



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2007 038 785 A1** 2009.02.19

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 038 785.9**

(22) Anmeldetag: **06.08.2007**

(43) Offenlegungstag: **19.02.2009**

(51) Int Cl.⁸: **G01B 11/00** (2006.01)
G01B 11/24 (2006.01)

(71) Anmelder:
Carl Zeiss Industrielle Messtechnik GmbH, 73447 Oberkochen, DE

(74) Vertreter:
Duhme, T., Dipl.-Ing.Univ. Dr.-Ing., Pat.-Anw., 70173 Stuttgart

(72) Erfinder:
Beck, Rolf, 73728 Esslingen, DE

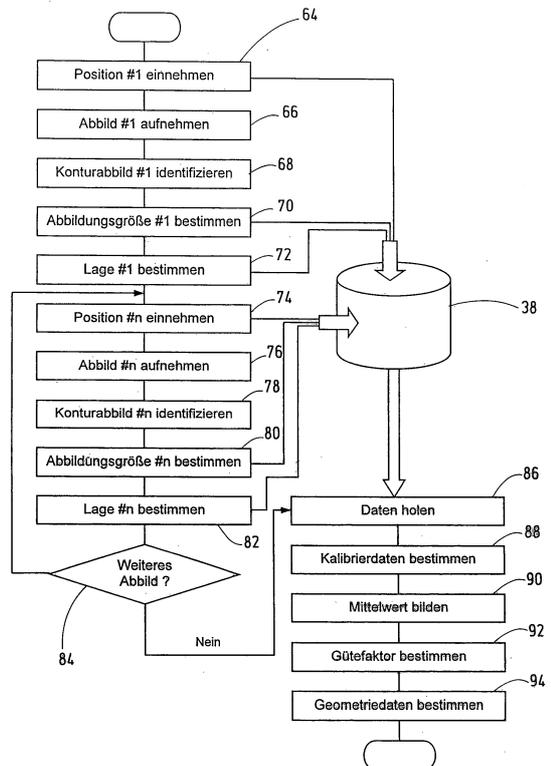
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
EP 13 78 790 B1
EP 08 66 308 B1
Luhmann, T.: Nahbereichsphotogrammetrie. 2. Auflage, 2003, S. 502-513.; Dron, L.: Dynamic Camera Self-Calibration from Controlled Motion Sequences. In : IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 1993, S. 501-506; Hartley, R.I.: Self-Calibration from Multiple Views with a Rotating Camera. In: Proceedings of the third European Conference on Computer Vision (vol. 1), 1994, S. 471-478;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum Bestimmen von Geometriedaten eines Messobjekts**

(57) Zusammenfassung: Ein Messobjekt (18), das zumindest eine Kontur (19) mit einer definierten Abmessung aufweist, wird mit Hilfe eines Bildaufnehmers (12) aufgenommen. Dabei befindet sich der Bildaufnehmer (12) an einer ersten bekannten Position relativ zu dem Messobjekt (18). Das erste Abbild (44) zeigt die definierte Abmessung in einer ersten Abbildungsgröße (48). Aus den Bilddaten werden Geometriedaten bestimmt, wobei Kalibrierdaten, die einen Abbildungsfaktor zwischen dem ersten Abbild (44) und dem Messobjekt (18) repräsentieren, verwendet werden. Gemäß einem Aspekt der Erfindung wird ein zweites Abbild des Messobjekts (18) einschließlich eines zweiten Konturabbildes (46') an einer zweiten Position des Bildaufnehmers (12) relativ zu dem Messobjekt (18) aufgenommen. Die Kalibrierdaten werden in Abhängigkeit von der ersten und der zweiten Position und in Abhängigkeit von der ersten und zweiten Abbildungsgröße (48, 48') bestimmt.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen von Geometriedaten eines Messobjekts, das zumindest eine Kontur mit einer definierten Abmessung aufweist, mit den Schritten:

- Aufnehmen von zumindest einem ersten Abbild des Messobjekts mit Hilfe eines Bildaufnehmers, der an einer ersten bekannten Position relativ zu dem Messobjekt angeordnet ist, wobei das erste Abbild ein erstes Konturabbild enthält, das die definierte Abmessung in einer ersten Ansicht zeigt,
- Bestimmen von ersten Bilddaten des Messobjekts aus dem ersten Abbild, und
- Bestimmen der Geometriedaten aus den ersten Bilddaten unter Verwendung von Kalibrierdaten, die eine Abbildungsfunktion zwischen dem ersten Abbild und dem Messobjekt repräsentieren.

[0002] Die Erfindung betrifft außerdem eine Vorrichtung zum Bestimmen von Geometriedaten eines Messobjekts, das zumindest eine Kontur mit einer definierten Abmessung aufweist, mit einem Bildaufnehmer zum Aufnehmen von zumindest einem ersten Abbild des Messobjekts an einer ersten definierten Position, wobei der Bildaufnehmer relativ zu dem Messobjekt verfahrbar ist, und wobei das erste Abbild ein erstes Konturabbild enthält, das die definierte Abmessung in einer ersten Ansicht zeigt, ferner mit einer Bilddatenbestimmungseinheit zum Bestimmen von ersten Bilddaten des Messobjekts aus dem ersten Abbild, und mit einer Geometriedatenbestimmungseinheit zum Bestimmen der Geometriedaten aus den ersten Bilddaten unter Verwendung von Kalibrierdaten, die eine Abbildungsfunktion zwischen dem ersten Abbild und dem Messobjekt repräsentieren.

[0003] Ein solches Verfahren und eine solche Vorrichtung sind beispielsweise aus EP 0 866 308 B1 bekannt.

[0004] Diese Druckschrift beschreibt einen optischen Sensor zum Bestimmen von Geometriedaten eines Werkstücks und insbesondere zum Bestimmen der Abmessungen und des Profils einer Kante an einem Flugzeugpropellerblatt. Die bekannte Vorrichtung besitzt zwei Bildaufnehmer in Form von Kameras, die aus verschiedenen Richtungen auf die Kante des Propellerblattes blicken. Dabei wird ein Lichtmuster auf die Kante projiziert. Eine Auswertung der von beiden Kameras gelieferten Bilddaten ermöglicht es, die geometrischen Abmessungen der Kante und deren Formverlauf zu bestimmen. Voraussetzung hierfür ist allerdings, dass die beiden Kameras kalibriert sind, d. h. der prinzipielle Zusammenhang zwischen den Bilddaten der Kameras und den realen Abmessungen eines aufgenommenen Objekts muss bekannt sein. Dieser Zusammenhang wird in einem Kalibriervorgang, der der Vermessung eines Propel-

lerblattes vorausgeht, mit Hilfe eines bekannten Kalibrierobjekts ermittelt.

[0005] Das Kalibrierobjekt für die bekannte Vorrichtung besitzt ein Referenzmuster mit einer Vielzahl von matrixartig angeordneten Quadraten, deren Position relativ zu einem Anschlag exakt bekannt ist. Das Kalibrierobjekt wird mit Hilfe der Kameras aus wechselnden Entfernungen aufgenommen. Anhand der bekannten Positionen der Quadrate lassen sich dann Transformationsgleichungen bestimmen, die den Zusammenhang zwischen den Bilddaten und den realen Geometriedaten beschreiben.

[0006] DE 10 2004 054 876 B3 offenbart eine Vermessungseinrichtung zur 3D-Vermessung von Zahnmodellen, wie etwa einer Zahnprothese. Die Vermessungseinrichtung beinhaltet eine Messkamera, mit der das Zahnmodell aufgenommen wird. Das Modell ist dabei auf einer Halterung angeordnet, die in einer bekannten Position relativ zu der Messkamera steht. Die Kalibrierung der Messkamera erfolgt auch hier anhand eines Referenzobjektes, das in diesem Fall ein sehr präzise gefertigter Zylinderkörper ist.

