CH 681 656 A5

(19) SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 681 656 A5

(51) Int. Cl.[5]: G 01 B 11/03

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTSCHRIFT A5

(21) Gesuchsnummer: 3713/90

(22) Anmeldungsdatum: 23.11.1990

(30) Priorität(en): 13.12.1989 DE 3941144

(24) Patent erteilt: 30.04.1993

(45) Patentschrift veröffentlicht: 30.04.1993

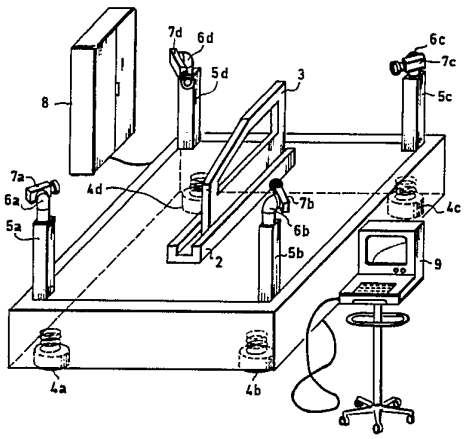
(73) Inhaber:
Firma Carl Zeiss, Heidenheim/Brenz (DE)

(72) Erfinder:
Heier, Helmut, Aalen (DE)
Koch, Klaus-Peter, Dr., Aalen (DE)
Breyer, Karl-Hermann, Dr., Heidenheim/Brenz (DE)

(74) Vertreter:
Patentanwaltsbüro Dr. W. Grimm, Oetwil am See

(54) Koordinatenmessgerät zur berührungslosen Vermessung von Objekten.

(57) An einem mit einer Schwingungsdämpfung (4) versehenen Tisch (1) für das zu vermessende Objekt (3) sind mehrere dreh- und schwenkbare Kameras (7a - d) angebaut. Deren Videosignale sind zusammen mit den Winkeldaten der Geber des für die Ausrichtung der Kameras benutzten Dreh/Schwenkgelenks dem Rechner des Koordinatenmessgerätes zugeführt.



Beschreibung

Für die taktile Objektvermessung sind Koordinatenmessgeräte in verschiedenen Bauformen bekannt. All diese Geräte besitzen einen in drei Raumrichtungen positionierbaren Messarm, an dessen Ende ein das zu vermessende Objekt mechanisch berührender Tastkopf befestigt ist.

Für Anwendungsfälle, in denen sehr grosse Werkstücke vermessen werden müssen oder eine hohe Punktdichte verlangt wird, sind diese Geräte weniger geeignet. Denn da jeder Messpunkt einzeln angefahren werden muss, ergeben sich hierbei relativ lange Messzeiten.

Es ist deshalb bereits auch vorgeschlagen worden, derartige Objekte optisch durch einen räumlichen Vorwärtseinschnitt von mindestens zwei Punkten aus, beispielsweise mit Hilfe von zwei Theodoliten zu vermessen.

Mit einfachen, manuell arbeitenden Systemen dieser Art ist aber ebenfalls keine signifikante Messzeitverkürzung zu erreichen, da dann ebenfalls wieder jeder Messpunkt einzeln vom Bedienpersonal mit beiden optischen Zielgeräten angepeilt werden muss.

Es ist daher bereits vorgeschlagen worden, die Achsen der Theodolite zu motorisieren und in den Strahlengang des Beobachtungsfernrohrs der Theodolite elektronische Sensoren in Form von CCD-Rameras einzukoppeln, deren Bild anschliessend automatisch in einer angeschlossenen Bildverarbeitungseinheit ausgewertet wird. Ein derartiges Messsystem ist beispielsweise in den VDI-Berichten Nr. 711, 1988, auf Seite 139–151 beschrieben.

Das bekannte System ist jedoch sehr aufwendig und teuer, da es für ein Messsystem zur Vermessung von Objekten aus dem industriellen Bereich eine ganze Reihe unnötiger Komponenten enthält. Denn die verwendeten Theodolite sind Spezialinstrumente für die Geodäsie und enthalten z.B. Kompensatoren, Horizontiervorrichtungen, mechanische Grob/Feintriebe für die Winkeleinstellung, mehrfach abgetastete Winkelkreise und eine Reihe von Bauteilen, die lediglich für eine manuelle Bedienung bzw. für geodätische Anwendungen erforderlich sind, nicht aber für Messungen an Industrieobjekten.

Andererseits liefern die Theodolite nur im horizontierten Zustand mit Lotrecht gestellter Stehachse brauchbare Winkelwerte. Dies wiederum schränkt die Anwendbarkeit für ein Messsystem zur Vermessung von Objekten im industriellen Bereich stark ein.

Absolut wird für industrielle Objekte eine bedeutend höhere Messgenauigkeit als im geodätischen Bereich gefordert. Denn die Abmessungen der interessierenden Objekte sollen auf wenige µm genau bestimmt werden. Das erfordert, dass die räumliche Zuordnung zwischen den für die Messung verwendeten Sensoren und dem Messobjekt selbst sich während eines Messzyklus möglichst nicht verändert, sondern in dem genannten Bereich stabil erhalten bleibt. Mit Theodoliten, die auf drei Füssen einfach neben dem zu vermessenden Objekt aufgestellt werden, lässt sich diese Forderung nur sehr schwer erfüllen. Denn aufgrund von Schwingungen, Temperatureinflüssen etc. ändern sich die Lagebeziehungen zwischen Objekt und Sensor.

