement recht groß sein kann. Z. B. kann die Schaftlänge größer als der Verfahrbereich des Systems sein, eine Kollision ist so nicht möglich. Eine große Taster- wie Kugelauslenkung relativ zur Schaftlänge ist ohne Schwierigkeiten möglich. Dadurch ergibt sich eine hohe Eigensicherheit des Systems und eine gute Scanfähigkeit. Auch sind hohe Antastgeschwindigkeiten ohne Beschädigung der Objektoberfläche möglich.

Photogrammetriesysteme oder sonstige bekannte optisch arbeitende Sensorsysteme erlauben eine mathematische Ausrichtung des Objekts vor dem eigentlichen Messbeginn aufgrund der Bildinformation über das Objektiv. Damit ist eine punktgenaue Antastung des Objekts bei der eigentlichen taktilen Messung möglich.

Es gibt bei diesem System zwei Arten von elastischen Einflüssen, die zu Messabweichungen führen:

chungen führen können.

1. Die Nachgiebigkeit des Objekts selbst (in größeren Bereichen); Einflüsse durch diese können durch Messung mit mindestens zwei Antastkräften auf Null extrapoliert werden,
2. die lokale Nachgiebigkeit durch die Hertz'sche Pressung zwischen Kugel und Objektoberfläche; diese Effekte können bei Bedarf (also bei hochgenauen Messungen oder bei nachgiebigen Objekten) durch eine Messung mit mindestens zwei unterschiedlichen Antastkräften und Extrapolation auf die fiktive Antastkraft "Null" ausgeschaltet werden.

Die Extrapolation auf Kraft "Null" im zweiten Fall ist möglich, da die Deformation nach Hertz gleich einer Konstanten multipliziert mit der $(\text{Antastkraft})^{2/3}$ ist:

$$D = K \cdot F^{2/3}$$

mit:

- D: Deformation an der Kontaktstelle zwischen Objekt und Tastkugel
 F: Kraft (bzw. eine Größe, die proportional zur Antastkraft ist)
 K: Konstante

$$\begin{aligned} D_1 &= K \cdot F_1^{2/3} \\ D_2 &= K \cdot F_2^{2/3} \\ D_1 - D_2 &= K \cdot (F_1^{2/3} - F_2^{2/3}) \end{aligned}$$

Hieraus folgt der Wert von K bei aus der Messung bekannter Differenz $(D_1 - D_2)$ sowie bei bekannten F_1 und F_2 . Es können nun die Abplattungen D_1 und D_2 gegenüber der Antastung mit Kraft "Null" berechnet werden. Die kraftproportionalen Werte sind z. B. die Verfahrwege gerechnet ab der ersten Objektberührungen. Alternativ lassen sich diese

auch mit Kraftsensoren messen. Ein Kraftsensor kann z. B. die Faser selbst sein, wenn ihre Krümmung photogrammetrisch gemessen wird oder anhand von Änderungen des intern zur Lichtquelle reflektierten/rückgestreuten Lichts bzw. des abgestrahlten Lichts. Es ist sinnvoll, die Messung mit mehreren Antastkräften für alle hochgenauen Messaufgaben durchzuführen, da die effektiven Radien im Berührpunkt zwischen Objekt und Tastelement durch lokale Welligkeiten und Rauheiten stark variieren können.

Liegen Hertz'sche und lineare Nachgiebigkeit in der gleichen Größenordnung, muss mit mindestens drei Kräften angetastet werden, und es muss sowohl die lineare als auch die Hertz'sche Nachgiebigkeitskonstante bestimmt werden, um auf die fiktive Kraft "Null" extrapolieren zu können.

Sollten die Abweichungen von der idealen Kugelform bei kleinen Kugeln als Taster mit Durchmessern unter 0,1 mm nicht vernachlässigbar sein, kann eine richtungsabhängige Korrektur der Antastpunkt-Koordinaten erforderlich sein. Zur Erfassung der Korrekturwerte kommen zwei Verfahren in Frage:

1. Die Messung der Abweichungen des Tastelements von der Kugelform, durchgeführt unabhängig vom Tastsystem mit gesonderten Messgeräten,
2. die Messung der Abweichungen des Tastelements von der Kugelform, durchgeführt durch Messung einer Referenzkugel mit dem Tastsystem selbst.

Grundsätzlich ist es auch möglich, eine andere Geometriiform für die Tastemente zu wählen als die einer Kugel, z. B. Zylinder, der die Faser selbst darstellen kann, oder das verrundete Ende der Faser selbst, als der Tasterverlängerung.

Da das Tastelement (z. B. eine Kugel) je nach Betrachtungsrichtung mehr oder weniger stark vollständig abgebildet wird und auch Schmutz sehr störend wirkt, ist es sinnvoll, die Lage des Tastlements mit sogenannten robusten Ausgleichsalgorithmen zu bestim-

men. Zu diesen Algorithmen gehören z. B. die Minimierung der Summe der Abweichungsbeträge (sogenannte L1-Norm).

Zuvor geschilderte Korrekturverfahren sind jedoch nur in Extremfällen notwendig, ohne dass hierdurch die erfindungsgemäße Lehre grundsätzlich beeinträchtigt wird.

Grundsätzlich kann die Beleuchtung des Tastelements, der Zielmarken bzw. des Schafts nicht nur von innen durch den Schaft erfolgen, sondern auch durch geeignete Beleuchtungseinrichtungen von außen.

Hier bietet sich auch eine Variante an, bei der das Tastelement bzw. die Zielmarken Retroreflektoren (Tripelreflektoren, Katzenaugen, spiegelnde Kugeln) sind und aus der Kamera-Blickrichtung extern beleuchtet werden.

Der erfindungsgemäße Taster ist grundsätzlich nicht auf bestimmte Baugrößen der Messobjekte und des Tastelements selbst beschränkt. Er kann sowohl zur Messung ein-, zwei- als auch dreidimensionaler Strukturen eingesetzt werden. Insbesondere kann die Tasterverlängerung als Lichtleiter ausgebildet sein und einen Durchmesser von 20 µm aufweisen. Der Durchmesser des Tastelements wie Tastkugel sollte dann bevorzugterweise 50 µm betragen.