[0007] Nach einer Vorgehensweise, die in DE 197 43 811 C2 beschrieben ist, erfolgt die Kalibrierung anhand von einer Platte, die in unterschiedlichen Entfernungen von einer Messkamera positioniert wird. Bei jeder Entfernung wird die Platte mit einem definierten Lichtmuster beleuchtet und die zugehörige Entfernung wird mit einem geeichten Längenmaß bestimmt.

[0008] EP 0 216 587 B1 schlägt eine optische Messvorrichtung vor, bei der ein optisch erzeugtes Referenzgitter anstelle von einem mechanischen Referenzobjekt zur Kalibrierung dienen soll.

[0009] Den bekannten Verfahren und Vorrichtungen ist gemeinsam, dass die Kalibrierung vor der Durchführung der eigentlichen Messaufgabe erfolgen muss, so dass die Kalibrierung einen zusätzlichen Arbeitsschritt darstellt, der die Durchführung der Messaufgabe verzögert. Dies ist besonders von Nachteil, wenn die Kalibrierung häufig wiederholt werden muss, weil sich beispielsweise der Aufbau der Messvorrichtung verändert. Letzteres kann beispielsweise der Fall sein, wenn der Bildaufnehmer mit einem Zoomobjektiv versehen ist, weil die Kalibrierung in Abhängigkeit von der verwendeten Zoomstufe variieren kann. Soll die Zoomstufe während der Vermessung eines Messobjekts verändert werden, kann es erforderlich sein, die Kalibrierung zu wiederholen, bevor mit der neuen Zoomstufe gearbeitet wird. Es ist leicht einzusehen, dass der Kalibrieraufwand die Durchführung der Messung erschwert.

[0010] Angesichts dessen ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, den Aufwand für die Kalib-

rierung bei einem Verfahren und einer Vorrichtung der eingangs genannten Art zu reduzieren, um die Bestimmung von Geometriedaten eines Messobjekts mit Hilfe eines Bildaufnehmers zu vereinfachen. Allerdings soll die Messgenauigkeit nicht beeinträchtigt werden, d. h. der reduzierte Kalibrieraufwand soll nicht zu Lasten der Messgenauigkeit gehen.

[0011] Diese Aufgabe wird nach einem ersten Aspekt der Erfindung durch ein Verfahren der eingangs genannten Art gelöst, bei dem ein zweites Abbild des Messobjekts einschließlich eines zweiten Konturabbildes an einer zweiten bekannten Position des Bildaufnehmers relativ zu dem Messobjekt aufgenommen wird, wobei das zweite Konturabbild die definierte Abmessung in einer zweiten Ansicht zeigt, und wobei die Kalibrierdaten in Abhängigkeit von der ersten und der zweiten Position und in Abhängigkeit von der ersten und zweiten Ansicht bestimmt werden.

[0012] Nach einem weiteren Aspekt der Erfindung wird diese Aufgabe durch eine Vorrichtung der eingangs genannten Art gelöst, die eine Kalibrierdatenbestimmungseinheit aufweist, welche dazu ausgebildet ist, die Kalibrierdaten in Abhängigkeit von der ersten und von einer zweiten Position des Bildaufnehmers relativ zu dem Messobjekt und in Abhängigkeit von der ersten und einer zweiten Ansicht zu bestimmen, wobei die zweite Abmessungsgröße die definierte Abmessung in einem zweiten Konturbild repräsentiert, das an der zweiten Position des Bildaufnehmers relativ zu dem Messobjekt aufgenommen wurde.

[0013] Das neue Verfahren und die neue Vorrichtung machen es möglich, die Kalibrierung anhand des Messobjektes selbst durchzuführen, indem das Messobjekt an zumindest zwei unterschiedlichen Positionen aufgenommen wird. Dabei spielt es vom Prinzip her keine Rolle, ob das Messobjekt relativ zu dem Bildaufnehmer verschoben wird oder ob der Bildaufnehmer relativ zu dem Messobjekt verschoben wird, weil es allein auf die Änderung der relativen Position von Bildaufnehmer und Messobjekt zueinander ankommt. Das neue Verfahren und die neue Vorrichtung nutzen die Tatsache, dass ein reales Geometriemerkmal an dem Messobjekt gleich bleibt, wenn das Messobjekt relativ zu dem Bildaufnehmer verschoben wird. Mit anderen Worten sind die realen Geometriedaten des Messobjekts invariant gegenüber einer relativen Verschiebung von Messobjekt und Bildaufnehmer.

[0014] Selbst wenn man die Absolutwerte der Geometriedaten des Messobjekts vor oder während der Durchführung der Messaufgabe nicht oder noch nicht vollständig kennt, lassen sich aus den veränderten Bilddaten und den als invariant angenommenen Geometriedaten einer Kontur Kalibrierdaten bestimmen, die es möglich machen, in einem nachfolgenden Schritt auch die Absolutwerte des Messobjekts zu be-

stimmen. Voraussetzung ist lediglich, dass die erste und die zweite relative Position von Bildaufnehmer und Messobjekt bekannt sind und dass mit Hilfe einer geeigneten Merkmalerkennung sichergestellt wird, dass das erste und das zweite Konturabbild jeweils dieselbe Kontur des Messobjekts zeigen. Zusammenfassend ist ein Kerngedanke der neuen Vorrichtung und des neuen Verfahrens, dass eine ausgewählte Kontur an einem unbekanntem Messobjekt über mehrere Messungen an verschiedenen Messpositionen erkannt und verfolgt wird, und dass aus den veränderten Konturabbildern die Kalibrierdaten bestimmt werden.

[0015] Das neue Verfahren und die neue Vorrichtung besitzen den großen Vorteil, dass die Kalibrierung im Messablauf („online“) erfolgen kann und ggf. auch im Messablauf wiederholt werden kann. Zudem kommen die Vorrichtung und das neue Verfahren ohne ein in seinen Eigenschaften bekanntes Kalibrierobjekt aus. Der Anwender der neuen Vorrichtung kann sich also ganz auf seine Messaufgabe konzentrieren und muss sich nicht um einen separaten Kalibrierprozess kümmern, ohne dass die Kalibrierung entfällt oder auf Zeiten verschoben wird, die weit vor der Durchführung der Messaufgabe liegen. Der Aufwand für die Kalibrierung ist für den Anwender, der eine Messaufgabe durchführen möchte, deutlich reduziert.

[0016] Die oben genannte Aufgabe ist damit vollständig gelöst.

[0017] In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung werden die Kalibrierdaten unabhängig von der definierten Abmessung der Kontur bestimmt.

[0018] In dieser Ausgestaltung ist der Absolutwert der definierten Abmessung unbekannt. Es wird allein die Tatsache ausgenutzt, dass die definierte Abmessung invariant gegenüber einer Veränderung der relativen Position von Messobjekt und Bildaufnehmer ist. Alternativ hierzu können die neue Vorrichtung und das neue Verfahren prinzipiell auch in Ergänzung und/oder in Kombination mit speziellen Kalibrierobjekten eingesetzt werden, deren Geometriedaten bereits bekannt sind, wie dies typischerweise bei den Verfahren und Vorrichtungen aus dem Stand der Technik der Fall ist. Die bevorzugte Ausgestaltung besitzt demgegenüber den Vorteil, dass die Kalibrierung am realen Messobjekt erfolgt, so dass die Messung direkt beginnen kann. Der Aufwand für die Kalibrierung wird entsprechend stark reduziert. Außerdem erfolgt die Kalibrierung hier in direktem zeitlichem Zusammenhang mit der Durchführung der Messung, so dass eine Veränderung der Messvorrichtung durch Umwelteinflüsse zwischen Kalibrierung und Messung praktisch ausgeschlossen wird. Daher ermöglicht diese Ausgestaltung eine besonders hohe Messgenauigkeit trotz des reduzierten

Aufwandes für die Kalibrierung.

[0019] In einer weiteren Ausgestaltung werden das erste und das zweite Konturabbild innerhalb des ersten bzw. des zweiten Abbildes automatisch identifiziert.

