



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2004 050 257 A1** 2006.04.27

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 050 257.9**

(22) Anmeldetag: **14.10.2004**

(43) Offenlegungstag: **27.04.2006**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **H05G 1/02 (2006.01)**  
**G01B 15/00 (2006.01)**

(71) Anmelder:  
**Werth Messtechnik GmbH, 35394 Gießen, DE**

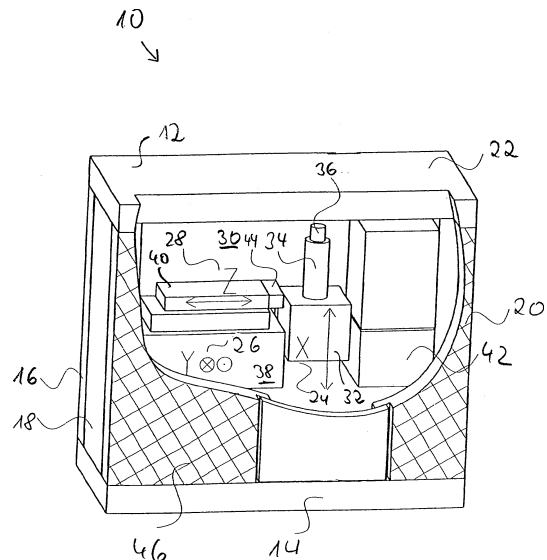
(72) Erfinder:  
**Antrag auf Nichtnennung**

(74) Vertreter:  
**Stoffregen, H., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., Pat.-Anw.,  
63450 Hanau**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Anordnung und Verfahren zum Messen von Strukturen von Objekten**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf eine Anordnung zum Messen von Strukturen und/oder Geometrien eines Werkstücks mittels eines Koordinatenmessgerätes (10) unter Verwendung einer Röntgensensorik (42), umfassend eine Röntgenstrahlenquelle (42), zumindest einen Röntgenstrahlen erfassenden Sensor sowie eine Abschirmung gegenüber Röntgenstrahlung. Um bei kompaktem Aufbau eine hinreichende Abschirmung gegen Röntgenstrahlen sicherzustellen, wird vorgeschlagen, dass die Abschirmung oder zumindest ein Bereich dieser als Funktionsbauteil für den erforderlichen messtechnischen Aufbau des Koordinatenmessgerätes (10) ausgebildet ist.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf eine Anordnung zum Messen von Strukturen und/oder Geometrien eines Objekts wie Werkstücks mittels eines Koordinatenmessgerätes unter Verwendung einer Röntgensensorik wie Computer-Tomographen umfassend eine Röntgenstrahlenquelle, zumindest einen Röntgenstrahlen erfassenden Sensor sowie eine Abschirmung gegenüber Röntgenstrahlung. Ferner bezieht sich die Erfindung auf ein Verfahren zum Messen von Strukturen und/oder Geometrien eines Objektes wie Werkstücks mittels eines Koordinatenmessgerätes unter Verwendung einer Röntgensensorik wie Computer-Tomographen umfassend eine Röntgenstrahlenquelle, zumindest einen Röntgenstrahlung erfassenden Sensor sowie eine Abschirmung gegenüber Röntgenstrahlung, wobei während des Messens die Röntgensensorik relativ zu dem Objekt, insbesondere das Objekt zu der Röntgensensorik gedreht wird.

## Stand der Technik

**[0002]** Aus der DE-A-100 44 169 ist ein Verfahren zur Bestimmung der Dicke von Werkstücken bekannt. Dabei trifft die ein zu messendes Bauteil durchsetzende Röntgenstrahlung auf einen Detektor. Das Bauteil kann mittels eines Manipulators gedreht sowie angehoben und abgesenkt werden. Nach vollständiger Durchleuchtung des Bauteils liefert ein Rechner eines Computer-Tomographen einen Stapel von Grauwertschnittbildern, die zusammengefügt werden, um einen dreidimensionalen Voxel-Datensatz zu erhalten. Aus diesem wird sodann die Wandstärke des Bauteils berechnet.

**[0003]** Aus der DE-C-38 06 686 ist ein Koordinatenmessgerät mit einem Multisensortastsystem bekannt, das einen taktile arbeitenden Sensor, einen Lasersensor und einen Videosensor umfasst, wobei entsprechend den Messaufgaben ein Einsatz einer der Sensoren erfolgt. Einen dieser Sensoren durch einen Computer-Tomographen zu ersetzen, sieht die EP-A-1 389 263 vor.

**[0004]** Bei der Verwendung einer Röntgensensorik sind umfangreiche Schutzmaßnahmen zur Abschirmung der Röntgenstrahlen erforderlich, um Strahlenschutzvorschriften zu genügen. Dabei muss sichergestellt sein, dass die Strahlenbelastung außerhalb der Messanordnung vorgegebene Grenzwerte nicht überschreitet. Um diesen Anforderungen zu genügen, ist es bekannt, dass um die Messanordnung, also unabhängig von dieser ein Strahlenschutzgehäuse angeordnet wird, das z. B. aus Blei oder Bleischichten aufweisendem Verbundmaterial besteht. Das Strahlenschutzgehäuse hat dabei die ausschließliche Aufgabe, die im Computer-Tomographen entstehende Röntgenstrahlung zu absorbieren. Durch das zusätzliche Gehäuse wird die Gesamt-

messanordnung voluminös. Eine unerwünschte Gewichtserhöhung sowie hohe Kosten sind weitere Folgen.