Insbesondere ist vorgesehen, dass der Durchmesser des Tastelements in etwa 1- bis 3-fach größer als der der Tastverlängerung ist.

Um die Bruchfestigkeit der Tasterverlängerung zu erhöhen, können bei der Verwendung von Lichtleitern als Material diese eine Oberflächenbeschichtung wie Teflon oder eine sonstige bruchhemmende Substanz aufweisen. Eine Ummantelung kann z. B. durch Sputtering ausgebildet werden.

Die Raumlage des Tastelements kann mittels eines zweidimensionalen Messsystems

dann bestimmt werden, wenn dem Tastelement zumindest drei Zielmarken zugeordnet sind, deren Bilder zur Bestimmung der räumlichen Lage des Tastelements ausgewertet werden.

Die Erfindung ermöglicht auch ein scannendes Antastverfahrens zur Bestimmung von Werkstückgeometrien. Insbesondere können die auszuwertenden Bilder von einem positionsempfindlichen Flächensensor erzeugt werden.

Gegenüber rein mechanisch messenden Tastsystemen ergeben sich mit der erfindungsgemäßen Lehre u.a. folgende Vorteile:

- Elastische und plastische Einflüsse sowie Kriecherscheinungen der mechanischen Halterung und des Antastschaftes gehen nicht in das Messergebnis ein.
- Es lassen sich sehr geringe Antastkräfte realisieren (< 1 N).
- Es ist keine Präzisionsmechanik erforderlich.
- Es lassen sich sehr kleine Tastelemente und Schaftdurchmesser realisieren.
- Die Positionierung des Tastsystems kann durch die Optik vom Bediener optimal überwacht werden.
- Das System kann direkt an die bestehende Optik eines Koordinatenmessgerätes angebracht werden und das Bildsignal mit einem vorhandenen Bildprozessor ausgewertet werden.
- Geringer Geräteaufwand resultierend aus der Adaption an bestehende optische Koordinatenmessgeräte.

Gegenüber rein optisch messenden Tastsystemen ergeben sich u. a. folgende Vorteile:

- Es werden die tatsächlichen mechanischen Größen gemessen. Eigenschaften der Oberfläche wie Farbe und Reflexionsverhalten gehen nicht in das Messergebnis ein.
- Es können Messungen an dreidimensionalen Strukturen gemacht werden, die für rein optische Systeme nicht zugänglich sind. So lässt sich etwa der Durchmesser und die Formabweichung einer Bohrung in verschiedenen Höhenschnitten erfassen.

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 der Zeichnung zu entnehmenden bevorzugten Ausführungsbeispielen.

Es zeigen:

- Fig. 1 eine Ausführungsform einer Anordnung zur Messung von Strukturen eines Objekts,
- Fig. 2 eine zweite Ausführungsform einer Anordnung zur Messung von Strukturen eines Objekts,
- Fig. 3 eine dritte Ausführungsform einer Anordnung zur Messung von Strukturen eines Objekts,
- Fig. 4 eine vierte Ausführungsform einer Anordnung zur Messung von Strukturen eines Objekts,

- Fig. 5 eine fünfte Ausführungsform einer Anordnung zur Messung von Strukturen eines Objekts,
- Fig. 6 eine sechste Ausführungsform einer Anordnung zur Messung von Strukturen eines Objekts,
- Fig. 7 einen Abschnitt einer ersten Ausführungsform eines Tasters,
- Fig. 8 einen Abschnitt einer zweiten Ausführungsform eines Tasters,
- Fig. 9 einen Abschnitt einer dritten Ausführungsform eines Tasters,
- Fig. 10 eine siebte Ausführungsform einer Anordnung zur Messung von Strukturen eines Objekts,
- Fig. 11 eine achte Ausführungsform einer Anordnung zur Messung von Strukturen eines Objekts und
- Fig. 12 ein Blockschaltbild.

In den Figuren, in denen gleiche Elemente grundsätzlich mit gleichen Bezugszeichen versehen sind, sind rein prinzipiell verschiedene Ausführungsformen von Anordnungen zur Messung von Strukturen eines Objektes mittels eines einem Koordinatenmessgerät zugeordneten Tasters dargestellt. Als Ausführungsbeispiel soll die Struktur einer Bohrung 10 in einem Objekt 12 bestimmt werden. Der Rand der Bohrung 10 wird von einem Tastelement 14 abgefahren, der seinerseits von einer Tasterverlängerung 16 ausgeht, die zusammen eine Taster 18 bilden.

Der Taster 18 geht von einer Halterung 20 aus, die zumindest um drei Freiheitsgrade, vorzugsweise um 5 Freiheitsgrade justierbar ist. An der Halterung 20 selbst ist vorzugs-

weise eine Optik eines Koordinatenmessgeräts 22 montiert. Eine andere Verbindungsart ist gleichfalls möglich. Ausschlaggebend ist jedoch, dass die Optik bzw. ein Sensor des Koordinatenmessgerätes 22 als Einheit mit dem Tastelement 14 in X-, Y- und Z-Richtung verstellbar ist. Unabhängig davon erfolgt eine Justierung des Tastelements 14 zur optischen Achse 24 und zur Fokalebene. Dabei bestehen verschiedene Möglichkeiten, das Tastelement 14, d. h. im Ausführungsbeispiel eine Tastkugel im Schnittpunkt der optischen Achse 24 mit der Fokalebene zu positionieren. So kann nach dem Ausführungsbeispiel der Fig. 1 die Tasterverlängerung 16 seitlich von der Halterung 20 ausgehend in den Strahlgang 24 eingebracht werden.