In der EP-A1 0 256 968 ist ein Verfahren zur berührungslosen Vermessung von Objekten grosser Ausdehnung beschrieben, das mit zwei motorisch verdreh- bzw. schwenkbaren Videokameras arbeitet, deren Signale zusammen mit den Winkeldaten von den Dreh- bzw. Schwenkachsen zugeordneten Gebern einem Rechner zur Bestimmung der Koordinatenwerte zugeführt sind. Abgesehen davon, dass hier nicht gesagt ist, welchen Aufbau die benutzte Dreh- bzw. Schwenkeinrichtung besitzt, wird das Problem der lagemässigen Fixierung von Messobjekt und Sensor dort ebenfalls nicht angesprochen.

Schliesslich ist in der US-PS 4 226 536 ein berührungslos optisch arbeitendes Messsystem zur Konturvermessung von z.B. Rotorblättern beschrieben, bei denen je zwei Markenprojektoren und zwei elektro-optische Tracker an einem gemeinsamen Rahmen befestigt sind, der auf Schienen verfahrbar ist, so dass optische Schnitte über die ganze Länge des Objekts erzeugt und nach dem Triangulationsprinzip vermessen werden können.

Dieses System arbeitet ebenfalls relativ langsam, da der elektro-optische Tracker der über die Objektoberfläche bewegten Lichtmarke exakt nachgeführt werden muss. Konstante Lagebeziehungen zwischen dem Messsystem einerseits und dem zu vermessenden Objekt andererseits hängen von der Qualität der verwendeten Lager und Führungen des verschiebbaren Rahmens ab und lassen sich sicher nicht in dem oben angegebenen Bereich der Messgenauigkeit von wenigen µm einhalten.

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Koordinatenmessgerät zur berührungslosen Vermessung von Objekten zu schaffen, das die Nachteile des vorstehend beschriebenen Standes der Technik vermeidet und insbesondere stabile geometrische Beziehungen zwischen dem zu vermessenden Objekt und dem Messsystem während eines Messzyklus gewährleistet.

Diese Aufgabe wird mit den im Kennzeichen des Anspruchs 1 angegebenen Massnahmen dadurch gelöst, dass die motorisch dreh- und schwenkbaren Geber mit den Kameras an einen mit einer Schwingungsdämpfung versehenen Tisch für das zu vermessende Objekt angebaut sind.

Hierdurch entsteht ein von Umgebungseinflüssen weitgehend entkoppeltes berührungslos arbeitendes Koordinatenmessgerät, das abgesehen von den motorisch verdreh- bzw. schwenkbaren Kameras keine bewegten Teile besitzt, und mit dem auch Grossobjekte mit einer Vielzahl von Messpunkten sehr schnell vermessen werden können. Da die Kameras und das Werkstück zusammen an einem schwingungsgedämpften Tisch angebaut sind, bleibt die Lagebeziehung zwischen ihnen mit hoher Genauigkeit erhalten. Entsprechend lassen sich lange Messzyklen ohne Nachkalibrieren des Systems erzielen.

Das neue Koordinatenmessgerät besitzt ausserdem einen relativ einfachen Aufbau, denn viele Teile können aus bereits existierenden taktilen Koordi-

natenmessgeräten übernommen werden. So ist es beispielsweise nicht erforderlich, einen teuren Theodoliten als Träger für die Kameras vorzusehen. Hierfür kann vielmehr ein an sich bekanntes und in taktilen Koordinatenmessgeräten zur auswechselbaren Halterung von allseitig ausrichtbaren mechanischen Tastern am Messarm eines Koordinatenmessgerätes bisher eingesetztes Dreh/Schwenkgelenk verwendet werden. Ein solches Gelenk ist beispielsweise in der DE-A1 3 740 070 der Anmelderin beschrieben. Auch der schwingungsgedämpfte Werkstücktisch, an dem diese Gelenke mit den davon getragenen Kameras angebaut sind, kann der Tisch eines bekannten taktilen Koordinatenmessgerätes sein, wobei selbstverständlich eine präzise Bearbeitung von Führungsflächen nicht erforderlich ist, weil ja keine bewegten Teile auf diesen Tisch geführt werden müssen.

Es kann sogar zweckmässig sein, die Dreh/Schwenkgelenke mit den Gebern zusätzlich an den Tisch eines taktilen Koordinatenmessgerätes anzubauen. Ein derartiges kombiniertes Messgerät kann dann je nach der gewünschten Messaufgabe sowohl mechanisch einzelne Punkte antasten als auch eine Vielzahl von Messpunkten gleichzeitig optisch erfassen.

Zweckmässig ist es, wenn die die Kameras tragenden Dreh/Schwenkgelenke auf höhenverstellbaren Säulen befestigt sind. Dies ermöglicht es, das Messsystem an unterschiedliche Objektgeometrien anzupassen und inbesondere waagerechte optische Schnitte des zu vermessenden Objektes in unterschiedlichen Höhen aufzunehmen.

Es ist weiterhin vorteilhaft, wenn die Kameras mit einer entsprechenden Halterung auswechselbar an eine Aufnahmeplatte des Dreh/Schwenkgelenks angesetzt sind. Jede Kamera kann dann sehr einfach beispielsweise gegen einen Ziel-Markenprojektor ausgewechselt werden, mit dessen Hilfe Punkte auf glatten Objektoberflächen markiert werden.