[0020] Alternativ hierzu ist es grundsätzlich denkbar, die Kontur des Messobjekts in jedem Abbild bildenergestützt zu identifizieren. Die bevorzugte Ausgestaltung ermöglicht demgegenüber eine vollautomatische Messung einschließlich der neuen Kalibrierung, so dass der Aufwand für den Anwender noch weiter reduziert ist.

[0021] In einer weiteren Ausgestaltung liegen die erste und die zweite Position in etwa um die definierte Abmessung oder weiter auseinander.

[0022] In dieser Ausgestaltung wird das Messobjekt relativ zu dem Bildaufnehmer in etwa so weit verschoben, wie die Abmessung der zur Kalibrierung verwendeten Kontur beträgt. Hierdurch wird eine „nennenswerte“ Änderung der relativen Position von Bildaufnehmer und Messobjekt erreicht, was die Bestimmung der Kalibrierdaten Kalibrierung erleichtert. Außerdem sind die Kalibrierdaten in diesem Fall für einen großen Teil des Messvolumens repräsentativ, was eine gleichbleibend hohe Messgenauigkeit unabhängig vom Messort ermöglicht.

[0023] In einer weiteren Ausgestaltung werden eine Vielzahl von ersten und zweiten Ansichten an einer Vielzahl von ersten und zweiten Positionen bestimmt.

[0024] In einer weiteren Ausgestaltung wird der Bildaufnehmer an zumindest drei Positionen relativ zu dem Messobjekt verschoben, wobei zumindest drei verschiedene Konturabbilder aufgenommen werden. Die Kalibrierdaten werden anhand verschiedener Bildpaare aus den zumindest drei Konturabbildern mehrfach bestimmt werden. Vorteilhafterweise können die mehrfach bestimmten Kalibrierdaten gemittelt werden. Die Mittelwertbildung ermöglicht es, die Robustheit des Verfahrens zu steigern. Alternativ oder ergänzend hierzu können aus der Vielzahl der Daten Gütefaktoren ermittelt werden, wie zum Beispiel eine Standardabweichung, die für die Qualität der Messung und die Qualität des Kalibriervorgangs repräsentativ ist. Vorteilhafterweise werden solche Gütefaktoren verwendet, um in Abhängigkeit davon einen Mess- und Kalibriervorgang für gültig oder ungültig zu erklären.

[0025] In einer weiteren Ausgestaltung werden eine Vielzahl von Geometriedaten bestimmt, wobei für jedes Geometriedatum zugehörige Kalibrierdaten bestimmt werden.

[0026] In dieser Ausgestaltung findet eine Onli-

ne-Kalibrierung für jeden einzelnen Messwert an dem Messobjekt statt. Alternativ hierzu wäre es auch möglich, eine Kalibrierung für eine Vielzahl nachfolgender Messwerte vorzunehmen. Die hier bevorzugte Ausgestaltung ermöglicht demgegenüber eine besonders hohe Messgenauigkeit für alle Messwerte unabhängig von der Reihenfolge, in der die Messwerte aufgenommen werden.

[0027] In einer alternativen Ausgestaltung werden die Kalibrierdaten für eine Vielzahl von Geometriedaten verwendet.

[0028] Die Ausgestaltung beschleunigt die Durchführung eines Messvorgangs, weil die Kalibrierungsschritte nur einmal oder wenige Male durchgeführt werden.

[0029] In einer weiteren Ausgestaltung ist der Bildaufnehmer dazu ausgebildet, ein zweidimensionales Abbild des Messobjekts zu erzeugen.

[0030] In dieser Ausgestaltung kann der Bildaufnehmer einen Kamerachip mit einer matrixartigen Anordnung von Bildpunkten (Pixeln) enthalten. Prinzipiell kann diese Ausgestaltung jedoch auch mit einem Bildaufnehmer realisiert sein, der das zweidimensionale Abbild durch zeilen- und/oder spaltenweises Abtasten des Messobjekts erzeugt. Die Vorteile der neuen Vorgehensweise wirken sich bei zweidimensional messenden Einrichtungen besonders aus, da die bekannten Vorgehensweisen zum Kalibrieren solcher Messeinrichtungen besonders aufwändig sind.

[0031] In einer weiteren Ausgestaltung weist der Bildaufnehmer eine Bildebene auf, wobei die erste und zweite Position in einem konstanten senkrechten Abstand zu der Bildebene liegen.

[0032] Der konstante senkrechte Abstand kann durch eine entsprechende mechanische Anordnung vorgegeben sein, die dafür sorgt, dass der Bildaufnehmer nur mit dem konstanten Abstand relativ zu dem Messobjekt verschoben werden kann. Alternativ oder ergänzend hierzu kann der konstant senkrechte Abstand auch dadurch realisiert sein, dass bei der relativen Verschiebung des Bildaufnehmers nur die Projektion der Ortsveränderung in die Bildebene berücksichtigt wird. Mit anderen Worten wird hiernach nur diejenige Positionsveränderung berücksichtigt, die sich in der Bildebene des Bildaufnehmers widerspiegelt, selbst wenn die tatsächliche Positionsverschiebung eine Komponente orthogonal zu der Bildebene des Bildaufnehmers aufweist. Diese Ausgestaltung ist besonders vorteilhaft, wenn der Bildaufnehmer dazu ausgebildet ist, ein zweidimensionales Abbild des Messobjekts zu erzeugen, weil solche Bildaufnehmer für sich genommen nur die Positionsverschiebungen in der zweidimensionalen Bildebene erkennen können. Die bevorzugte Ausgestaltung führt

zu Kalibrierdaten, die eine sehr exakte Messwertbestimmung ermöglichen.

[0033] In einer weiteren Ausgestaltung ist der Bildaufnehmer dazu ausgebildet, ein dreidimensionales Abbild des Messobjekts zu erzeugen.

[0034] In dieser Ausgestaltung besitzt der Bildaufnehmer die Fähigkeit, die Entfernung zu den einzelnen Messpunkten an dem Messobjekt zu bestimmen. Dies kann beispielsweise durch eine Laufzeitmessung eines geeigneten Sendeimpulses oder durch eine stereoskopisches Verfahren erfolgen. Eine weitere Möglichkeit sind Bildaufnehmer, die die Entfernung zu dem Messobjekt anhand von Autofokus-Informationen ermitteln. Diese Ausgestaltung besitzt den Vorteil, dass das Messobjekt mit geringem Aufwand und hoher Genauigkeit in drei Dimensionen vermessen werden kann.

[0035] In einer weiteren Ausgestaltung weist der Bildaufnehmer ein Zoomobjektiv auf.

[0036] Diese Ausgestaltung ist von Vorteil, weil die Kalibrierung bei der Verwendung von Zoomobjektiven besonders aufwändig ist. Daher profitieren Vorrichtungen, bei denen der Bildaufnehmer ein Zoomobjektiv aufweist, besonders stark von den oben beschriebenen Vorteilen der Erfindung, weil die Kalibrierung mit bzw. nach jeder neuen Zoomstufe online im Messablauf wiederholt werden kann.

[0037] In einer weiteren Ausgestaltung werden das erste und das zweite Abbild zeichnungslos aufgenommen.

[0038] Diese Ausgestaltung kann entweder durch Verwendung von zumindest weitgehend zeichnungslosen Objektiven und/oder durch eine Softwarekorrektur der Abbilder realisiert werden. Diese Ausgestaltung besitzt den Vorteil, dass die Erkennung der für die Kalibrierung verwendeten Kontur weitgehend unabhängig von der Position des Messobjekts im Messvolumen ist. Diese Ausgestaltung erleichtert daher eine automatische Erkennung der Kontur. Darüber hinaus lassen sich die anhand eines Ausschnitts aus den Abbildern bestimmten, „lokalen“ Kalibrierdaten mit guter Näherung auf das gesamte Abbild übertragen. Die Kalibrierung wird weiter vereinfacht und beschleunigt.