**[0005]** Nachteil bekannter Computer-Tomographen ist es des Weiteren, dass die Messgeschwindigkeit hinter der zurückbleibt, die in der Koordinatenmess-technik mit optischen Sensoren erzielbar ist. Nachteilig es auch, dass der Computer-Tomograph fest am Grundaufbau des Koordinatenmessgerätes befestigt sind, so dass die Mess-Einsatzmöglichkeit eingeschränkt ist.

## Aufgabenstellung

**[0006]** Der vorliegenden Erfindung liegt das Problem zu Grunde, eine Anordnung und ein Verfahren der eingangs genannten Art so weiterzubilden, dass bei kompaktem Aufbau eine hinreichende Abschirmung gegen Röntgenstrahlen sichergestellt ist. Nach einem weiteren Aspekt der Erfindung ist vorgesehen, dass eine hohe Messdichte durch einfache Maßnahmen erzielbar ist bzw. hohe Messgeschwindigkeiten erreichbar sind. Ferner soll eine Verbesserung der Auflösung sowie eine Reduzierung des Signal/Rauschverhältnisses ermöglicht werden. Auch sollen Objekte, die in Bezug auf Röntgenstrahlen nur einen geringen Kontrast erzeugen, mit hinreichender Genauigkeit messbar sein.

**[0007]** Zur Lösung des Problems sieht die Erfindung u. a. vor, dass die Abschirmung oder zumindest ein Bereich dieser als Funktionsbauteil für den erforderlichen messtechnischen Aufbau des Koordinatenmessgerätes ausgebildet ist. Mit anderen Worten wird die für den Strahlenschutz benötigte Abschirmung ganz oder teilweise von Funktionsbauteilen des messtechnischen Aufbaus des Koordinatenmessgerätes übernommen. Dabei besteht die Möglichkeit, dass Grundplatte und zumindest Rückwand des Gehäuses des Koordinatenmessgerätes derart dimensioniert bzw. aus einem Material hergestellt sind, dass gleichzeitig die erforderliche Abschirmung erzielt ist. Auch kann Grundplatte oder eine Seitenwandung entsprechend ausgebildet sein. Hierzu ist insbesondere vorgesehen, dass die für die Abschirmung relevanten Bauteile aus Hartgestein wie Granit bestehen. Aber auch andere Materialien, insbesondere Kunststeine, die ggf. mit einem entsprechenden strahlenabsorbierenden Material versetzt sind, können zum Einsatz gelangen.

**[0008]** In hervorzuhebender Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Abschirmung bzw. diese bildende Bauteile des Koordinatenmessgerätes wie Wandung Montageort für Funktionskomponenten des Koordinatenmessgerätes sind. Folglich sind die abschirmenden Bauteile gleichzeitig zur Montage von Funktionskomponenten des Koordinatenmessgerätes, insbesondere des zum Einsatz ge-

langenden Computer-Tomographen verwendbar, wobei die Funktionskomponenten Verfahrachsen und/oder Sensoren und/oder Strahlen- bzw. Lichtquellen sein können.

**[0009]** Um eine hinreichende Abschirmung sicherzustellen, können die für die Abschirmung verwendeten Bauelemente stärker dimensioniert sein als dies aus messtechnischer oder statischer Sicht notwendig ist.

**[0010]** Nach einem eigenerfinderischen Vorschlag ist vorgesehen, dass der Röntgenstrahlenquelle mehrere Sensoren zugeordnet sind, deren das Objekt durchsetzende Bestrahlungswinkel voneinander abweichen, wobei insbesondere zum Messen des Objekts gleichzeitig mit Röntgenstrahlen beaufschlagte  $n$ -Sensoren der Röntgenstrahlenquelle zugeordnet sind, die Röntgenstrahlenquelle zwischen aufeinander folgenden Messungen relativ zum Objekt um einen Basiswinkel  $\alpha$  verstellbar ist und aufeinander folgende Sensoren jeweils um einen Winkel  $\alpha/n$  zum benachbarten Sensor verdreht angeordnet sind.

**[0011]** Die erfindungsgemäße Anordnung umfasst  $n$  Detektoren für die Röntgenstrahlung, die so angeordnet sind, dass mit jedem Detektor bzw. Sensor jeweils ein Durchstrahlungsbild mit einem unterschiedlichen Durchstrahlungswinkel aufgenommen wird, wodurch eine Verringerung der benötigten Winkelstellung zur Erzeugung eines Tomogramms notwendig ist.