Es ist weiterhin zweckmässig, in den Tisch für das zu vermessende Objekt einen Drehtisch zu integrieren. Dies erlaubt es, mit einer minimalen Anzahl von mindestens zwei Kameras die Objekte vollumfänglich zu vermessen.

Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachstehenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Fig. 1–6 der beigefügten Zeichnungen.

Fig. 1 ist eine perspektivische Darstellung eines berührungslos arbeitenden Koordinatenmessgerätes gemäss der Erfindung;

Fig. 2 ist eine perspektivische Darstellung eines abgewandelten, zweiten Ausführungsbeispiels der Erfindung;

Fig. 3 ist eine perspektivische Ansicht des Dreh/Schwenkgelenks (6a) aus Fig. 1;

Fig. 4 ist eine perspektivische Darstellung einer Kamera (7a) aus Fig. 1 mit Blick auf die auswechselbare Halterung;

Fig. 5 zeigt einen anstelle der Kamera (7a) aus Fig. 4 am Dreh/Schwenkgelenk nach Fig. 3 befestigbaren Markenprojektor;

Fig. 6 ist ein Blockschaltbild der wesentlichen Komponenten des Koordinatenmessgerätes aus Fig. 1.

Kernstück des in Fig. 1 dargestellten berührungslosen Koordinatenmessgerätes bildet ein stabiler Tisch (1) aus beispielsweise Granit, der gegen Umwelteinflüsse isoliert auf vier Schwingungsdämpfern (4a–d) ruht. Auf diesem Tisch (1) ist mittels einer Halterung (2) das zu vermessende Werkstück (3) aufgesetzt.

An den Ecken des Tisches sind vier starre Säulen (5a–5d) angebaut. Diese Säulen tragen vier motorisch dreh- und schwenkbare Gelenke (6a–d), die mit Winkelpositionsgebern für die Dreh- und die Schwenkachse ausgerüstet sind. Der genaue Aufbau dieser Gelenke (6a–d) ist in der DE-OS 3 740 070 beschrieben.

Die Dreh/Schwenkgelenke (6a–d) besitzen weder überflüssige Einrichtungen für die visuelle Beobachtung noch müssen sie nach dem Erdschwerefeld ausgerichtet werden. Vielmehr ist die exakte Lage der vier grob senkrecht ausgerichteten Drehachsen der Dreh/Schwenkgelenke (6a–d) einmal durch Kalibrierung bestimmt worden und im Rechner des Koordinatenmessgerätes abgelegt.

Wie aus der vergrösserten Darstellung nach Fig. 3 hervorgeht, besitzt jedes der Dreh/Schwenkgelenke, im dargestellten Fall das Gelenk (6a) eine Aufnahmeplatte (16), die mit drei Rasten (15) in Form von Kugelpaaren versehen ist. Diese Rasten (15) stellen eine lagegemässe hochgenau reproduzierbare Dreipunktauflage dar. An diese Dreipunktauflage ist je eine Kamera (7a–d) angesetzt. Aus Fig. 4 ist ersichtlich, dass am Kameragehäuse eine entsprechende Halterung (14) mit drei radial ausgerichteten walzenförmigen Zentrierkörpern (13) vorgesehen ist, die sich auf den Kugelpaaren (15) des betreffenden Dreh/Schwenkgelenks (6a) abstützen und dort durch Magnetkräfte sicher gehalten sind.

Zur motorischen Ausrichtung der Dreh/Schwenkgelenke (6a–d) und zur Verarbeitung der Messwerte der Winkelwerte ihrer Geber dient eine Steuerung, die in dem mit (8) bezeichneten Schrank untergebracht ist. Dieser Schrank enthält auch die Elektronik zur Versorgung der Kameras (7a–d) und zur Verarbeitung und Abspeicherung ihres Videosignals. Der Kontakt zwischen Kamera und Dreh/Schwenkgelenk wird durch entsprechende Kontaktstifte auf der Wechselfläche der Aufnahme (16) des Dreh/Schwenkgelenks bzw. der Wechselhalterung (14) an der Kamera sichergestellt. Mit (9) ist eine verfahrbare Eingabetastatur bezeichnet, die an den Steuerschrank (8) angeschlossen ist und mit der das Koordinatenmessgerät bedient werden kann.

Die Kameras (7a–d) des Koordinatenmessgerätes in Fig. 1 können deshalb mit Hilfe der Dreh/Schwenkgelenke bezüglich der optischen Achse ihres Objektivs (12) in alle Raumrichtungen ausgerichtet werden und erlauben die vollständige berührungslose Vermessung des Werkstücks (3) wie nachher noch beschrieben wird.

Über die durch die Aufnahme (16) an den Dreh/Schwenkgelenken (6a–d) gebildeten Schnittstellen ist es nun leicht möglich, andere für die optische

Vermessung des Werkstücks (3) geeignete Sensoren oder Beleuchtungseinrichtungen einzuwechseln. Beispielsweise lässt sich anstatt einer Kamera der in Fig. 5 dargestellte Ziel-Markenprojektor (17) einwechseln, mit dem auf unstrukturierte Bereiche des Objekts (3) Lichtpunkte projiziert werden, deren Position dann mit einer oder mehreren Kameras ausgemessen wird. Die Kameras (7a–d) lassen sich ausserdem gegen Fixfokuskameras mit anderer Brennweite oder mit unterschiedlichen, an das zu vermessende Objekt (3) angepassten Arbeitsabständen austauschen. Gleichfalls ist es möglich, Einrichtungen zur Beleuchtung des gesamten Objektes an die Aufnahmeplatte (16) anzusetzen. Die Halterungen (14) an einer Kamera (7a) bzw. einem Markenprojektor (17) ist hierbei so angebracht, dass ihre Symmetrieachse durch den Schwerpunkt des betreffenden Gerätes geht und das Gerät dementsprechend drehmomentfrei am Dreh/Schwenkgelenk aufgenommen ist.