[0039] In einer weiteren Ausgestaltung ist die Kontur kreisförmig.

[0040] Auch diese Ausgestaltung erleichtert die automatische Erkennung der Kontur, die für die Kalibrierung ausgewertet wird. Von besonderem Vorteil ist, dass eine kreisförmige Kontur unabhängig von der Drehlage des Messobjekts relativ zum Bildaufnehmer ist. Daher kann die definierte Abmessung der

Kontur in dieser Ausgestaltung besonders einfach bestimmt werden.

[0041] In einer weiteren Ausgestaltung weist die Kontur eine definierte Drehlage um eine senkrecht zu der Kontur verlaufende Achse auf. In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel ist die Kontur ein Rechteck mit einer definierten Länge und einem Ursprung. Alternativ kann die Kontur beispielsweise eine Ellipse oder ein ungleichseitiges Dreieck sein.

[0042] Auch diese Ausgestaltungen erleichtern die automatische Erkennung der Kontur sowie die Bestimmung der definierten Abmessung in den zumindest zwei Konturabbildern. Damit ist die Kalibrierung besonders einfach und schnell durchzuführen.

[0043] In einer weiteren Ausgestaltung wird der Bildaufnehmer relativ zu dem Messobjekt rotationsfrei verschoben.

[0044] Diese Ausgestaltung ist eine weitere bevorzugte Möglichkeit, um die Erkennung der definierten Abmessung in den Konturabbildern zu erleichtern und den Kalibriervorgang zu beschleunigen.

[0045] Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

[0046] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

[0047] [Fig. 1](#) eine vereinfachte Darstellung eines Ausführungsbeispiels der neuen Vorrichtung,

[0048] [Fig. 2](#) ein erstes Abbild mit einem ersten Konturabbild eines Messobjekts gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung,

[0049] [Fig. 3](#) ein zweites Abbild mit einem zweiten Konturabbild des Messobjekts, und

[0050] [Fig. 4](#) ein Flussdiagramm zur Erläuterung eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0051] In [Fig. 1](#) ist ein Ausführungsbeispiel der neuen Vorrichtung insgesamt mit der Bezugsziffer **10** bezeichnet. Die Vorrichtung **10** beinhaltet einen Bildaufnehmer **12**, der hier in Form einer Kamera dargestellt ist. In anderen Ausführungsbeispielen kann der Bildaufnehmer lediglich ein Kamerachip sein, der nur eingeschränkte Kamerafunktionen bietet. Der Bildaufnehmer **12** ist hier an einer Säule **14** befestigt, die relativ zu einem Tisch **16** verfahrbar ist. Der Tisch **16**

dient zur Aufnahme eines Messobjekts **18**, das zumindest eine erkennbare Kontur aufweist, hier in Form einer Kante **19**. Ein Antrieb, der die Bewegung der Säule **14** relativ zum Tisch **16** bewirkt, ist vereinfacht mit einem Pfeil **20** dargestellt.

[0052] Die relative Bewegung von Säule **14** und Tisch **16** kann nicht nur in der dargestellten Horizontalrichtung (x-Achse), sondern auch quer dazu erfolgen (y-Achse). Des Weiteren ist es prinzipiell möglich, dass der Bildaufnehmer **12** auch senkrecht zur Tischebene (z-Achse) verfahren werden kann. Des Weiteren sei angemerkt, dass es für die Realisierung der vorliegenden Erfindung nur darauf ankommt, dass der Bildaufnehmer **12** und das Messobjekt **18** derart relativ zueinander verschoben werden können, dass sich die Ansichten des Messobjekts und insbesondere die Position der Kontur innerhalb jedes Abbildes verändert. Dementsprechend kann der Bildaufnehmer **12** starr angeordnet sein, wenn der Tisch **16** mit dem Messobjekt **18** über geeignete Antriebe verfahrbar ist. Es kommt auch nicht auf den kinematischen Aufbau der Vorrichtung **10** an, d. h. der Bildaufnehmer **12** könnte beispielsweise an einem Portal oder einem Horizontalarm angeordnet sein, die relativ zu dem Tisch **16** verfahrbar sind.

[0053] Der Bildaufnehmer **12** besitzt hier einen elektronischen Chip **22** mit einer Vielzahl von matrixartig zueinander angeordneten Bildpunkten (hier nicht gesondert dargestellt). Damit ist der Bildaufnehmer **12** in der Lage, ein zweidimensionales Abbild von dem Messobjekt **18** aufzunehmen. Mit der Bezugsziffer **24** ist eine Bildebene bezeichnet, die durch die Lage und Anordnung der Bildpunkte des Chips **22** definiert ist. In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel befindet sich das Messobjekt **18** in einem konstanten Abstand D von der Bildebene **24**, auch wenn der Bildaufnehmer **12** relativ zu dem Messobjekt **18** verfahren wird.

[0054] In dem dargestellten Ausführungsbeispiel besitzt der Bildaufnehmer **12** ein Zoomobjektiv **26**, das in Richtung des Pfeils **28** verstellt werden kann, um den Bilderfassungsbereich und den Vergrößerungsfaktor zu verändern. In anderen Ausführungsbeispielen kann der Bildaufnehmer **12** mit einem Festobjektiv und/oder mit einem Anschluss zum Auswechseln der Objektive versehen sein.

[0055] Mit der Bezugsziffer **30** ist eine Lichtquelle bezeichnet, die hier dazu dient, das Messobjekt **18** mit einem Lichtmuster zu beleuchten. In vielen Anwendungsfällen wird eine solche Beleuchtung verwendet, um die Messbildauswertung und die automatische Konturerkennung zu erleichtern. Die vorliegende Erfindung ist allerdings auch bei Vorrichtungen einsetzbar, die ohne Zusatzbeleuchtung **30** auskommen.

[0056] Mit der Bezugsziffer **32** ist eine Steuereinheit

bezeichnet, die hier einen Prozessor **34** sowie einen Festwertspeicher **36** und einen Arbeitsspeicher **38** beinhaltet. In einfachen Ausführungsbeispielen ist die Steuereinheit ein PC, auf dem ein Betriebsprogramm abläuft, das die Steuerung der Vorrichtung **10** und die Bildauswertung ausführt.

[0057] [Fig. 2](#) zeigt ein erstes Abbild **44** von dem Messobjekt **18**, das mit dem Bildaufnehmer **12** an einer ersten relativen Position zu dem Messobjekt **18** aufgenommen wurde. Das Abbild **44** ist hier vereinfacht dargestellt und zeigt von dem Messobjekt **18** lediglich ein Konturabbild **46** in einer ersten Ansicht. In diesem Ausführungsbeispiel sind die Kontur **19** und das entsprechende Konturabbild **46** kreisförmig. Das Konturabbild **46** besitzt einen Innendurchmesser, der hier mit einem Pfeil **48** bezeichnet ist. Des Weiteren ist der Mittelpunkt **50** des kreisförmigen Konturabbildes **46** dargestellt. Die Position des Mittelpunktes **50** auf der Oberfläche des Tisches **16** ist mit Hilfe von zwei Pfeilen **52**, **54** dargestellt, wobei diese Pfeile hier auf den Mittelpunkt **56** eines Koordinatensystems parallel zu der Tischoberfläche bezogen sind. Die erste Ansicht zeigt das Messobjekt **18** also insbesondere an einer ersten Position **50** und mit einer ersten Abbildungsgröße.