**[0012]** Erfindungsgemäß werden die Röntgensensoren um eine Winkeldifferenz zueinander justiert, die sich wie folgt ergibt. Es wird ein Basiswinkel verwendet, der sich als ganzzahliges Vielfaches des verwendeten Winkelschritts zwischen Strahlungsquelle und Sensor einerseits und zu messendem Objekt andererseits ergibt, wobei insbesondere das Objekt sich auf einem Drehtisch befindet, der zu der Röntgenstrahlensensorik drehbar ist. Der Winkel des zweiten Sensors wird um einen Wert  $1/(\text{Anzahl der Sensoren})$  erhöht, der Winkel des dritten Sensors wird um einen Wert  $2/(\text{Anzahl der Sensoren})$  erhöht. Folglich wird der  $n$ -te Sensor um  $(n-1)/(\text{Anzahl der Sensoren})$  erhöht. Somit ist die Möglichkeit gegeben, bei einmaliger Umdrehung die  $u$ -fache Anzahl von Winkelstellungen auszuwerten, wobei  $u = \text{das Produkt aus } n = \text{Anzahl der Sensoren und } m = \text{Anzahl der Positionierungen des Objekts zu der Röntgen-sensorik ist}$ .

**[0013]** Erfindungsgemäß werden die Röntgensensoren um ganzzahlige Vielfache des Winkelschritts des Drehtisches zueinander justiert, wobei die Durchstrahlungszeit in der jeweiligen Winkelposition verkürzt werden kann. Ungeachtet dessen wird die mehrfache Menge von Röntgenstrahlen durch die

mehrfache Anzahl von Sensoren aufgenommen, wodurch das Signal-Rauschverhältnis reduziert wird.

**[0014]** In Weiterbildung ist vorgesehen, dass bei der Bildaufnahme bzw. Bildübertragung oder Bildauswertung jeweils mehrere Pixelelemente des Sensors zu einem Pixel zusammengefasst werden und die ursprüngliche Auflösung in dem Volumenbild, das aus den Bildern mit derart reduzierter Pixelzahl berechnet wurde, durch rechnerische Interpolation erreicht bzw. übertroffen wird.

**[0015]** Eigenerfinderisch ist auch der Gedanke, dass das Objekt während der Messung kontinuierlich gedreht wird, wobei die Röntgenstrahlenquelle mit Hilfe z. B. eines mechanischen oder elektronischen Verschlusses oder gleichwirkenden Maßnahmen wie hochfrequente Modellierung nur mehrfach kurzzeitig geöffnet wird, um eine Bewegungsunschärfe zu vermeiden. Ungeachtet dessen wird auf diese Weise eine Messzeitverkürzung erzielt.

**[0016]** In Weiterbildung ist auch vorgesehen, dass von dem Objekt mehrere Tomogramme unter Ausnutzung verschiedener Spektralbereiche der Röntgenstrahlung erzeugt werden können.

**[0017]** Es können auch mehrere Tomogramme vom Objekt aufgenommen werden, wobei der Winkel zwischen Drehachse des das Objekt aufnehmenden Drehtisches und Röntgenstrahlenquelle und zugeordneten Sensoren mit Hilfe mechanischer Dreh-Schwenkachsen oder durch den Einsatz mehrerer Detektoren unter verschiedenen Winkeln variiert werden kann, wobei sich die Sensoren insbesondere entlang einer Geraden erstrecken, die parallel zur Drehachse des Drehtisches verläuft.

**[0018]** Zur Erhöhung der Auflösung im Tomogramm können mehrere Aufnahmen aufgenommen werden, zwischen denen der Sensor bzw. das Objekt um einen Abstand verschoben wird, der kleiner als Kantenlänge eines empfindlichen Elements des Sensors ist.

**[0019]** Des Weiteren sieht die Erfindung vor, dass das Objekt von parallel zueinander verlaufenden Röntgenstrahlen durchsetzt wird. Hierzu wird die Röntgenstrahlung mit Hilfe geeigneter Einrichtungen parallelisiert.

**[0020]** Ferner bzw. alternativ besteht die Möglichkeit, dass mit Hilfe translatorischer Relativbewegungen zwischen dem zu messenden Objekt und Röntgenstrahlenquelle/Sensor ein Bereich aufgenommen wird, der größer als Fläche des Sensors ist.

**[0021]** Um auch Werkstücke aufzunehmen, die in Bezug auf Röntgenstrahlung nur einen geringen Kontrast zeigen, sieht die Erfindung vor, dass das Objekt von einem Material umgeben ist, das eine hö-

here Absorption als das Objekt selbst aufweist.

**[0022]** Um eine Messoptimierung zu erreichen, kann mit verschiedenen Sensoren gemessen werden. Hierzu ist vorgesehen, dass neben der Röntgenstrahlenquelle und den diesen zugeordneten Sensoren weitere Sensoren für die messtechnische Erfassung des Objekts wie z. B. mechanische Taster, Lasertaster, Bildverarbeitungssensoren in der Anordnung vorgesehen sind, die gegebenenfalls auf separaten Verfahrachsen angeordnet sind.