Die Kameras (7a–d) besitzen ein sogenanntes flächenhaftes CCD-Array als lichtempfindlichen Flächensensor. Mit solchen Sensoren erreicht man typischerweise Auflösungen von ca. 500 × 500 Bildelementen. Die Bildfläche eines Sensors ist in der Regel kleiner als 50 mm². Diese von der Anzahl der Bildelemente her begrenzte Auflösung ist für hochgenau Vermessungen von Industrieobjekten in der Regel nicht ausreichend. Es ist daher erforderlich, das Objekt in mehreren Teilbildern zu erfassen und die räumliche Lage der Teilbilder in verschiedenen Winkelstellungen der Dreh/Schwenkgelenke zu erfassen und die räumliche Lage der Teilbilder in einem gemeinsamen Koordinatensystem zu bestimmen, in dem die von den Dreh/Schwenkgelenken (6a–d) gelieferten Winkelpositionswerte in den verschiedenen Stellungen zusammen mit den von der Kamera gelieferten Lageinformationen des interessierenden Messpunktes in der Bildebene des Sensors miteinander verrechnet werden. Bei einem Bildfeld der Videokamera von z.B. 2° × 2° ist deshalb erforderlich, dass jedes Dreh/Schwenkgelenk (7) die darauf aufgebaute Kamera grob auf ca. 1° positioniert und dann bei Stillstand den exakten Winkelwert dem Rechner des Koordinatenmessgerätes meldet.

Der mit dem Koordinatenmessgerät nach Fig. 1 durchgeführte Messablauf lässt sich am besten anhand des Blockschaltbilds nach Fig. 6 beschreiben. Dort ist mit (18) die Steuerung bezeichnet, von der die vier Dreh/Schwenkeinrichtungen (6a–d) auf Kommandobefehle des Rechners (10) hin die Dreh/Schwenkeinrichtungen (6a–d) so positionieren, dass die darauf befestigenden Kameras (7a–d) jeweils paarweise interessierende Objektpunkte im Bildfeld ihres CCD-Sensors aufnehmen.

Die Videosignale der Kameras (7a–d) sind einer Bildverarbeitungselektronik (11) zugeführt, die einen Bildspeicher (29) besitzt. In diesen Bildspeicher können für jede Videokamera mehrere Bilder abgespeichert werden, die den verschiedenen Winkelstellungen der Kamera entsprechen.

Während eines Messzyklus wird also die Objektoberfläche in verschiedenen Winkelstellungen der Kameras vollständig aufgenommen, die aufgenommenen Bilder im Bildspeicher (29) abgespeichert und anschliessend die in den Bildern zweier verschiedener Kameras gleichzeitig auftretenden interessierenden Objektdetails wie z.B. Kanten, Marken etc. im Bildkoordinatensystem des Sensors der jeweiligen Kamera herausgearbeitet. Diese von den Kameras gelieferten Lagemesswerte werden an den Rechner (10) des Koordinatenmessgerätes übergeben. Gleichzeitig erhält der Rechner (10) von der Steuerung (18) der vier Dreh/Schwenkgelenke die Winkelmesswerte, die den Orientierungen der Kameras zum Zeitpunkt der Bildaufnahme entsprechen. Diese Winkelmesswerte geben in Verbindung mit der Lage des Projektionszentrums des Objektivs (12) jeder Kamera die Orientierung des Bildkoordinatensystems im gemeinsamen Koordinatensystem des Gesamtgerätes wieder. Der Rechner ist daher in der Lage, mit den aus der Photogrammetrie bekannten Algorithmen des räumlichen Vorwärtseinschnitts die Objektkoordinaten eindeutig aus den gelieferten Winkelmesswerten, allen gespeicherten Kalibrierdaten und den von der Bildverarbeitungseinrichtung selbst gelieferten Messdaten zu berechnen.

In diese Berechnung geht die exakte Einbaulage der vier Dreh/Schwenkgelenke sowie die Rechtwinkligkeit der jeweiligen Drehachse relativ zur Schwenkachse ein. Diese Kalibrierdaten sind für die vier Dreh/Schwenkgelenke einmal bestimmt und in dem Speicher (19) des Rechners (10) des Koordinatenmessgerätes abgelegt. Der Speicher (19) enthält ausserdem Kalibrierdaten der vier Videokameras (7a–d). Dies sind Daten, die Geometrieabweichungen des Sensors selbst sowie die Verzeichnung der Objektive (12) der Videokameras beinhalten.

Zur Ausgabe der unter Berücksichtigung der Kalibrierdaten aus dem Speicher (19) berechneten Objektkoordinaten ist eine Ausgabeeinheit (20) vorgesehen.