[0058] [Fig. 3](#) zeigt ein zweites Abbild **58** des Messobjekts mit einem zweiten Konturabbild, die zur Unterscheidung von dem Konturabbild aus [Fig. 2](#) mit der Bezugsziffer **46'** bezeichnet ist. Wie aus der Darstellung in [Fig. 3](#) zu erkennen ist, befindet sich der Mittelpunkt **50'** der Kontur **46'** an einer anderen Position **52'**, **54'** relativ zu dem Mittelpunkt **56** des Koordinatensystems. Außerdem ist der Durchmesser **48'** der Kontur **46'** hier virtuell größer als der Durchmesser **48** der Kontur **46** aus [Fig. 2](#). Das zweite Abbild zeigt das Messobjekt also in einer zweiten Ansicht, die hier eine zweite Position und eine zweite Abbildungsgröße beinhaltet. Die virtuelle Größenänderung in Folge der Positionsverschiebung des Messobjekts **18** relativ zu dem Bildaufnehmer **12** ist hier übertrieben dargestellt und muss auch nicht zwingend vorliegen. Es ist auch möglich, dass trotz Änderung der relativen Position zwischen Bildaufnehmer **12** und Messobjekt **18** keine virtuelle Größenänderung auftritt und sich lediglich die virtuelle Position des Konturabbildes **46'** geändert hat. Auch allein anhand der virtuell geänderten Position können Kalibrierdaten mit dem neuen Verfahren bestimmt werden. Vorzugsweise werden die Größenverhältnisse, also die erste und die zweite Abbildungsgröße jedoch ebenfalls ausgewertet.

[0059] In einem besonders vorteilhaften Ausführungsbeispiel werden das erste und das zweite Abbild aufgenommen und die Kalibrierdaten werden berechnet, während die Bildaufnahmeeinheit **12** relativ zu dem Messobjekt **18** verschoben wird. Des Weiteren ist es von Vorteil, wenn die Abbilder bei Änderun-

gen des Zoomfaktors aufgenommen werden.

[0060] Zur Erläuterung des neuen Verfahrens sei in einem Ausführungsbeispiel vereinfacht angenommen, dass der Chip **22** des Bildaufnehmers **12** einen in allen Dimensionen gleichen Skalierungsfaktor k besitzt, der allerdings von Messung zu Messung variieren kann. Des Weiteren sei angenommen, dass die reale Abmessung der Kontur **19** einen über mehrere Messungen gleichbleibenden Wert aufweist. Mit anderen Worten gilt:

$$G1_{\text{metrisch}} = G2_{\text{metrisch}} = Gn_{\text{metrisch}},$$

wobei

$G1_{\text{metrisch}}$ die reale Größe bzw. Abmessung der Kontur **19** bei der Aufnahme des ersten Abbildes bezeichnet,
 $G2_{\text{metrisch}}$ die reale Größe bzw. Abmessung der Kontur **19** bei der Aufnahme des zweiten Abbildes bezeichnet, und
 Gn_{metrisch} die reale Größe der Kontur **19** bei der Aufnahme des n-ten Abbildes bezeichnet.

[0061] Demgegenüber kann die Größe $G1_{\text{sens}}$ der Kontur **19** im ersten Abbild von der Größe $G2_{\text{sens}}$ im zweiten Abbild variieren. Es gelten daher folgende Zusammenhänge:

$$G1_{\text{metrisch}} = G2_{\text{metrisch}} = Gn_{\text{metrisch}} = k1 \times G1_{\text{sens}} = k2 \times G2_{\text{sens}} = kn \times G1_{\text{sens}}$$

$$P1_{\text{metrisch}} = P2_{\text{metrisch}} = k1 \times L1_{\text{sens}} - k2 \times L2_{\text{sens}}$$

$$P1_{\text{metrisch}} = Pn_{\text{metrisch}} = k1 \times L1_{\text{sens}} - kn \times Ln_{\text{sens}}$$

, wobei $P1_{\text{metrisch}}$, $P2_{\text{metrisch}}$, Pn_{metrisch} die in die Bildebene **24** projizierte relative Position des Bildaufnehmers **12** ist, und

$L1_{\text{sens}}$, $L2_{\text{sens}}$, Ln_{sens} die Position der Kontur **46** in den aufgenommen Bildern ist.

[0062] Aus diesen Zusammenhängen lassen sich folgende Gleichungen herleiten:

$$k1 = (G2_{\text{sens}} \times (P1_{\text{metrisch}} - Pn_{\text{metrisch}})) / (G1_{\text{sens}} \times L1_{\text{sens}} - G1_{\text{sens}} \times L2_{\text{sens}})$$

$$k2 = (G1_{\text{sens}} \times (P1_{\text{metrisch}} - Pn_{\text{metrisch}})) / (G2_{\text{sens}} \times L1_{\text{sens}} - G1_{\text{sens}} \times L2_{\text{sens}}).$$

[0063] Damit lassen sich die Skalierungsfaktoren $k1$, $k2$ anhand der Größe und Position der Kontur **46**, **46'** in den Abbildern **44**, **58** und anhand der realen Positionsverschiebung des Bildaufnehmers **12** relativ zu dem Messobjekt **18** ermitteln. Anschließend kann mit den Skalierungsfaktoren $k1$, $k2$ der Durchmesser **48**, **48'** und die Position **50**, **50'** der Kontur **46**, **46'** be-

rechnet werden.

[0064] Die hier beschriebene Vorgehensweise lässt sich verallgemeinern, da die Position und Größe der Kontur **46** bei der ersten Messung im kalibrierten Sensorkoordinatensystem gleich der um die Verschiebung des Sensors rücktransformierten Position und Größe der Kontur **46'** bei der zweiten Messung sein muss. Allgemein kann man sagen, dass die Kalibrierdaten hier anhand eines Gleichungssystems bestimmt werden, dessen Gleichungen den mathematischen Zusammenhang zwischen der bekannten Positionsveränderung des Bildaufnehmers relativ zu dem Messobjekt und der detektierten „virtuellen“ Veränderung der Größe und Position des Messobjekts von einem Abbild zum nächsten repräsentieren. Für die Bestimmung einer Anzahl von n Kalibrierdaten werden vorzugsweise n Gleichungen anhand von n Bildpaaren verwendet.

[0065] [Fig. 4](#) zeigt ein vereinfachtes Flussdiagramm zur Erläuterung eines Ausführungsbeispiels des neuen Verfahrens. Gemäß Schritt **64** wird der Bildaufnehmer **12** zunächst an eine erste Position relativ zu dem Messobjekt **18** verfahren. Gemäß Schritt **66** wird dann das erste Abbild **44** aufgenommen. Die Bildaufnahme kann während der Bewegung erfolgen, wenn die Bildaufnahme mit der jeweiligen Position der Bildaufnahmeeinheit **12** synchronisiert ist. Anschließend wird das erste Konturabbild **46** identifiziert (Schritt **68**), und es wird eine erste Abbildungsgröße **48** anhand des Konturabbildes **46** bestimmt (Schritt **70**). Wie in den [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) dargestellt ist, kann die Abbildungsgröße beispielsweise der Durchmesser **48** eines kreisförmigen Konturabbildes **46** sein. Alternativ hierzu könnte die Fläche, die von der Kontur **46** eingegrenzt wird, als Maß für die Abbildungsgröße verwendet werden. Des Weiteren könnte die Abbildungsgröße die Länge einer Linie oder eine andere Abmessung sein.

[0066] Gemäß Schritt **72** wird die Position der Kontur **46** innerhalb des ersten Abbildes **44** bestimmt. Dies erfolgt vorzugsweise in Koordinaten, wie sie in [Fig. 2](#) bei den Bezugsziffern **52**, **54** dargestellt sind. Sämtliche in den Schritten **64**, **70** und **72** bestimmten Werte werden in dem Speicher **38** der Steuereinheit **32** gespeichert. Anschließend wird der Bildaufnehmer **12** an eine zweite Position relativ zu dem Messobjekt **18** verfahren (Schritt **74**) und es wird ein zweites Abbild **58** aufgenommen (Schritt **76**). Anhand des zweiten Abbildes **58** wird ein zweites Konturabbild **46'** identifiziert (Schritt **78**), und es wird dessen Abbildungsgröße **48'** und Position **50'** bestimmt (Schritte **80**, **82**). Gemäß Schritt **84** können weitere Abbilder aufgenommen werden oder das Verfahren kann zum Schritt **86** verzweigen, mit dem die Bestimmung der Kalibrierdaten und die Bestimmung der Geometriedaten eingeleitet wird.