Bei dem Ausführungsbeispiel der Fig. 2 gehen von der Halterung 20 Befestigungsarme 26, 28 aus, die außerhalb der Fokalebene enden und als Aufnahme für eine seitlich in die optische Achse 24 hineingeführte Tasterverlängerung 16 dient, die über ein Kuppelungsstück 30 mit dem Tastelement 32 verbindbar ist, das über einen stabförmigen Abschnitt 34, der entlang der optischen Achse 24 verläuft, in das eigentliche Tastelement 14 in Form der Kugel übergeht, mittels der die Struktur des Randes der Bohrung 10 bestimmt wird.

Bei der Anordnung gemäß Fig. 3 wird eine L-förmig gebogene Tasterverlängerung 38 von einer von der Halterung 20 ausgehenden Aufnahme 36 gehalten, wobei ein geradlinig verlaufender Endabschnitt 42 der Tasterverlängerung 38 parallel zur optischen Achse 24 verläuft und endseitig in das Tastelement wie Tastkugel 14 übergeht.

Nachdem das Tastelement 14 justiert ist, kann es durch die vorhandene Optik des Koordinatenmessgerätes 22 oder einem entsprechenden Sensor beobachtet werden. Bei Antastung des Randes der Bohrung 12 ändert das Tastelement 14 seine Lage im Kamera- bzw. Sensorfeld. Diese Auslenkung wird durch eine elektronische Bildverarbeitung ausgewertet. Hierdurch wird eine Funktionsweise realisiert, die analog zu einem konventionell messenden Tastsystem wirkt. Dabei kann die Ansteuerung des Koordinatenmessgeräts 22 entsprechend einem konventionell mechanisch messenden Tastsy-

stem erfolgen.

Um das Tastelement 14 optisch zu erfassen, bestehen verschiedene Möglichkeiten, die rein prinzipiell den Fig. 4 bis 6 und 10 und 11 zu entnehmen sind.

So wird nach der Fig. 4 ein Durchlichtverfahren vorgeschlagen, wobei auf dem Sensor- bzw. Kamerafeld der Schatten des Tastlements 14 beobachtet bzw. gemessen wird. Voraussetzung für das der Fig. 4 zu entnehmende Durchlichtverfahren ist, dass die Bohrung 10 durchgehend ist, also das Werkstück 12 vollständig durchsetzt.

Bei dem Ausführungsbeispiel der Fig. 5 wird das Tastelement 14 durch Einspiegelung von Licht entlang des Strahlengangs 24 mit Licht beaufschlagt. Hierzu befindet sich oberhalb des Koordinatenmessgeräts 22 ein Spiegel 42, über den durch das Koordinatenmessgerät 22 und die Halterung 20 hindurch Licht entlang der optischen Achse 24 eingespiegelt wird.

Es wird für die Tasterverlängerung 30 vorzugsweise eine Lichtleitfaser benutzt. Diese bietet auch den Vorteil, dass das Licht durch diese selbst zu dem Tastelement 14 geführt wird, wie dies anhand der Fig. 6 verdeutlicht wird. Die Lichtquelle selbst ist in den Fig. mit den Bezugszeichen 44 versehen.

Das Tastelement 14 weist in den Ausführungsbeispielen eine volumenmäßig abstrahlende Kugelform auf. Dabei kann das Tastelement 14 mit der Tasterverlängerung 30 z. B. durch Kleben oder Schweißen fest verbunden sein. Aber auch eine auswechselbare Verbindung über eine Kupplung ist möglich.

Ist bei dem Ausführungsbeispiel der Fig. 7 das Tastelement 14 mit dem Ende 40 der Tasterverlängerung 30 verklebt, so kann bei dem Ausführungsbeispiel der Fig. 8 das Tastelement 30, d. h. dessen Endabschnitt 40 selbst als Tastelement ausgebildet sein. Hierzu wird vorzugsweise der Endabschnitt 40 endseitig entsprechend geformt. Es

besteht aber auch die Möglichkeit, die endseitige Stirnfläche der Tasterverlängerung 30 mit einer reflektierenden Abdeckung zu versehen, um die Funktion der Zielmarke zu erfüllen.

Anstelle der Beobachtung des Tastelementes 14 selbst kann diesem in fester orstmäßiger Zuordnung eine vorzugsweise ebenfalls kugelförmige Zielmarke 46 zugeordnet sein, die ein Abschnitt der Tasterverlängerung 30 ist oder auf diese aufgesetzt ist, wie dies anhand der Fig. 11 verdeutlicht wird. So weist die Tasterverlängerung 30 endseitig das kugelförmige Tastelement 14 auf. Des Weiteren sind in Abständen zueinander an der Tasterverlängerung 30 kugelförmige Zielmarken 46, 48, 50 angebracht. Somit besteht die Möglichkeit, entweder die Position des Tastelements 14 unmittelbar oder die der diesem eindeutig zugeordneten Zielmarken 46 bzw. 46, 48 bzw. 46, 48, 50 zu beobachten.

Das Tastelement 14 bzw. die Zielmarke 46, 48, 50 kann aus verschiedenen Materialien wie Keramik, Rubin oder Glas bestehen. Ferner kann die optische Qualität der entsprechenden Elemente durch Beschichtungen mit streuenden oder reflektierenden Schichten verbessert werden.

Der Durchmesser der Tasterverlängerung 30 beträgt vorzugsweise weniger als 100 µm, vorzugsweise einen Durchmesser von 20 µm. Das Tastelement 14 bzw. die Zielmarke 46, 48, 50 weist einen größeren Durchmesser auf, vorzugsweise einen zwischen 1,5- und 3-fach größeren Durchmesser als den der Tasterverlängerung 30 wie Lichtleiter.

In dem Bereich, wo der Mantel der Tasterverlängerung 30 von Licht nicht durchsetzt werden muss, kann eine Oberflächenbeschichtung aus Teflon oder einer sonstigen bruchhemmenden Substanz vorgesehen sein.

Das Bild des Tastelements 14 oder einer dieser zugeordneten Zielmarke 46, 48, 50 kann z. B. auf einem CCD-Feld einer optischen Koordinatenmessmaschine abgebildet werden.