**[0023]** Auch kann die zur Aufnahme eines Tomogramms benötigte Drehachse für die Drehung des Objekts auf einer Verfahrachse angeordnet sein, wodurch Messbereich in Richtung der Drehachse vergrößert wird.

#### Ausführungsbeispiel

**[0024]** 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.

**[0025]** Es zeigen:

**[0026]** [Fig. 1](#) eine Prinzipdarstellung eines erfindungsgemäß ausgebildeten Koordinatenmessgeräts,

**[0027]** [Fig. 2](#) eine Prinzipdarstellung einer ersten Anordnung von Röntgenstrahlenquelle und zugeordneten Sensoren und

**[0028]** [Fig. 3](#) eine Prinzipdarstellung einer zweiten Anordnung einer Röntgenstrahlenquelle und zugeordnete Sensoren.

**[0029]** In [Fig. 1](#) ist rein prinzipiell ein Koordinatenmessgerät **10** mit einem Gehäuse **12** dargestellt, das eine Grundplatte **14**, Rückwandung **16**, Seitenwandungen **18**, **20** sowie eine Kopfwandung **22** umfasst, die auch als Deckplatte zu bezeichnen ist.

**[0030]** Die x-Achse, y-Achse und z-Achse des Koordinatenmessgerätes sind in der Zeichnung mit dem Bezugszeichen **24**, **26** und **28** gekennzeichnet. An der Innenseite **30** der Rückwandung **16** des Gehäuses **12** verläuft in x-Richtung einer Führung, entlang der, also in x-Richtung **24**, eine Halterung **32** für einen Drehtisch **34** verstellbar ist, auf dem ein zu messendes Objekt **36** angeordnet ist. Mit anderen Worten ist auf der x-Achse **24** der Drehtisch **34** angeordnet.

**[0031]** Entlang der y-Achse **26** verlaufen Führungen, entlang der eine Aufnahme **38** verschiebbar ist.

Von der Aufnahme **38** geht entlang der z-Achse **28** verschiebbar eine Halterung **40** aus.

**[0032]** Von der Grundplatte **14** geht des Weiteren eine Röntgenquelle **42** aus, deren Röntgenstrahlung das auf dem Drehtisch **34** angeordnete Objekt **36** durchsetzt. Die Röntgenstrahlung wird ihrerseits von entsprechend geeigneten Sensoren wie CCD-Sensoren erfasst, die für Röntgenstrahlung empfindlich sind.

**[0033]** Des Weiteren können von der z-Achse **28**, d. h. im Ausführungsbeispiel von der Halterung **40** Sensoren **44** ausgehen. Hierbei kann es sich um Sensoren handeln, die für Koordinatenmessgeräte üblich sind, also z. B. taktile oder optische Sensoren. Somit kann sowohl tomographiert werden als auch taktil oder optisch wie mit Bildverarbeitungssensoren, Laserabstandssensoren etc. gemessen werden.

**[0034]** Durch den Einsatz von Röntgenstrahlen ist es erforderlich, dass das Koordinatenmessgerät **10** im hinreichenden Umfang nach außen hin abgeschirmt ist. Hierzu ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass zumindest einige der tragenden Bauelemente Abschirmfunktion ausüben. So kann z. B. die Grundplatte **14** und/oder die Rückwandung **16** derart dimensioniert bzw. ausgebildet sein, dass die erforderliche Abschirmfunktion sichergestellt ist.

**[0035]** Die entsprechenden Wandungen **14**, **16** üben dabei gleichzeitig die Funktion aus, die für den messtechnischen Aufbau erforderlich ist, nämlich im Ausführungsbeispiel Führung für die x- und y-Achse.

**[0036]** Zusätzlich besteht die Möglichkeit, Wandungen, die nicht die hinreichende Abschirmwirkung aufweisen, mit strahlungsdämmenden Schichten **46** innen- und/oder außenflächenseitig zu versehen. Hierbei handelt es sich insbesondere um Bleiblech.

**[0037]** Bezüglich der tragenden Wandungen, insbesondere derjenigen, die Abschirmfunktion ausüben, sollten bevorzugterweise Hartgestein wie Granit oder entsprechende Materialien zum Einsatz gelangen. Auch ist ein künstliches Hartgestein wie Polymerbeton denkbar, das im erforderlichen Umfang mit Röntgenstrahlen absorbierendem Material wie Magnetitstein oder ähnliches versetzt sein kann.

**[0038]** Erfindungsgemäß übt das Gehäuse **12** des Koordinatenmessgerätes **10** bzw. Teile dieses eine Doppelfunktion aus, nämlich die der erforderlichen Abschirmung sowie die von Funktionsbauteilen des messtechnischen Aufbaus. Somit ergibt sich eine kompakte Konstruktion.