[0067] Gemäß Schritt **86** werden alle benötigten Daten aus dem Speicher **38** geholt. Gemäß Schritt **88** werden anhand der bekannten Positionen des Bildaufnehmers **12** relativ zu dem Messobjekt **18** und anhand der Abbildungsgrößen und Konturpositionen die Kalibrierdaten k_1 , k_2 bestimmt.

[0068] Gemäß Schritt **90** kann eine Mittelwertbildung erfolgen, indem die Kalibrierdaten anhand mehrerer Bildpaare mehrfach bestimmt und dann gemittelt werden. Schritt **90** ist für die Durchführung des Verfahrens jedoch nicht zwingend erforderlich und kann dementsprechend entfallen.

[0069] Des weiteren kann die Bestimmung der Kalibrierdaten gemäß Schritt **92** mehrfach anhand verschiedener Bildpaare erfolgen, um einen Gütefaktor in Form einer Standardabweichung zu bestimmen. Anschließend werden die Geometriedaten des Messobjekts **18**, beispielsweise also der reale Wert des Durchmessers **48** und der Position **50**, in Abhängigkeit von den Kalibrierdaten k_1 , k_2 bestimmt.

[0070] Wie aus der vorhergehenden Beschreibung des neuen Verfahrens ersichtlich ist, können individuelle Kalibrierdaten für jedes Geometriedatum bestimmt werden, das an dem Messobjekt **18** bestimmt werden soll. Alternativ hierzu können die anhand der Kontur **19** bestimmten Kalibrierdaten für verschiedene Messungen an dem Messobjekt **18** oder für Messungen an einem anderen Messobjekt verwendet werden.

[0071] Die neue Vorgehensweise erlaubt es, einen Kalibriervorgang und insbesondere den Teilaspekt der linearen Skalierung während der eigentlichen Messung durchzuführen, ohne dass dazu ein kalibriertes Referenznormal zur Verfügung stehen muss und auch ohne dass ein spezieller Kalibrierprozess der eigentlichen Messung vorausgehen muss. Vorausgesetzt wird lediglich, dass die Position des Bildaufnehmers **12** relativ zu dem Messobjekt **18** in exakten Positionsdaten erfasst werden kann, d. h. die Bewegungen des Bildaufnehmers **12** relativ zu dem Tisch **16** müssen mit einem kalibrierten Messsystem erfasst werden können. Dies ist typischerweise bei Koordinatenmessgeräten oder Digitalisiermaschinen der Fall, bei denen ein Messkopf mit einem optischen Sensor relativ zu einem Messtisch bewegt wird. Das neue Verfahren und die neue Vorrichtung können daher besonders einfach in solchen Koordinatenmessgeräten und Digitalisiermaschinen implementiert werden.

[0072] In bevorzugten Ausführungsbeispielen der Erfindung erfolgt die Identifizierung der Kontur **46**, **46'** in den Abbildern **44**, **58** automatisch, wobei ein beliebiger Konturerkennungsalgorithmus zur Anwendung kommen kann. Geeignete Algorithmen sind für verschiedene Anwendungen der elektronischen Bildver-

arbeitung entwickelt worden und den einschlägigen Fachleuten bekannt, beispielsweise aus US 2007/0154097 A1 oder US 2007/0127821 A1.

[0073] Dadurch, dass in bevorzugten Ausführungsbeispielen der Erfindung die Größe und Position der Kontur **46**, **46'** ausgewertet wird, kann man für jede Messung der Messreihe von einem individuellen Kalibrierungsfaktor ausgehen. Abweichend hiervon kann man jedoch auch eine vereinfachte Variante des neuen Verfahrens realisieren, die auf der Annahme beruht, dass die Kalibrierungsfaktoren innerhalb einer Messreihe konstant sind. Dann ist es beispielsweise möglich, den linearen Skalierungsfaktor lediglich in Abhängigkeit von der Abbildungsgröße im ersten und zweiten Abbild und in Abhängigkeit von der ersten und zweiten Position des Bildaufnehmers relativ zu dem Messobjekt zu bestimmen.

[0074] Andererseits kann man weitere Kalibrierungsfaktoren einführen, die beispielsweise die Korrektur von Verzeichnungen oder eine Verkippung der Kontur bei einer Verschiebung des Bildaufnehmers relativ zum Messobjekt berücksichtigen, wenn mehr als zwei Messungen der Kontur durchgeführt werden.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- EP 0866308 B1 [\[0003\]](#)
- DE 102004054876 B3 [\[0006\]](#)
- DE 19743811 C2 [\[0007\]](#)
- EP 0216587 B1 [\[0008\]](#)
- US 2007/0154097 A1 [\[0072\]](#)
- US 2007/0127821 A1 [\[0072\]](#)

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bestimmen von Geometriedaten eines Messobjekts (18), das zumindest eine Kontur (19) mit einer definierten Abmessung aufweist, mit den Schritten:

- Aufnehmen (66) von zumindest einem ersten Abbild (44) des Messobjekts (18) mit Hilfe eines Bildaufnehmers (12), der an einer ersten bekannten Position relativ zu dem Messobjekt (18) angeordnet ist, wobei das erste Abbild (44) ein erstes Konturabbild (46) enthält, das die definierte Abmessung in einer ersten Ansicht (48) zeigt,
- Bestimmen von ersten Bilddaten (70, 72) des Messobjekts (18) aus dem ersten Abbild (44), und
- Bestimmen der Geometriedaten (94) aus den ersten Bilddaten unter Verwendung von Kalibrierdaten, die eine Abbildungsfunktion zwischen dem ersten Abbild (44) und dem Messobjekt (18) repräsentieren, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein zweites Abbild (58) des Messobjekts (18) einschließlich eines zweiten Konturabbildes (46') an einer zweiten bekannten Position des Bildaufnehmers (12) relativ zu dem Messobjekt (18) aufgenommen wird, wobei das zweite Konturabbild (46') die definierte Abmessung in einer zweiten Ansicht (48') zeigt, und wobei die Kalibrierdaten in Abhängigkeit von der ersten und der zweiten Position und in Abhängigkeit von der ersten und zweiten Ansicht (48, 48') bestimmt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Kalibrierdaten unabhängig von der definierten Abmessung der Kontur (19) bestimmt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das erste und zweite Konturabbild (46, 46') innerhalb des ersten bzw. des zweiten Abbildes (44, 58) automatisch identifiziert werden.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die erste und die zweite Position in etwa um die definierte Abmessung oder weiter auseinander liegen.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass eine Vielzahl von ersten und zweiten Ansichten (48, 48') an einer Vielzahl von ersten und zweiten Positionen bestimmt werden (84).

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass eine Vielzahl von Geometriedaten bestimmt werden, wobei für jedes Geometriedatum zugehörige Kalibrierdaten bestimmt werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Kalibrierdaten für

eine Vielzahl von Geometriedaten verwendet werden.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Bildaufnehmer (12) dazu ausgebildet ist, ein zweidimensionales Abbild (44, 58) des Messobjekts (18) zu erzeugen.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Bildaufnehmer (12) dazu ausgebildet ist, ein dreidimensionales Abbild des Messobjekts zu erzeugen.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Bildaufnehmer (12) eine Bildebene (24) aufweist, wobei die erste und zweite Position in einem konstanten senkrechten Abstand (D) zu der Bildebene (24) liegen.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Bildaufnehmer (12) ein Zoomobjektiv (26) aufweist.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, das erste und zweite Abbild (44, 58) zeichnungslos aufgenommen werden.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontur (19) kreisförmig ist.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontur (19) eine definierte Drehlage um eine senkrecht zu der Kontur (19) verlaufende Achse aufweist.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Bildaufnehmer (12) relativ zu dem Messobjekt (18) rotationsfrei verschoben wird.