Die Verschiebung des Lichtfleckes im CCD-Feld kann mit Subpixelgenauigkeit gemessen werden. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren sind reproduzierbare Messungen mit einer Genauigkeit im µm-Bereich möglich.

Bei dem Ausführungsbeispiel der Fig. 10 und 11 gelangt ein photogrammetrisches Verfahren zur Anwendung. Von einer gemeinsamen Halterung 20 gehen zwei auf das Tastelement 14 ausgerichtete optische Abbildungssysteme wie Kameras 52, 54 aus. Die auf das Tastelement 14 optisch ausgerichteten Kameras 52, 54 ermöglichen eine räumliche Bestimmung des Tastelements 14 mit üblichen aus der Industriephotogrammetrie bekannten Auswertetechniken. Die Verwendung einer redundanten Anzahl von Kameras (zum Beispiel drei) ermöglicht ein Objekt auch zu messen, wenn eine der Kameras abgeschattet ist. Bei kleinen Bohrungen reicht der Einsatz einer Kamera aus, die so optisch auf das Tastelement 14 ausgerichtet ist. Losgelöst hiervon wird zur Bestimmung der Struktur im Objekt entweder ein aktiv lichtabstrahlendes, lichtreflektierendes oder lichtabschattendes Abtastelement 14 bzw. eine Zielmarke 46, 48, 50 benutzt, wobei vorzugsweise aus der Lichtquelle 44 dem Tastelement 14 bzw. den Zielmarken 46, 48, 50 über die als Lichtleitfaser ausgebildete Tasterverlängerung 30 Licht zugeführt. Alternativ besteht die Möglichkeit, das Licht selbst in der Tasterverlängerung 30 oder in den Zielmarken 46, 48, 50 bzw. dem Tastelement 14 zu erzeugen, in dem diese z. B. elektrisch leuchtende Bausteine wie LEDs enthalten oder solche sind. Mit der erfindungsgemäßen Lehre ergibt sich ein ideal kontrastreiches und ein ideal kreisförmiges Bild des Tastlements 14 bzw. der Zielmarke 46, 48, 50, sofern diese eine Kugelform aufweisen. Zusätzlich oder alternativ besteht die Möglichkeit, das Tastelement 14 bzw. die Zielmarken 46, 48, 50 fluoreszierend auszuführen, so dass eingeschalttes und abgestrahltes Licht frequenzmäßig getrennt sind, so dass das von dem Tastelement 14 bzw. den Zielmarken 46, 48, 50 erzeugte Bild von der Umgebung getrennt werden kann.

Mit der erfindungsgemäßen Ausbildung eines Koordinatenmessgerätes, mit dem ein Tastelement wie Tastkugel bzw. eine dieser räumlich eindeutig zugeordneten Zielmarke

unmittelbar optisch erfasst wird, um aus der direkten optischen Messung des Tastelementes bzw. der Zielmarke die Struktur des Körpers zu bestimmen, lassen sich Strukturen in der Größenordnung von 100 µm und weniger, insbesondere im Bereich bis zu 50 µm bestimmen bei einer Messunsicherheit von $\pm 0,5$ µm. Mit dem Koordinatenmessgerät können übliche Messvolumen wie zum Beispiel $0,5 \times 0,5 \times 0,5$ m³ ausgemessen werden.

In Fig. 12 ist ein Blockschaltbild dargestellt, um entsprechend der erfindungsgemäßen Lehre in einem Koordinatenmessgerät 56 durch unmittelbare optische Messung der Position eines Tastelementes 58 die Struktur eines Objektes zu bestimmen, wobei durch CNC-Steuerung das Objekt von dem Tastelement 58 angetastet werden soll.

Das Koordinatenmessgerät 56 weist einen üblichen Aufbau auf. Beispielsweise geht das Tastelement 58 von einer Halterung aus, die an einer entlang einer Traverse 60 in X-Richtung verstellbaren Pinole 62 befestigt ist, die ihrerseits in Z-Richtung verstellbar ist. Das Objekt selbst ist auf einem Messtisch 64 befestigt, der in Y-Richtung verfahrbar ist. Tastet das Tastelement 58 das Objekt an, werden aus den Positionen des Tastelements 58 entsprechenden Videosignalen mittels einer Bildverarbeitung 66 die Koordinaten X', Y' bzw. Z' des Tastelements 58 berechnet und einem Messrechner 68 zugeführt und in diesem mit den Koordinatenwerten X,Y,Z des Koordinatenmessgerätes 56 verknüpft, die über einen Zähler 70 bestimmt werden. Aus den so berechneten Werten werden einerseits die Objektgeometrie bestimmt und andererseits über eine CNC-Steuerung 72 der CNC-Lauf des Koordinatenmessgerätes 56 gesteuert.

AnsprücheVerfahren und Anordnung zur Messung von Strukturen eines Objekts

1. Verfahren zur Messung von Strukturen eines Objekts mittels eines einem Koordinatenmessgerät zugeordneten Tastelements, das mit dem Objekt in Berührung gebracht und sodann seine Position mittelbar oder unmittelbar bestimmt wird,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass die Position des Tastelements unmittelbar oder eine Position zumindest einer dem Tastelement unmittelbar zugeordneten Zielmarke mit einem optischen Sensor zur Messung der Struktur des Objektes direkt bestimmt wird.
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 das Tastelement und/oder die zumindest eine Zielmarke dem Objekt von dessen sensorzugewandter Seite zugeführt wird.
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 die Position des Tastelementes und/oder der zumindest einen Zielmarke mittels reflektierender und/oder durch dieses bzw. diese abschattender und/oder von dem Tastelement bzw. der Zielmarke abstrahlender Strahlung bestimmt 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 das Tastelement mit dem Sensor als Einheit verstellt wird.

5. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass eine durch die Berührung des Objekts bedingte Auslenkung des Tastelements optisch bestimmt wird.
6. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Auslenkung des Tastelementes durch Verschiebung dessen Bildes oder
eines einer Zielmarke auf einem Sensorfeld erfaßt wird.
7. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Auslenkung des Tastelementes durch Auswerten einer Kontrastfunktion
bestimmt wird.
8. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Auslenkung des Tastelementes aus einer Größenänderung eines Bildes
einer Zielmarke bestimmt wird, die aus dem strahlenoptischen Zusammenhang
zwischen Objekt-Abstand und Vergrößerung resultiert.
9. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Auslenkung des Tastelementes durch scheinbare Größenänderung einer
Zielmarke bestimmt wird, die aus dem Kontrastverlust durch Defokussierung
resultiert.
10. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Auslenkung senkrecht zur optischen Achse eines elektronischen Bild-

verarbeitungssystems durch dieses bestimmt wird.

11. 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 eines zweidimensionalen Meßsystems die räumliche Position des Tastelementes mittels zumindest drei diesen zugeordneter Zielmarken bestimmt wird.
12. 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 eine Tasterverlängerung oder ein Abschnitt dieser als räumlich ausgedehnte Zielmarke benutzt wird, deren Position relativ zum Tastkörper in frei wählbaren Querschnitten gemessen wird.
13. 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 auf der Tasterverlängerung angeordnete Zielmarken zur Bestimmung der Position des Tastelementes photogrammetrisch (zumindest zwei Kameras) erfaßt werden.
14. 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 Position des Tastelementes photogrammetrisch (zumindest zwei Kameras) gemessen wird.
15. Anordnung zur Messung von Strukturen eines Objekts (12) mittels eines einem Koordinatenmeßgerät zugeordneten ein Tastelement (14) und vorzugsweise einer Tasterverlängerung (16, 38) umfassenden Tasters,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass das Koordinatenmeßgerät (22) einen Sensor zur optischen Bestimmung des

Tastelements (14) und/oder zumindest einer diesem unmittelbar zugeordneten Zielmarke sowie eine Auswerteeinheit umfasst, mit der aus der Position des optischen Sensors zum Koordinatensystem des Koordinatengerätes und der mittels des optischen Sensors unmittelbar gemessenen Position des Tastelements bzw. der Zielmarke die Struktur berechnet wird, und dass der Sensor mit zumindest einer gemeinsam verstellbaren Einheit das Tastelement bildet.

16. Anordnung nach Anspruch 15,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass das Tastelement (14) und/oder die Zielmarke (46, 48, 50) als Reflektor ausgebildet ist.
17. Anordnung 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 das Tastelement (14) und/oder die Zielmarke (46, 48, 50) selbststrahlend ausgebildet ist.
18. Anordnung 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 das Tastelement (16) und/oder die Zielmarke (46, 48, 50) ein Strahlung räumlich abstrahlender oder reflektierender Körper wie Kugel oder Zylinder ist.
19. Anordnung 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 Tasterverlängerung (38) zumindest abschnittsweise biegeelastisch und/oder als Lichtleiter ausgebildet ist oder einen solchen umfaßt.
20. Anordnung 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 Tastverlängerung (38, 40) oder zumindest ein Abschnitt von dieser das

Tastelement (14) und/oder die Zielmarke (46, 48) ist.

21. Anordnung 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 dem Tastelement (14) mehrere Zielmarken (46, 48) zugeordnet sind, die
vorzugsweise von der Tasterverlängerung (30) ausgehen oder Abschnitte von
dieser bilden.
22. Anordnung 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 Tasterverlängerung (30) L-förmig zur Ausrichtung auf eine optische
Achse (24) geboten ist..
23. Anordnung 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 Tasterverlängerung (30) endseitig als Tastelement (14) ausgebildet ist.
24. Anordnung 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 das Tastelement (14) und/oder die Zielmarke (46, 48, 50) auswechselbar
mit der Tasterverlängerung (30) verbunden sind.
25. Anordnung 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 das Tastelement (14) und/oder die Zielmarke (46, 48, 50) mit der Taster-
verlängerung (30) durch Kleben oder Schweißen verbunden sind.
26. Anordnung 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 der Taster (18) von einer um zumindest 3 Freiheitsgrade, vorzugsweise um

5 Freiheitsgrade justierbaren Halterung (30) vorzugsweise auswechselbar ausgeht.

27. Anordnung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Taster (18) von einer Halterung (20) ausgeht, die mit dem Sensor eine Einheit bildet bzw. mit dem Sensor verbunden ist.
28. Anordnung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Taster (18) dem Objekt (12) von dessen sensorzugewandten Seite zuführbar ist.
29. Anordnung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Tastelement (14) und/oder die Zielmarke (46, 48, 50) ein selbstleuchtendes elektronisches Element wie LED aufweist oder ein solches ist.
30. Anordnung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor ein Bildverarbeitungssensor ist.
31. Anordnung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor ein positionsempfindlicher Flächensensor ist.
32. Anordnung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Durchmesser des Tastelementes (14) in etwa 1- bis 3-fach größer als der der Tastverlängerung (38) ist.

33. Anordnung 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 das Tastelement (30) endseitig eine Zylinderform aufweist und als Tast-
element (14) ausgebildet ist.

34. Anordnung 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 Tasterverlängerung (30) zur Ausbildung des Tastelementes sphärisch
verrundet ist.

GEÄNDERTE ANSPRÜCHE

[beim Internationalen Büro am 9. November 1998 (09.11.98) eingegangen;
ursprüngliche Anspruch 1 geändert; alle weiteren Ansprüche unverändert (1 Seite)]

1. Verfahren zur Messung von Strukturen eines Objekts mittels eines einem Koordinatenmessgerät zugeordneten Tastelements, das mit dem Objekt in Berührung gebracht und sodann seine Position mittelbar oder unmittelbar bestimmt wird,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass die Position des Tastelements unmittelbar oder eine Position zumindest einer dem Tastelement unmittelbar zugeordneten Zielmarke mit einem optischen Sensor direkt bestimmt wird, wobei zur Messung der Struktur des Objektes mit dem optischen Sensor bestimmte Koordinaten des Tastelementes bzw. der Zielmarke mit denen des Koordinatenmessgerätes verknüpft werden.