**[0039]** Um eine hohe Messdichte zu erreichen bzw. in jeweiliger Messposition nur geringe Bestrahlungszeiten in Kauf nehmen zu müssen, ohne dass Einbu-

ßen hinsichtlich der Messgenauigkeit erfolgen, ist entsprechend der Darstellung der [Fig. 2](#) vorgesehen, dass gleichzeitig – also in jeder Messposition des Objekts **36** – mehrere Tomogramme unter unterschiedlichen Durchstrahlungswinkeln aufgenommen wird. So geht in [Fig. 2](#) entsprechend den Ausführungen gemäß [Fig. 1](#) von der Grundplatte **14** der Drehtisch **34** aus, auf dem ein nicht dargestelltes zu messendes Objekt angeordnet ist, das von einem Röntgenstrahler **48** stammender Röntgenstrahlung **50** durchstrahlt wird. Die Strahlung wird im Ausführungsbeispiel von insgesamt drei Röntgensensoren **52, 54, 56** erfasst, so dass sich drei Tomogramme für unterschiedliche Durchstrahlungsrichtungen in einer Messposition des Objektes ergeben. In jeder Messposition, also jeder Winkelstellung des Drehtisches **34** werden die Sensoren **52, 54, 56** ausgelesen und Projektionsbilder für das Tomogramm gewonnen. Dabei ist die Winkelstellung der Sensoren **52, 54, 56** derart ausgelegt, dass sich die Winkel zwischen den Sensoren **52, 54, 56** jeweils um ganzzahlige Vielfache des beim Betreiben des Computer-Tomographen verwendeten Winkelschritts des Drehtisches **36** unterscheiden, wobei der zweite und der dritte Sensor **54, 56** zum vorausgehenden ersten Sensor **52** bzw. zweiten Sensor **54** um ein Drittel des Winkelschritts verdreht angeordnet sind.

**[0040]** Um mehrere Tomogramme des zu messenden Objekts **36** aufzunehmen, wobei der Winkel zwischen Drehachse **58** des Drehtisches **54** und Röntgenstrahlung **50** scheinbar verändert wird, sind im Ausführungsbeispiel der [Fig. 3](#) beispielhaft drei Sensoren **60, 62, 64** in unterschiedlichen Winkeln zu der Hauptstrahlungsrichtung der Röntgenstrahlungsquelle **48** angeordnet, wodurch das scheinbare Verschwenken der Röntgenstrahlungsquelle zur Drehachse **58** simuliert wird.

### Patentansprüche

1. Anordnung und Verfahren zum Messen von Strukturen von Objekten

2. Anordnung zum Messen von Strukturen und/oder Geometrien eines Objekts wie Werkstücks mittels eines Koordinatenmessgerätes (**10**) unter Verwendung einer Röntgensensorik (**42, 48, 50, 52, 54, 56, 60, 62, 64**), umfassend eine Röntgenstrahlungsquelle (**42**), zumindest einen Röntgenstrahlen (**50**) erfassenden Sensor (**52, 54, 56, 60, 62, 64**) sowie eine Abschirmung gegenüber Röntgenstrahlung, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abschirmung oder zumindest ein Bereich dieser als Funktionsbauteil für erforderlichen messtechnischen Aufbau des Koordinatenmessgerätes (**10**) ausgebildet ist.

3. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Grundplatte (**14**) und/oder zumindest eine Seiten- oder Rückwandung (**16, 18**) des Koordi-

natenmessgerätes (**10**) als Abschirmung ausgebildet ist.

4. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass für die Abschirmung erforderliche Bauteile (**14, 16**) aus Stein wie Granit ausgebildet sind.

5. Anordnung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Abschirmung bzw. diese bildende Bauteile wie Grundplatte (**14**) oder Rück- oder Seitenwandung (**16, 18**) Montageort für eine oder mehrere Funktionskomponenten des Koordinatenmessgerätes (**10**) ist.

6. Anordnung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Abschirmung Montageort bzw. -bereich für zumindest eine Verfahrachse und/oder Befestigung und/oder Führung für ein Element wie einen Sensor und/oder Befestigung oder Führung einer Strahlen- oder Lichtquelle als das Funktionselement ist.

7. Anordnung nach vorzugsweise einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Röntgenstrahlungsquelle (**42, 48**) mehrere Sensoren (**52, 54, 56**) zugeordnet sind, wobei das Objekt durchsetzende Durchstrahlungswinkel der Sensoren voneinander abweichen.

8. Anordnung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zur Messung des Objekts gleichzeitig mit Röntgenstrahlung beaufschlagte n-Sensoren (**52, 54, 56**) der Röntgenstrahlungsquelle (**48**) zugeordnet sind, dass die Röntgenstrahlungsquelle zwischen aufeinander folgenden Messungen relativ zu dem Objekt um einen Basiswinkel  $\alpha$  verstellbar ist und dass aufeinander folgende Sensoren jeweils um einen Winkel  $\alpha/n$  zueinander verdreht oder verkippt ausgerichtet sind.

9. Anordnung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung mehrere die Röntgenstrahlung (**50**) erfassende Sensoren (**52, 54, 56, 60, 62, 64**) aufweist, die derart angeordnet sind, dass mit jedem Sensor jeweils ein Durchstrahlungsbild des Objekts (**36**) unter einem unterschiedlichen Bestrahlungswinkel aufnehmbar ist.