16. Vorrichtung zum Bestimmen von Geometriedaten eines Messobjekts (18), das zumindest eine Kontur (19) mit einer definierten Abmessung aufweist, mit

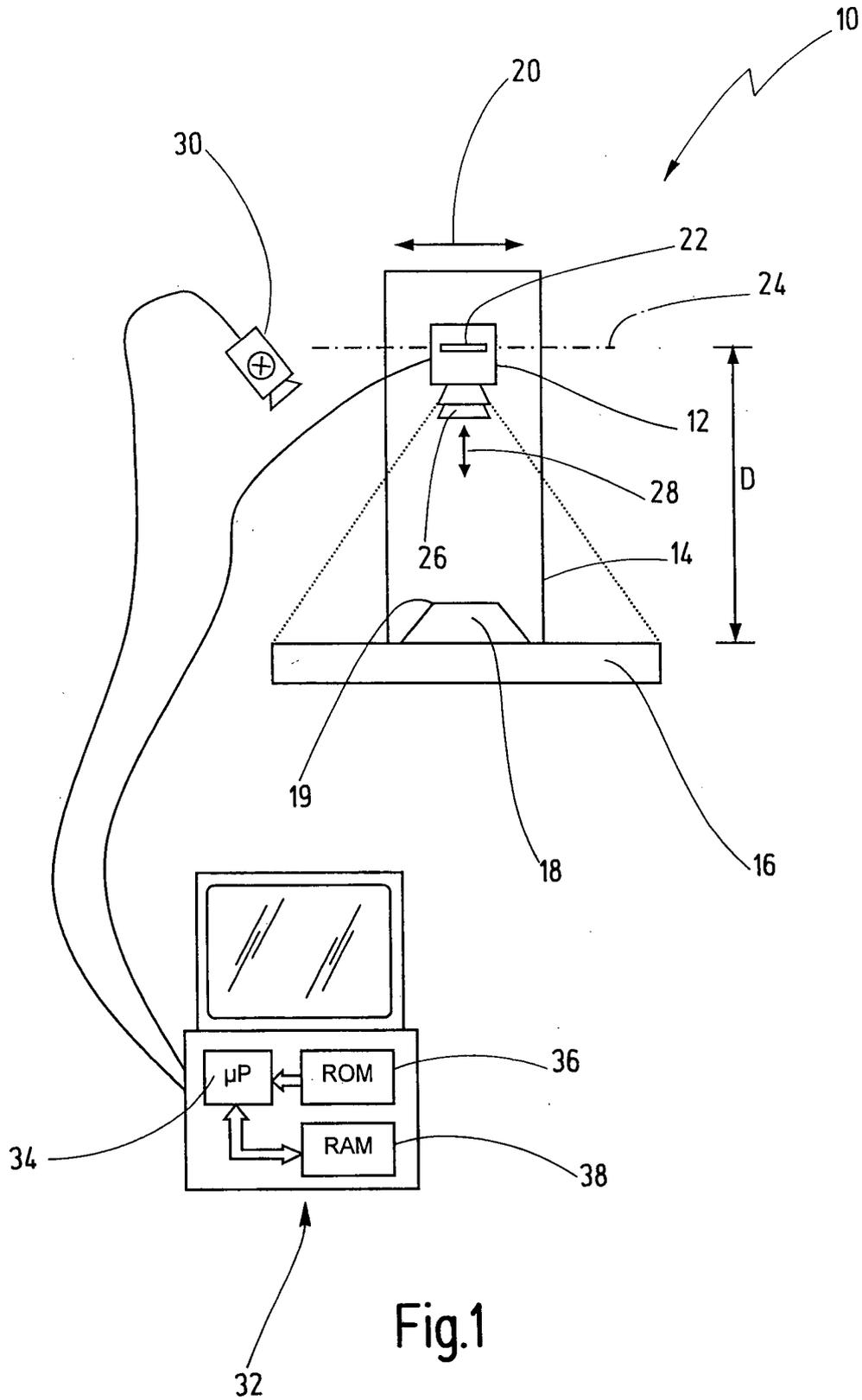
- einem Bildaufnehmer (12) zum Aufnehmen von zumindest einem ersten Abbild (44) des Messobjekts (18) an einer ersten definierten Position, wobei der Bildaufnehmer (12) relativ zu dem Messobjekt (18) verfahrbar ist, und wobei das erste Abbild (44) ein erstes Konturabbild (46) enthält, das die definierte Abmessung in einer ersten Ansicht (48) zeigt,
- einer Bilddatenbestimmungseinheit (32, 68–72) zum Bestimmen von ersten Bilddaten des Messobjekts (18) aus dem ersten Abbild (44), und
- einer Geometriedatenbestimmungseinheit (32, 94) zum Bestimmen der Geometriedaten aus den ersten Bilddaten unter Verwendung von Kalibrierdaten, die eine Abbildungsfunktion zwischen dem ersten Abbild (44) und dem Messobjekt (18) repräsentieren,