Die Vermessung des kompletten Werkstücks kann bei entsprechend gross dimensionierten Bildspeichern «in einem Zuge» erfolgen, indem alle interessierenden Messpunkte zunächst aufgenommen und die entsprechenden Teilbilder abgespeichert werden. Der für die Auswertung der Bilder erforderliche Rechenprozess kann dann anschliessend erfolgen, während bereits das nächste zu vermessende Werkstück auf den Tisch (1) des Koordinatenmessgerätes aufgelegt wird. Bei begrenztem Bildspeicherplatz bzw. ausgedehnten Objekten, die in eine Vielzahl von Teilbildern zerlegt werden müssen, wird der Rechenprozess für die Auswertung parallel oder intermittierend zur eigentlichen Objektvermessung ablaufen. Dann ist es besonders wichtig, dass die räumliche Zuordnung zwischen dem Werkstück und der Lage der Drehachsen der Dreh/Schwenkgelenke (6a–d) exakt erhalten bleibt. Dies ist durch den beschriebenen stabilen Aufbau gewährleistet. Gleiches gilt auch für das reproduzierbare Anbringen der Videokameras (7a–d) an den Aufnahmen (16) der Dreh/Schwenkgelenke (6a–d). Nach einem Auswechselvorgang müssen diese ihre Position hochgenau wieder einnehmen, wenn ein zeitaufwendiges Nachkali-

brieren der Kamerapositionen vermieden werden soll.

In Fig. 2 ist ein leicht abgewandeltes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemässen Koordinatenmessgerätes dargestellt. Gleiche Teile wie Tisch, Steuerschrank, Tastatur und Schwingungsdämpfer sind mit im Vergleich zu Fig. 1 um 20 höheren Bezugsziffern versehen und auf ihre nochmalige Beschreibung kann hier verzichtet werden. Im Unterschied zum Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 sind in Fig. 3 nur zwei Kameras (27a und 27b) an einer Seite des Tisches (21) befestigt. Um das Objekt (23) voll umfänglich vermessen zu können, ist dieses auf einem Drehtisch (22) aufgenommen, der in den eigentlichen Werkstücktisch (21) integriert ist. Die Kamera (27a und b) und die sie haltenden Dreh/Schwenkgelenke (26a und b) sind höhenverstellbar in zwei teleskopartig auseinanderschiebbaren Säulen (25a und b) befestigt. Hierbei sind die beweglichen Teile der Säulen mit (28a und 28b) bezeichnet. Weiterhin ist zwischen den beiden Säulen (25b und 25c) eine dritte Säule (25c) am Tisch (21) befestigt, deren Teleskopauszug (28c) über ein darauf befestigtes Dreh/Schwenkgelenk (26c) einen Markenprojektor (17) trägt.

Der Markenprojektor (17) dient dazu, ausgewählte Punkte auf der Oberfläche des Objekts (23) mit einem Laserspot zu markieren, wobei die markierten Stellen dann gleichzeitig von den beiden Kameras (27a und 27b) angezielt und vermessen werden.

Auf dem Tisch (21) sind ausserdem drei Kalibrierkörper (29a, b und c) in Form von aufgestelzten Kugeln angebracht. Diese Kalibrierkörper dienen dazu, um in den Pausen, während der das Werkstück (23) gewechselt wird, die Lage der Kameras (27a und 27b) durch einen optischen Rückwärtsschnitt zu rekalibrieren und hierbei insbesondere den Abstand a sowie die über die Auszüge (28a und 28b) einstellbaren Höhen b1 und b2 der beiden Drehachsen der Dreh/Schwenkgelenke (26a und b) hochgenau zu bestimmen.

Der schaltungstechnische Aufbau des Koordinatenmessgerätes aus Fig. 2 entspricht dem in Fig. 6 für das Koordinatenmessgerät aus Fig. 1 dargestellten im wesentlichen, mit dem Unterschied, dass der Rechner des Koordinatenmessgerätes zusätzlich den vom Drehtisch (22) gelieferten Winkelwert bei der Koordinatenberechnung mitberücksichtigt.

Patentansprüche

1. Koordinatenmessgerät zur berührungslosen Vermessung von Objekten mittels mehrerer Kameras (7; 27), die auf motorisch dreh- und schwenkbaren Winkelpositionsgebern (6; 26) befestigt und im gegenseitigen Abstand neben dem Objekt aufgestellt sind und deren Videosignale zusammen mit den Winkeldaten der Geber (7; 27) einem Rechner (10) zur Bestimmung der Koordinatenwerte zugeführt sind, dadurch gekennzeichnet, dass die motorisch dreh- und schwenkbaren Geber (6; 26) mit den Kameras (7; 27) an einen mit einer Schwingungsdämpfung (4; 24) versehenen Tisch (1; 21) für das zu vermessende Objekt (3; 23) angebaut sind.

2. Koordinatenmessgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Geber (26) jeweils auf höhenverstellbaren Säulen (28) befestigt sind.

3. Koordinatenmessgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass den dreh- und schwenkbaren Gebern (6) jeweils eine Aufnahmeplatte (16) zugeordnet ist und die Kameras (7) mit einer entsprechenden Halterung (14) versehen sind und auswechselbar an der Aufnahmeplatte (16) befestigt sind.

4. Koordinatenmessgerät nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass ein oder mehrere Ziel-Markenprojektoren (17) vorgesehen sind, die anstelle einer Kamera (7a) auswechselbar an der Aufnahmeplatte (16) befestigbar sind.