10. Anordnung nach vorzugsweise zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Tomogramme des Objekts (**36**) unter Ausnutzung verschiedener Spektralbereiche der Röntgenstrahlung (**50**) ermittelbar sind.

11. Anordnung nach vorzugsweise zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch ge-

kennzeichnet, dass bei der Bildaufnahme bzw. Bildübertragung und Bildauswertung jeweils mehrere Pixelelemente des Sensors zu einem Pixel zusammenfassbar sind und die ursprüngliche Auflösung in dem Volumenbild, das aus den Bildern mit derart reduzierter Pixelzahl berechnet wurde, durch rechnerische Interpolation erreicht oder übertroffen wird.

12. Anordnung nach vorzugsweise zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Objekt **(36)** während der Messung kontinuierlich drehbar und von den Röntgenstrahlen diskontinuierlich beaufschlagbar ist.

13. Anordnung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Austrittsöffnung der Röntgenstrahlenquelle **(48)** ein mechanischer und/oder elektronischer Verschluss zugeordnet ist.

14. Anordnung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Röntgenstrahlung **(50)** hochfrequent modellierbar ist.

15. Anordnung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Sensoren **(60, 62, 64)** entlang einer parallel zur Drehachse **(58)** des Objekts **(36)** verlaufenden Geraden angeordnet sind, die unter voneinander abweichendem Winkel zu der Austrittsachse der Röntgenstrahlenquelle **(48)** angeordnet sind.

16. Anordnung nach vorzugsweise einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein gegenüber Röntgenstrahlung **(50)** einen geringen Kontrast aufweisendes Objekt von einem Material umgeben ist, dessen Röntgenstrahlenabsorption größer als die des Objekts ist.

17. Anordnung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung neben dem bzw. den die Röntgenstrahlung **(50)** erfassenden Sensoren **(52, 54, 56, 60, 62, 64)** weitere Sensoren zur messtechnischen Erfassung des Objekts **(36)** wie mechanischer Taster, Lasertaster, Bildverarbeitungssensor angeordnet sind.

18. Anordnung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass einige der Sensoren auf separaten Verfahrrachsen angeordnet sind.

19. Anordnung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Drehachse **(58)** des Objekts **(36)** auf einer Verfahrrachse zur Vergrößerung des Messbereichs in Richtung der Drehachse angeordnet ist.

20. Verfahren zum Messen von Strukturen und/oder Geometrien eines Objektes wie Werkstücks mittels eines Koordinatenmessgerätes unter Verwendung einer Röntgensensorik wie Computer-Tomograph umfassend eine Röntgenstrahlenquellen, zumindest einen die Röntgenstrahlung erfassenden Sensor sowie Abschirmung gegenüber Röntgenstrahlung, wobei während des Messens die Röntgensensorik relativ zu dem Objekt, insbesondere das Objekt zu der Röntgensensorik gedreht wird, dadurch gekennzeichnet, dass Funktionsbauteil des Koordinatenmessgerätes als die Abschirmung ausgebildet wird.

21. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Abschirmung als Montageort für Funktionskomponenten wie Verfahrrachse und/oder Sensor und/oder Strahlen- bzw. Lichtquelle ausgebildet wird.

22. Verfahren nach Anspruch 19 oder 20, dadurch gekennzeichnet, dass als Abschirmung Grundplatte des Koordinatenmessgerätes und/oder Seitenwandung und/oder Rückwandung ausgebildet wird.

23. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 19 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass zur Abschirmung verwendete Bauelemente stärker dimensioniert werden als aus messtechnischer oder statischer Sicht erforderlich.

24. Verfahren nach vorzugsweise einem der Ansprüche 19 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass der Röntgenstrahlenquelle mehrere Sensoren derart zugeordnet werden, dass mit jedem Sensor jeweils ein Durchstrahlungsbild unter einem voneinander abweichenden Durchstrahlungswinkel aufgenommen wird.

25. Verfahren nach vorzugsweise einem der Ansprüche 19 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass von dem Objekt Tomogramme unter Ausnutzung verschiedener Spektralbereiche der Röntgenstrahlung aufgenommen werden.

26. Verfahren nach vorzugsweise einem der Ansprüche 19 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Bildaufnahme bzw. Bildübertragung oder Bildauswertung jeweils mehrere Pixelelemente des Wandlers zu jeweils einem Pixel zusammengefasst werden und die ursprüngliche Auflösung in dem Volumenbild, das aus den Bildern mit derart reduzierter Pixelzahl berechnet wurde, durch rechnerische Interpolation erreicht oder übertroffen wird.

27. Verfahren nach vorzugsweise einem der Ansprüche 19 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass das Objekt während der Datenaufnahme kontinuierlich gedreht wird, wobei die Röntgenstrahlenquelle mit Hilfe eines mechanischen oder elektrischen Verschlusses nur kurzzeitig geöffnet wird.

28. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass das Objekt während der Messung kontinuierlich gedreht wird und diskontinuierlich von Röntgenstrahlen beaufschlagt wird.