Fig.1:

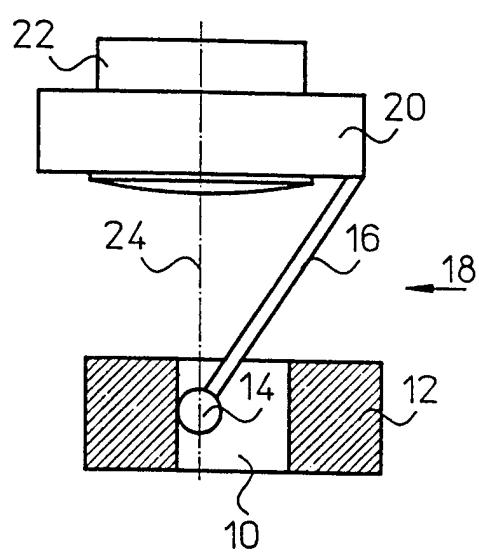


Fig.2:

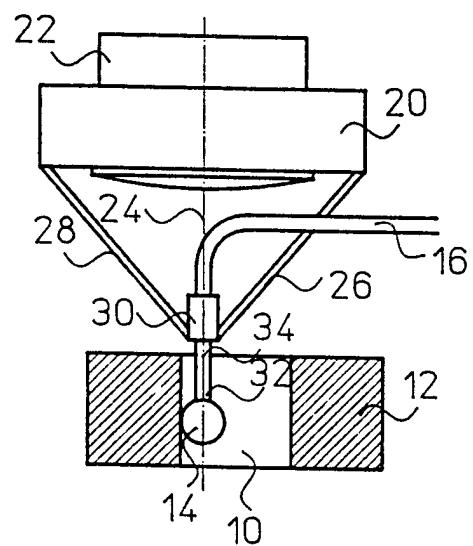


Fig.3:

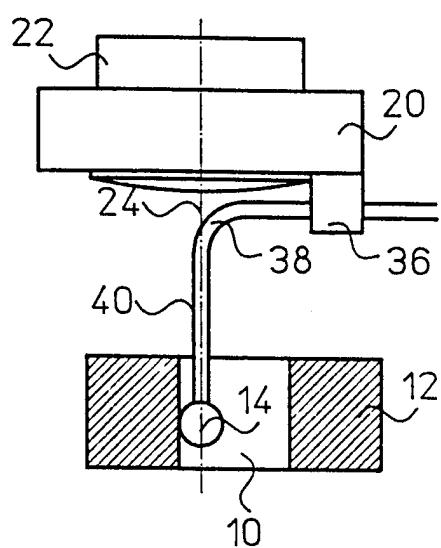


Fig.4:

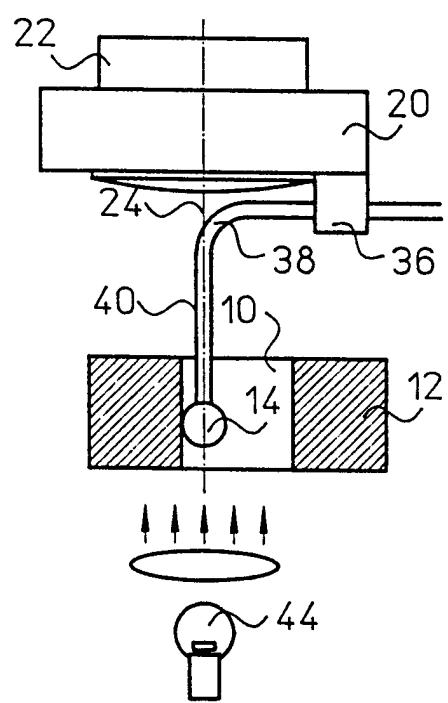


Fig.5:

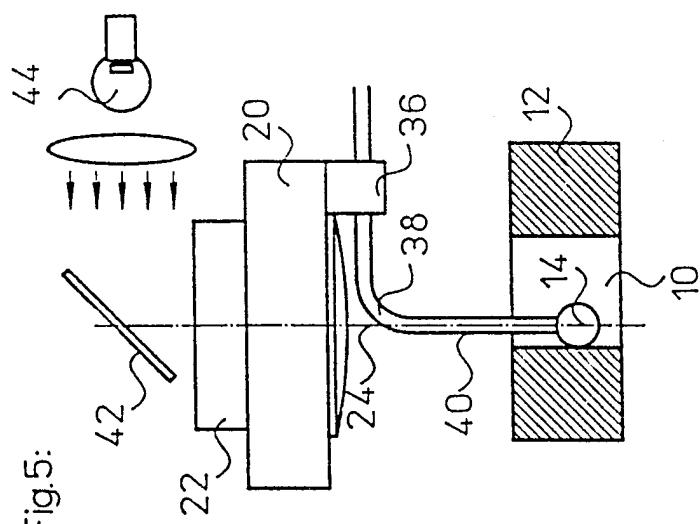


Fig.6:

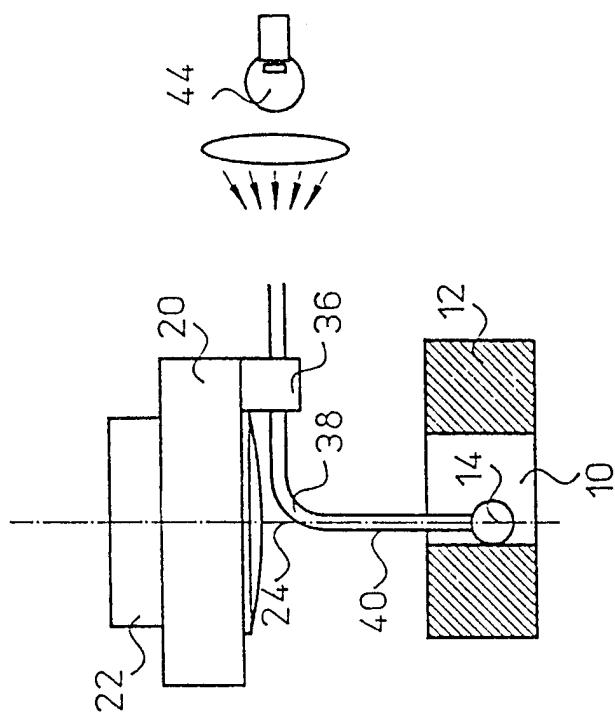


Fig. 7:

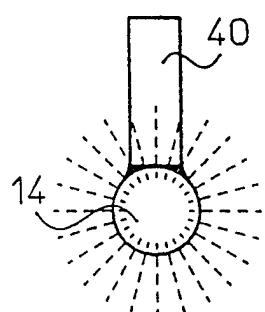


Fig. 8:

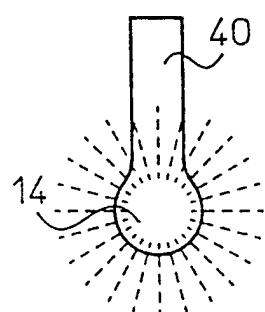
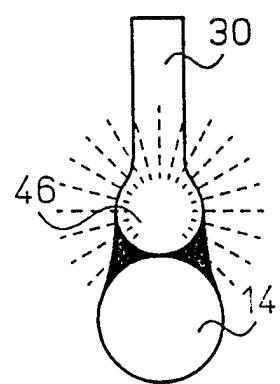


Fig. 9:



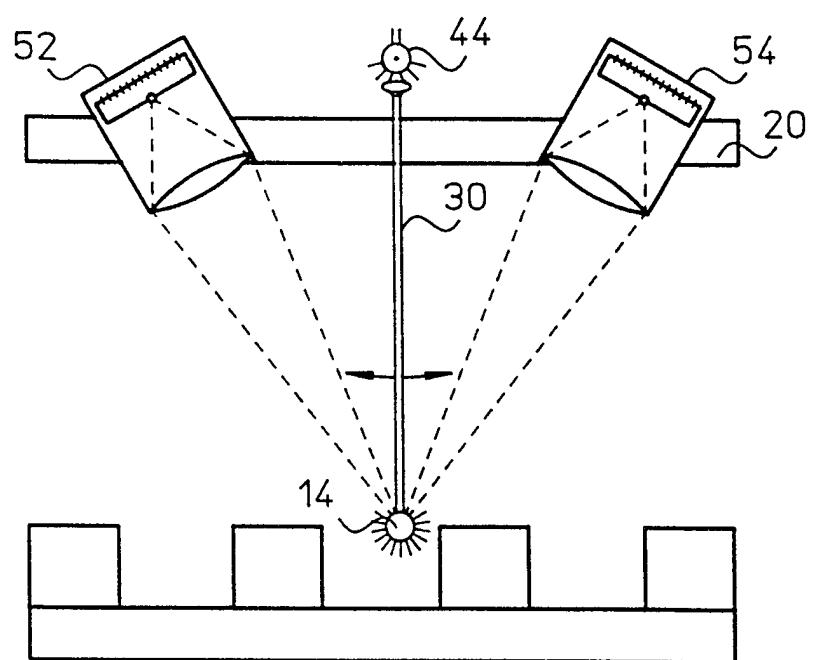


Fig. 10

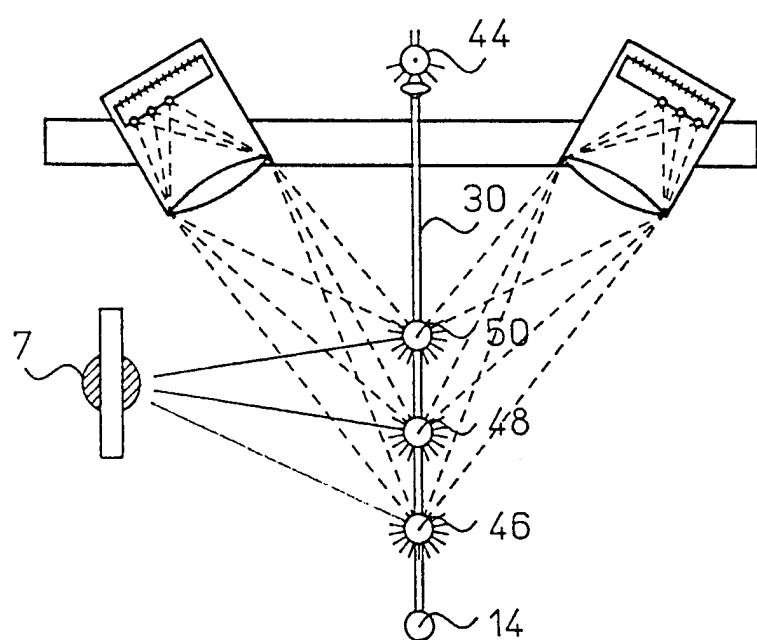


Fig. 11

7/7

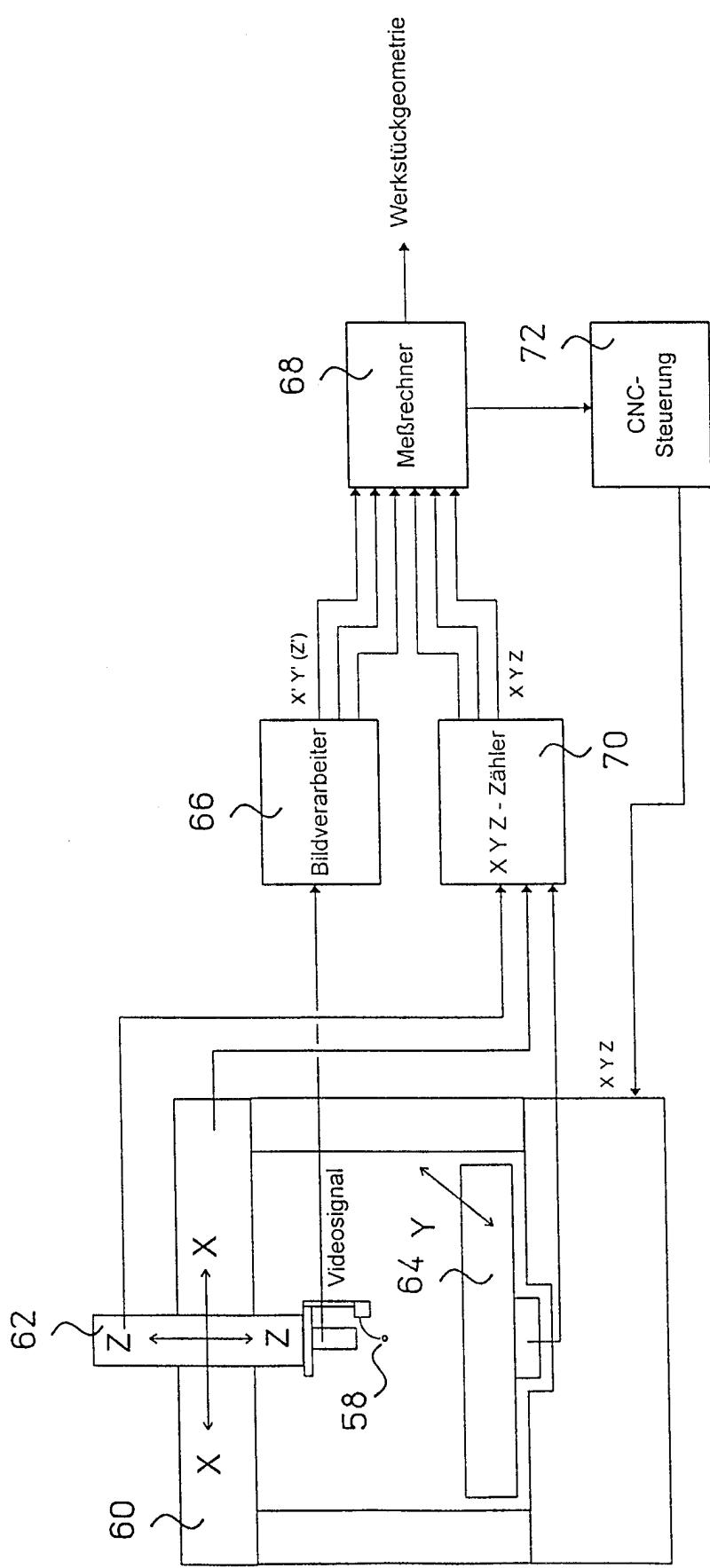


Fig. 12:

56

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 98/03526

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 G01B11/03

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 6 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)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 93 07443 A (METRONOR) 15 April 1993 see page 6, line 6 - page 7, line 14; figure 4 ---	1,3,6,11
X	WO 93 14375 A (VERNON GAUGING) 22 July 1993 see page 2, line 8 - line 27; figure 1 ---	1
X	WO 88 07656 A (RENISHAW) 6 October 1988 see page 2, line 16 - line 21; figure 1 ---	1
A	DE 195 14 815 A (HERR GERLACH) 24 October 1996 see column 3, line 12 - line 15; figure 1 ---	15 -/-

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

Date of mailing of the international search report

10 September 1998

21/09/1998

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

Mielke, W

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP 98/03526

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P,X	NL 1 003 175 C (HERR VAN VLIET ET AL.) 25 November 1997 see page 5, line 24 - page 6, line 14; figure 1 -----	1,15
1		

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Inte	rnal Application No
PCT/EP 98/03526	

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
WO 9307443	A 15-04-1993	NO AU AU CA DE DE EP JP US	174025 C 664393 B 2862192 A 2119769 A 69213749 D 69213749 T 0607303 A 6511555 T 5440392 A	02-03-1994 16-11-1995 03-05-1993 15-04-1993 17-10-1996 06-03-1997 27-07-1994 22-12-1994 08-08-1995
WO 9314375	A 22-07-1993	NONE		