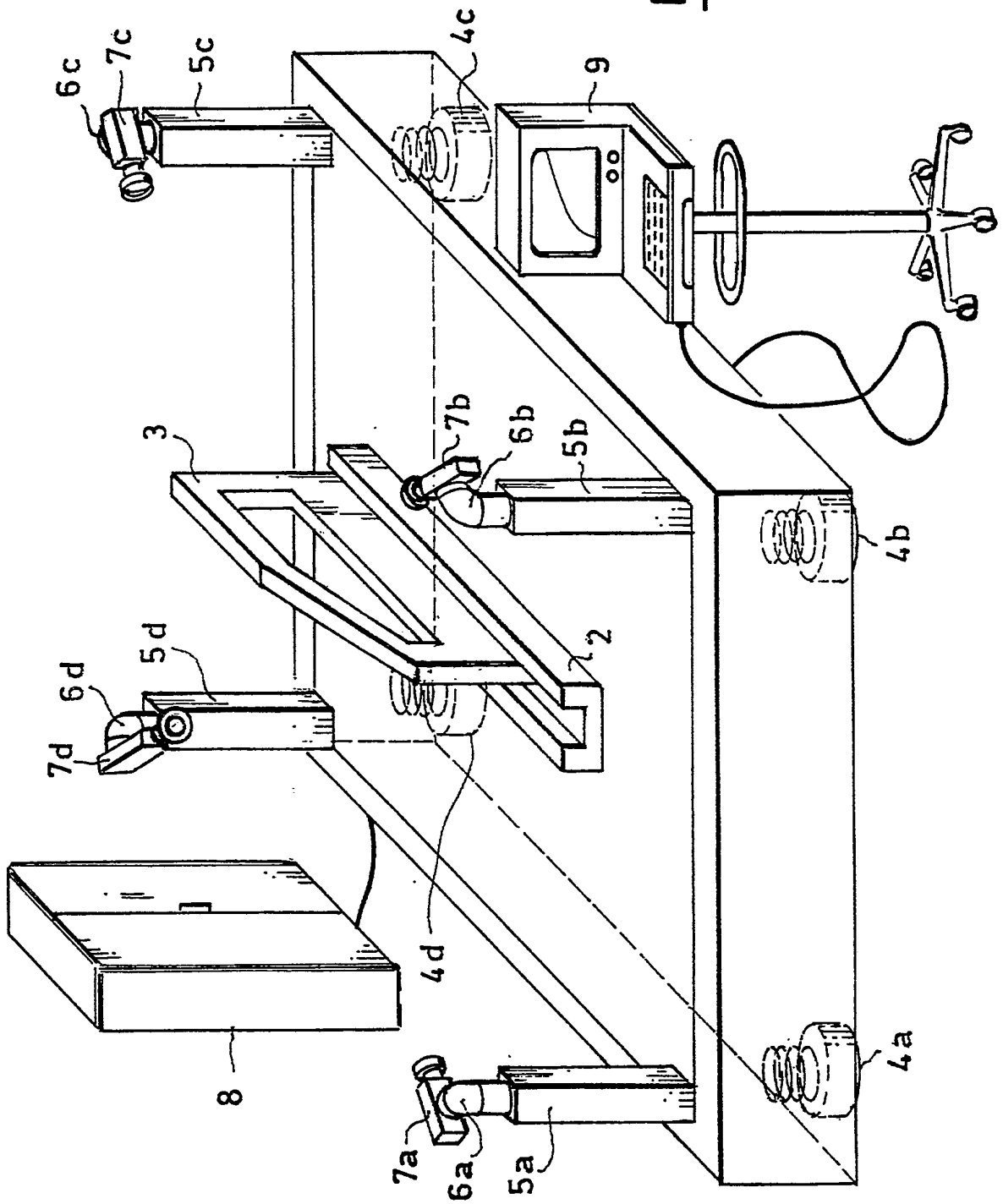
5. Koordinatenmessgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in den Werkstücktisch (21) ein Drehtisch (22) integriert ist und die Winkeldaten des dem Drehtisch zugeordneten Messsystems ebenfalls dem Rechner (10) zugeführt sind.

6. Koordinatenmessgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass auf dem Tisch (21) mehrere Kalibrierkörper (29a, b) im Bildfeld der Kameras (26a, c) aufgestellt sind.

7. Koordinatenmessgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Koordinatenmessgerät eine Bildverarbeitungseinrichtung (11) besitzt, der mehrere Bildspeicher (29) für jede der Kameras (7a–c) zugeordnet sind.

8. Koordinatenmessgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Rechner (10) einen Speicher (19) besitzt, in dem Kalibrierwerte abgelegt sind, die z.B. die Achslagen der Winkelgeber (6a–c) bzw. die Kalibrierung der Kameras (7a–c) beschreiben.