Drehachse angeordnet wird.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

29. Verfahren nach vorzugsweise einem der Ansprüche 19 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Tomogramme des Objekts gleichzeitig aufgenommen werden, wobei Winkel zwischen Drehachse des Objekts und Röntgenstrahlung mit Hilfe mechanischer Drehschwenkachsen oder Verwendung mehrerer Detektoren unter verschiedenen Winkeln variiert wird.

30. Verfahren nach vorzugsweise einem der Ansprüche 19 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erhöhung der Auflösung im Tomogramm mehrere Aufnahmen aufgenommen werden, zwischen denen der Sensor bzw. das Objekt um eine Strecke verschoben wird, die kleiner als Kantenlänge eines empfindlichen Elements des Sensors ist.

31. Verfahren nach vorzugsweise einem der Ansprüche 19 bis 29, dadurch gekennzeichnet, dass die Röntgenstrahlung parallelisiert wird.

32. Verfahren nach vorzugsweise einem der Ansprüche 19 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass mittels translatorischer Relativbewegung zwischen Objekt und Röntgenstrahlungsquelle bzw. Sensor ein Bereich aufgenommen wird, der größer als Sensorfläche ist.

33. Verfahren nach vorzugsweise einem der Ansprüche 19 bis 31, dadurch gekennzeichnet, dass das Objekt aus Materialien geringen Kontrasts gegenüber Röntgenstrahlen dadurch gemessen wird, dass das Objekt von einem Material umgeben wird, dessen Röntgenstrahlenabsorption größer als die des Objekts ist.

34. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 19 bis 32, dadurch gekennzeichnet, dass neben dem bzw. den Sensoren zum Erfassen der Röntgenstrahlung weitere Sensoren für messtechnische Erfassung des Objekts wie z. B. mechanischer Taster, Lastertaster, Bildverarbeitungssensor verwendet werden.

35. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 19 bis 33, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest einige der Sensoren auf separaten Verfahrachsen angeordnet werden.

36. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 19 bis 34, dadurch gekennzeichnet, dass zur Aufnahme eines Tomogramms benötigte Drehachse zum Drehen des Objekts auf einer Verfahrachse zur Vergrößerung des Messbereichs in Richtung der