WO 8807656	A 06-10-1988	NONE		
DE 19514815	A 24-10-1996	JP US	8338708 A 5646732 A	24-12-1996 08-07-1997
NL 1003175	C 25-11-1997	NONE		

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 98/03526

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 6 G01B11/03

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 6 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)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 93 07443 A (METRONOR) 15.April 1993 siehe Seite 6, Zeile 6 - Seite 7, Zeile 14; Abbildung 4 ---	1,3,6,11
X	WO 93 14375 A (VERNON GAUGING) 22.Juli 1993 siehe Seite 2, Zeile 8 - Zeile 27; Abbildung 1 ---	1
X	WO 88 07656 A (RENISHAW) 6.Oktober 1988 siehe Seite 2, Zeile 16 - Zeile 21; Abbildung 1 ---	1
A	DE 195 14 815 A (HERR GERLACH) 24.Oktober 1996 siehe Spalte 3, Zeile 12 - Zeile 15; Abbildung 1 ---	15
		-/-

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

10.September 1998

21/09/1998

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

Mielke, W

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 98/03526

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
P, X	NL 1 003 175 C (HERR VAN VLIET ET AL.) 25.November 1997 siehe Seite 5, Zeile 24 - Seite 6, Zeile 14; Abbildung 1 -----	1,15
1		

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

 Interr. als Aktenzeichen
PCT/EP 98/03526

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
WO 9307443	A 15-04-1993	NO 174025	C	02-03-1994
		AU 664393	B	16-11-1995
		AU 2862192	A	03-05-1993
		CA 2119769	A	15-04-1993
		DE 69213749	D	17-10-1996
		DE 69213749	T	06-03-1997
		EP 0607303	A	27-07-1994
		JP 6511555	T	22-12-1994
		US 5440392	A	08-08-1995
WO 9314375	A 22-07-1993	KEINE		
WO 8807656	A 06-10-1988	KEINE		
DE 19514815	A 24-10-1996	JP 8338708	A	24-12-1996
		US 5646732	A	08-07-1997
NL 1003175	C 25-11-1997	KEINE		