Fig. 1



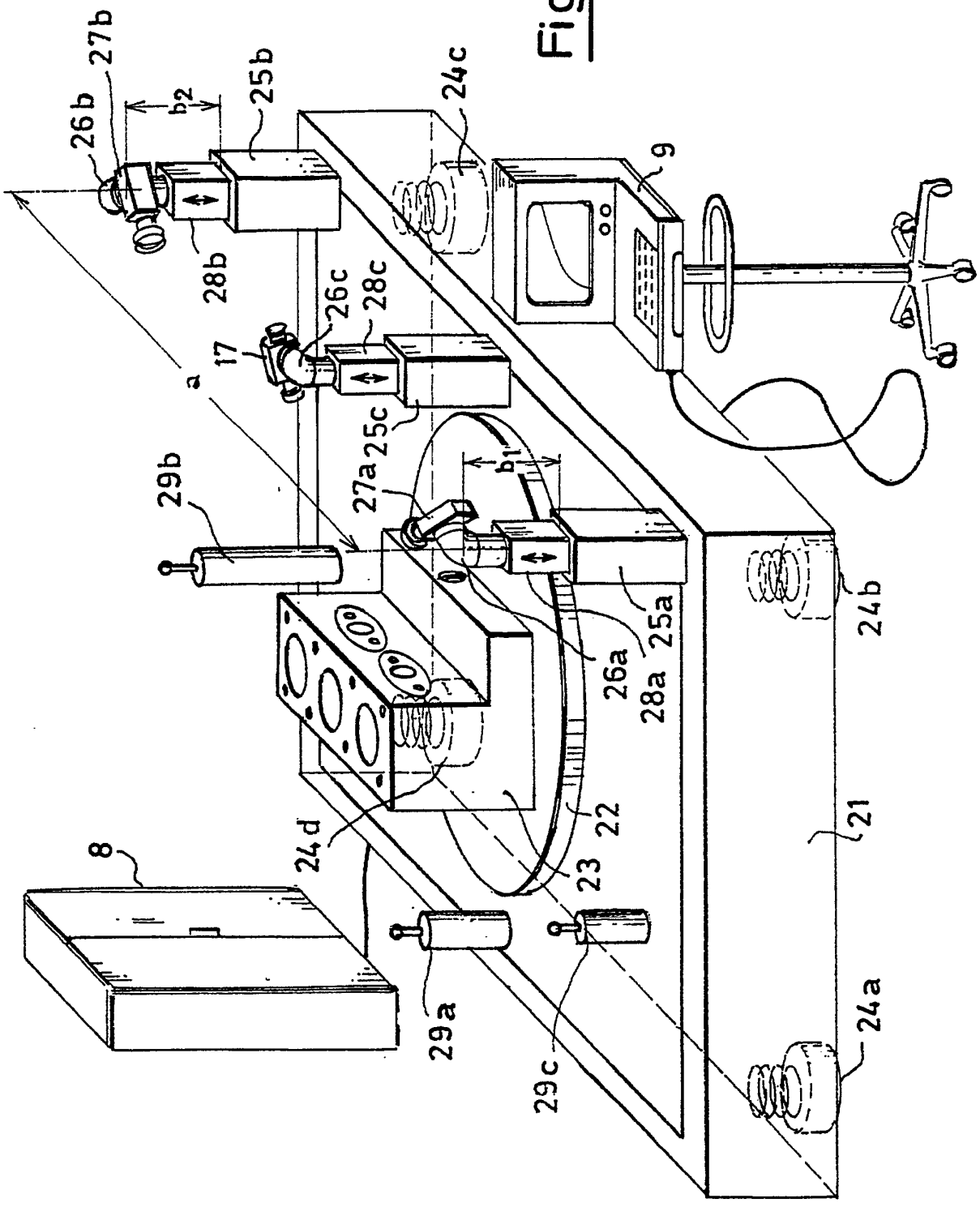

26b
27b
b2
25b
24c
9
28b
26c
28c
17
a
25c
27a
b1
29b
25a
26a
28a
24b
24d
22
23
21
8
29a
29c
24a