Anhängende Zeichnungen

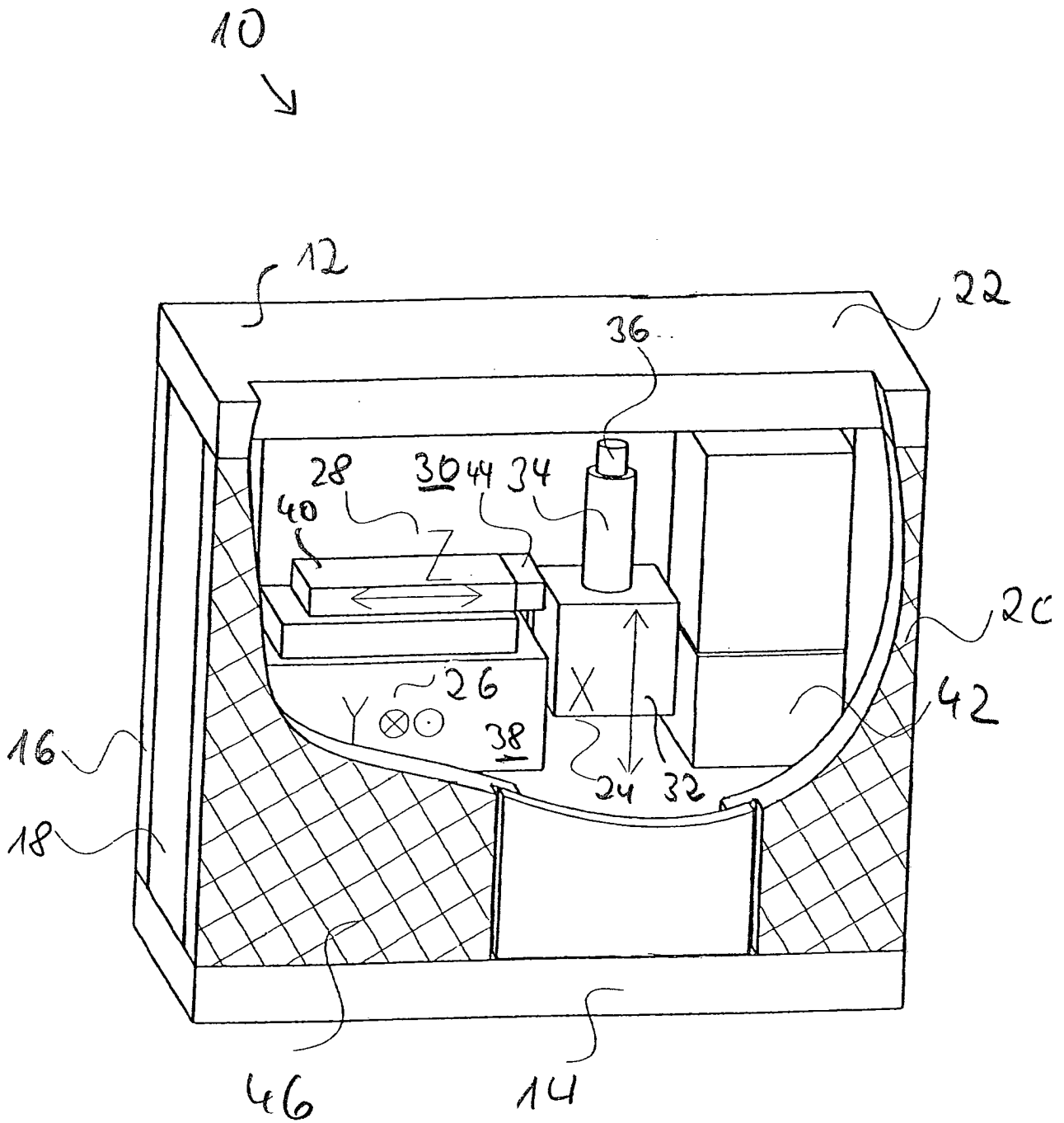


Fig. 1



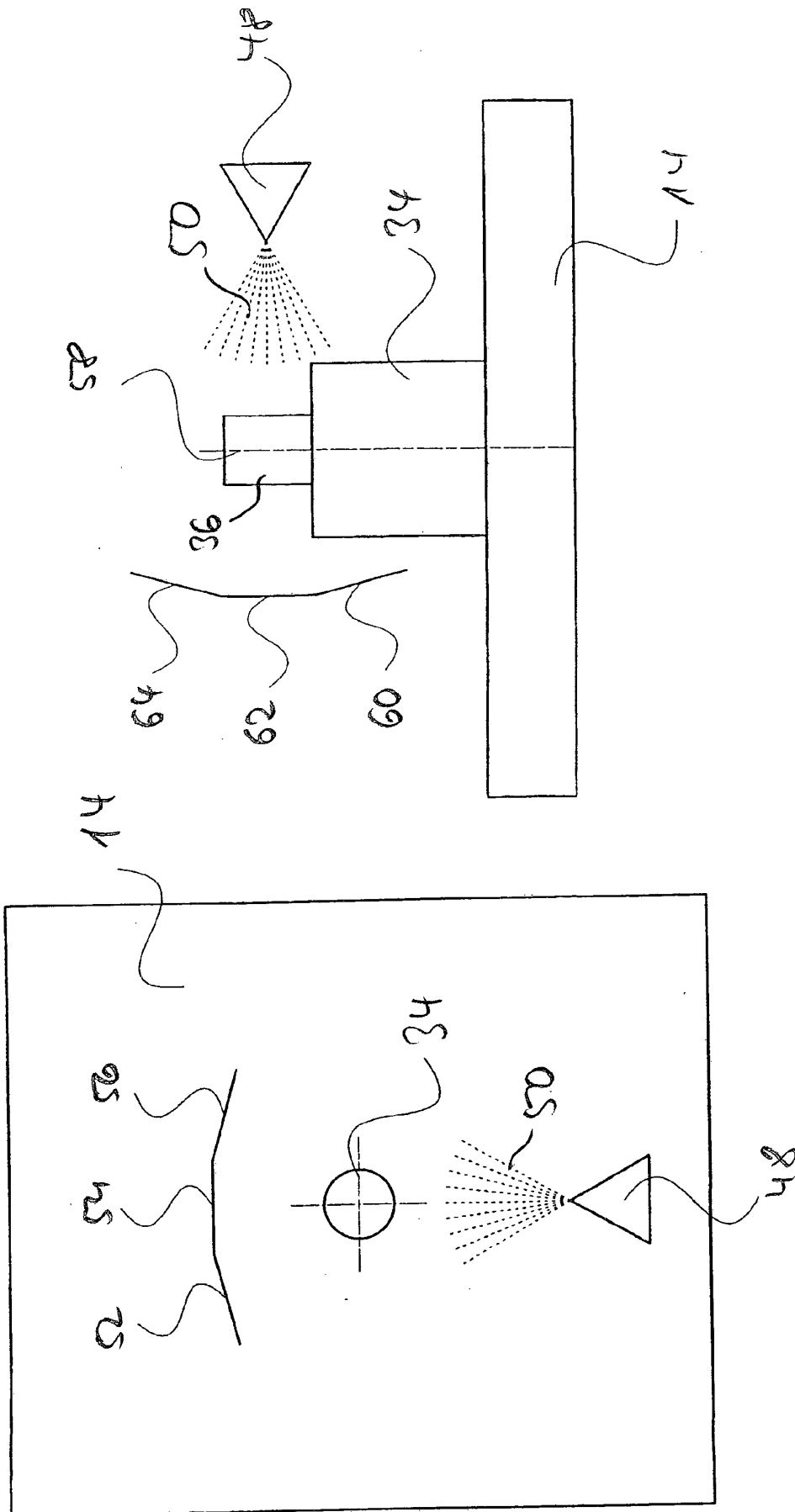


Fig. 3

Fig. 2