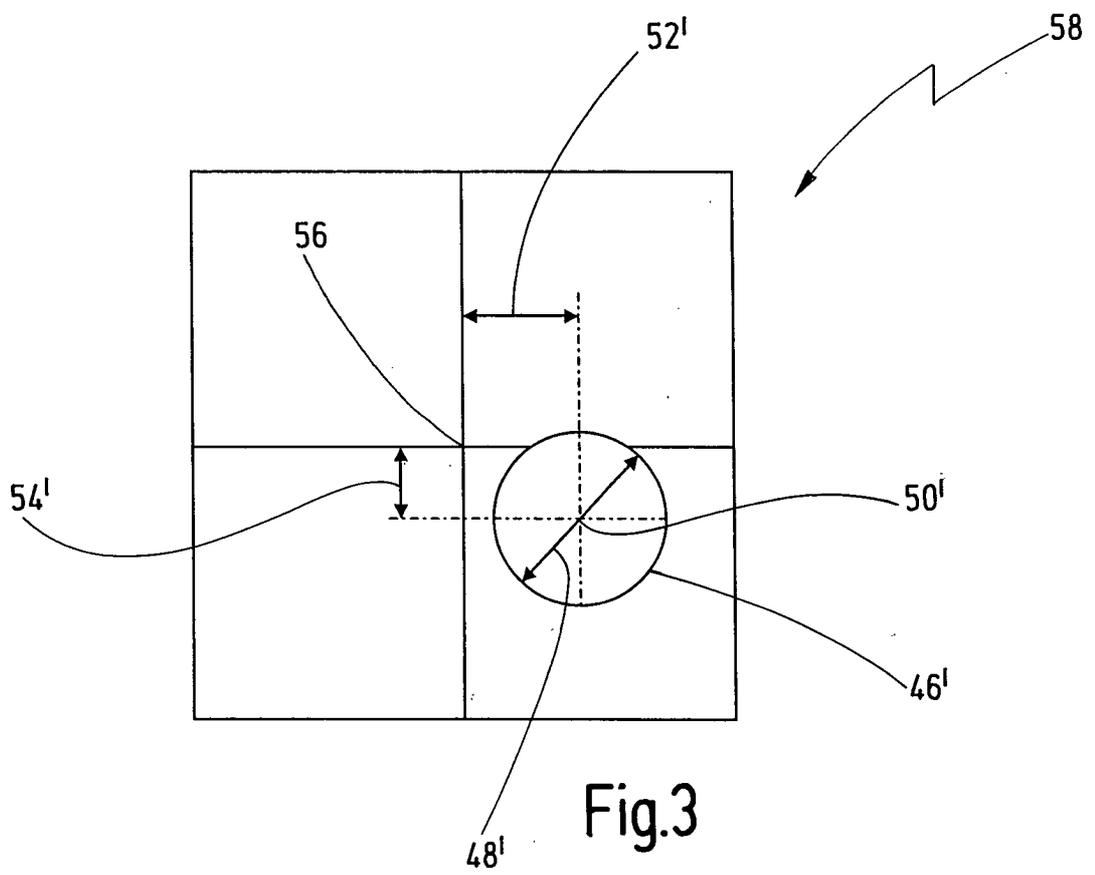
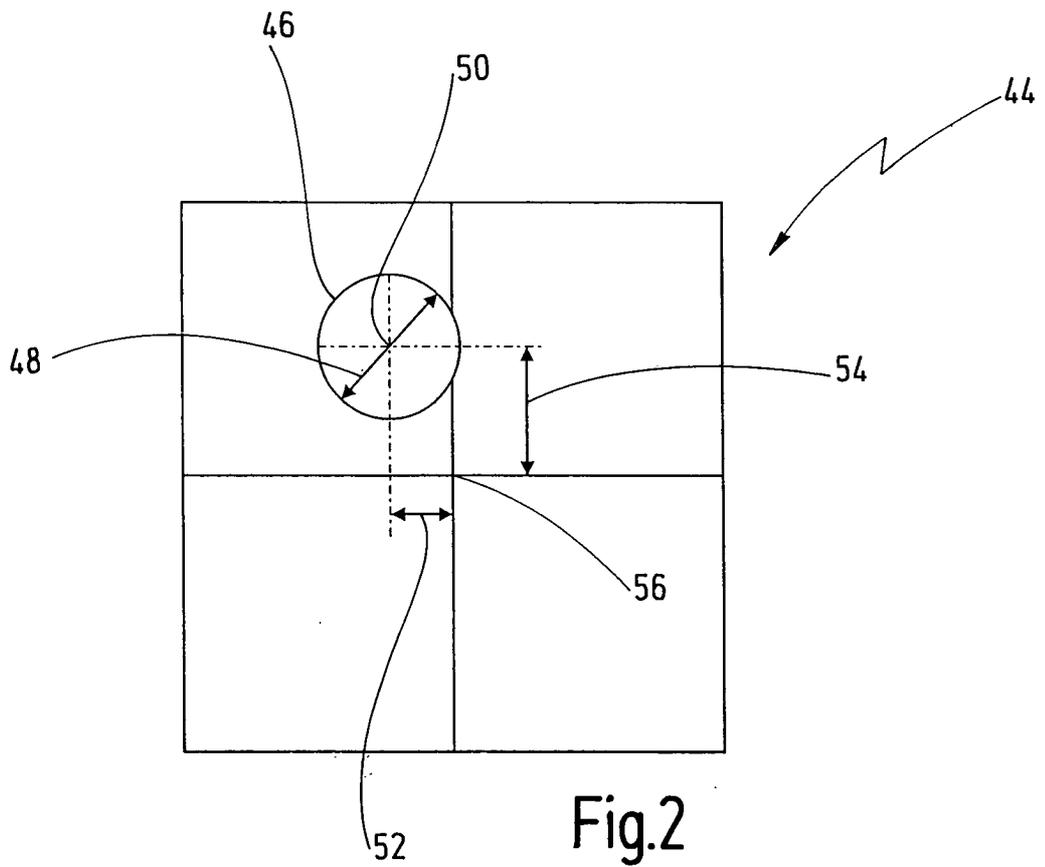
gekennzeichnet durch eine Kalibrierdatenbestimmungseinheit (**32, 90**), die dazu ausgebildet ist, die Kalibrierdaten in Abhängigkeit von der ersten und von einer zweiten Position des Bildaufnehmers (**12**) relativ zu dem Messobjekt (**18**) und in Abhängigkeit von der ersten und einer zweiten Ansicht (**48'**) zu bestimmen, wobei die zweite Ansicht (**48'**) die definierte Abmessung in einem zweiten Konturabbild (**46'**) repräsentiert, das an der zweiten Position des Bildaufnehmers (**12**) relativ zu dem Messobjekt (**18**) aufgenommen wurde.

17. Computerprogramm mit Programmcode, der dazu ausgebildet ist, ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15 durchzuführen, wenn der Programmcode auf einem Computer abläuft, der als Steuereinheit für eine Vorrichtung nach Anspruch 16 dient.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen





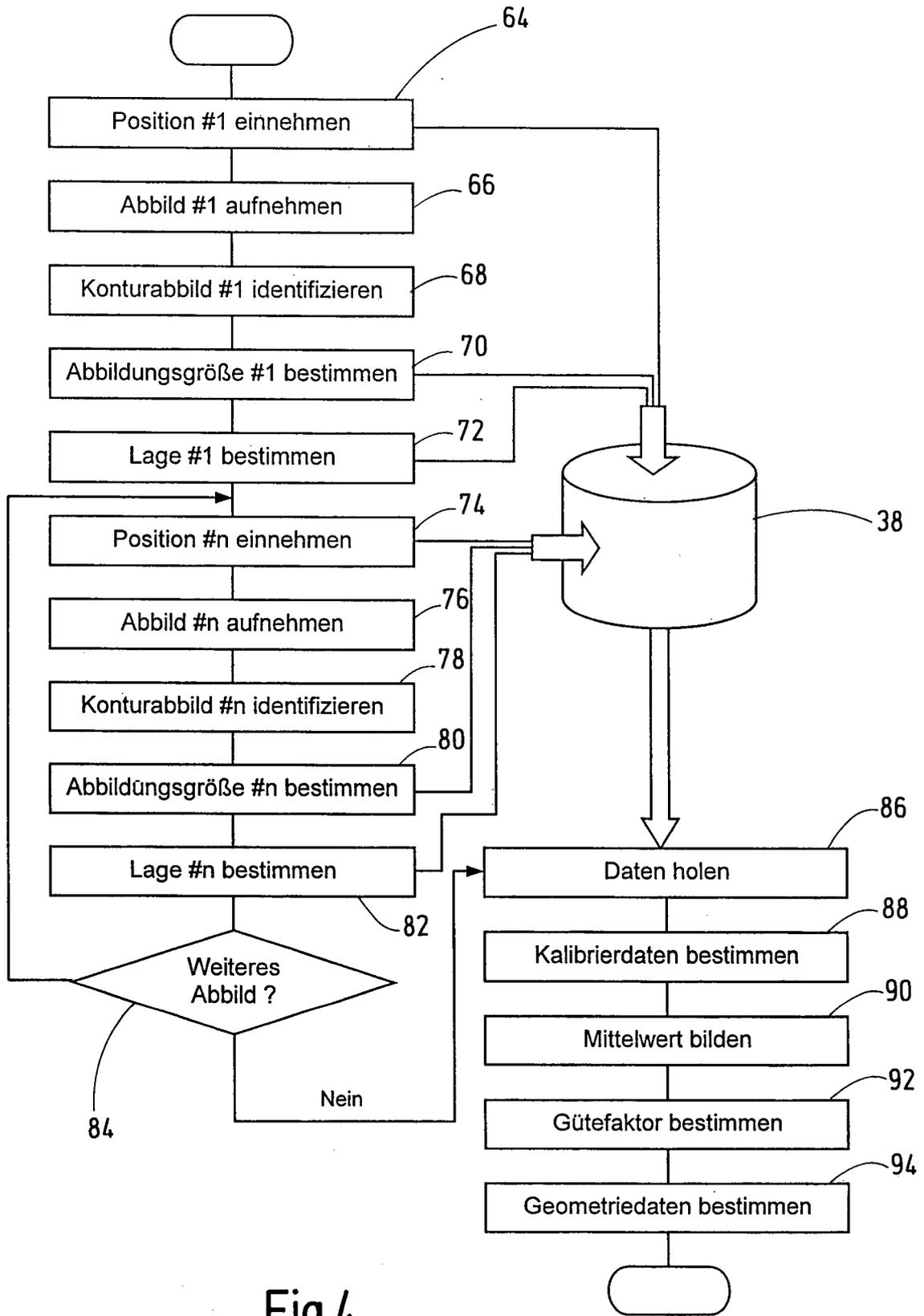


Fig.4