Fig. 2

Fig. 5

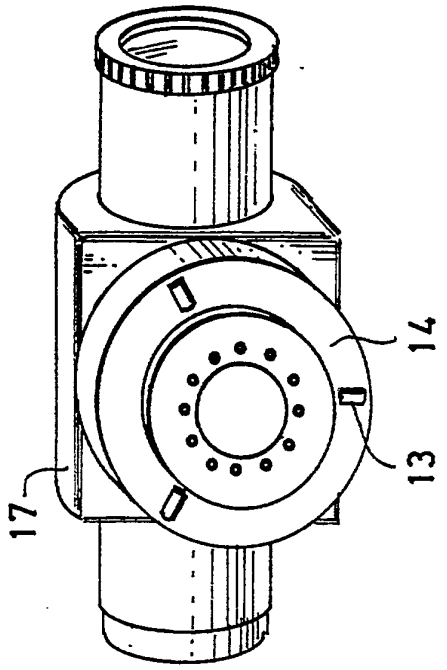


Fig. 3

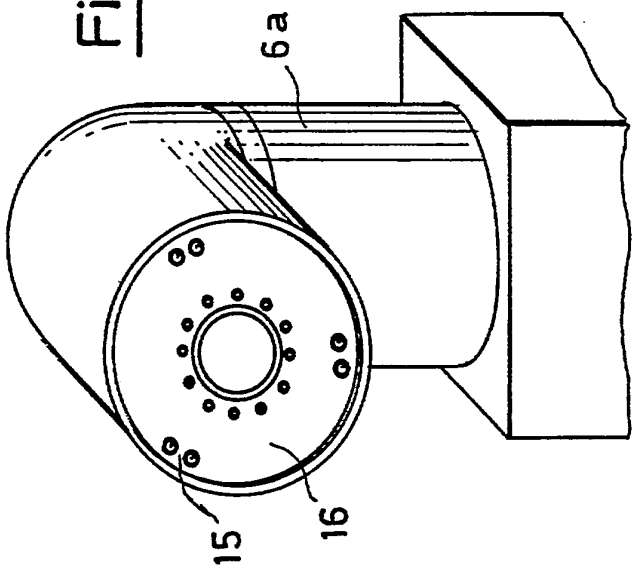


Fig. 4

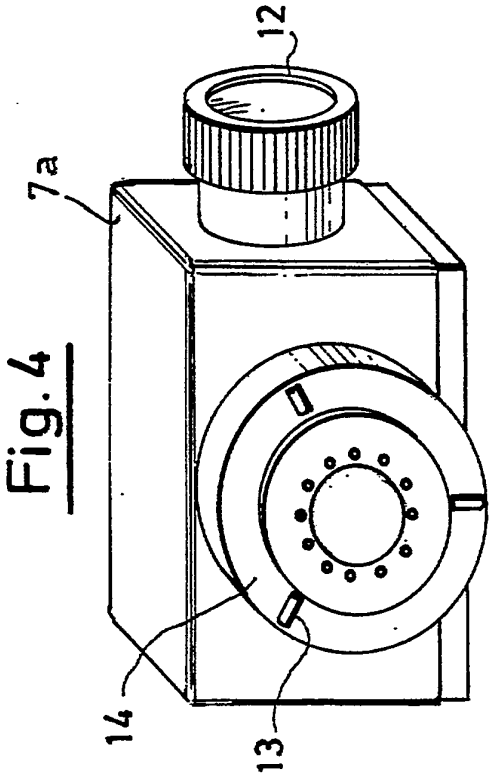
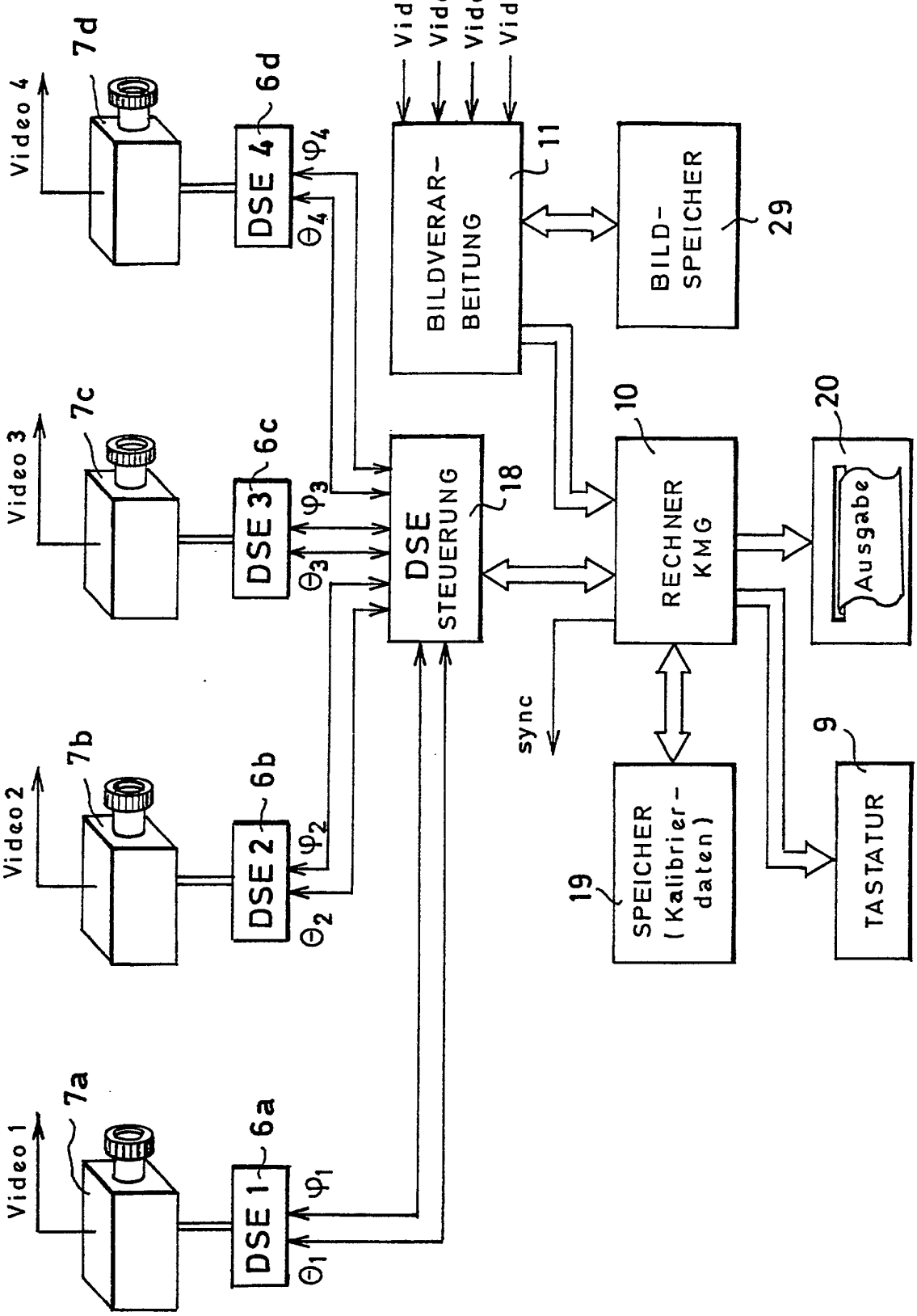


Fig.6


Video 1
Video 2
Video 3
Video 4
7a
7b
7c
7d
6a
6b
6c
6d
DSE 1
DSE 2
DSE 3
DSE 4
φ_1
φ_2
φ_3
φ_4
Θ_1
Θ_2
Θ_3
Θ_4
DSE STEUERUNG
18
BILDVERAR-BEITUNG
11
BILD-SPEICHER
29
RECHNER KMG
10
Ausgabe
20
sync
SPEICHER (Kalibrier-daten)
19
TASTATUR
9