

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
1. November 2007 (01.11.2007)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2007/121989 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
Nicht klassifiziert

FORSCHUNGE E.V. [DE/DE]; Hansastrasse 27c,
80686 München (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2007/003599

(72) Erfinder; und

(22) Internationales Anmeldedatum:
24. April 2007 (24.04.2007)

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **SCHOLZ, Oliver** [DE/DE]; Kleinseebacher Str. 8b, 91096 Möhrendorf (DE). **KOSTKA, Günther** [DE/DE]; David-Morgens-tern-Weg 7a, 91056 Erlangen (DE). **WENZEL, Thomas** [DE/DE]; Goethestr. 10a, 91083 Baiersdorf (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(74) **Anwalt: SCHOPPE, Fritz**; Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, Postfach 246, 82043 Pullach bei München (DE).

(30) Angaben zur Priorität:
10 2006 019 060.2 25. April 2006 (25.04.2006) DE

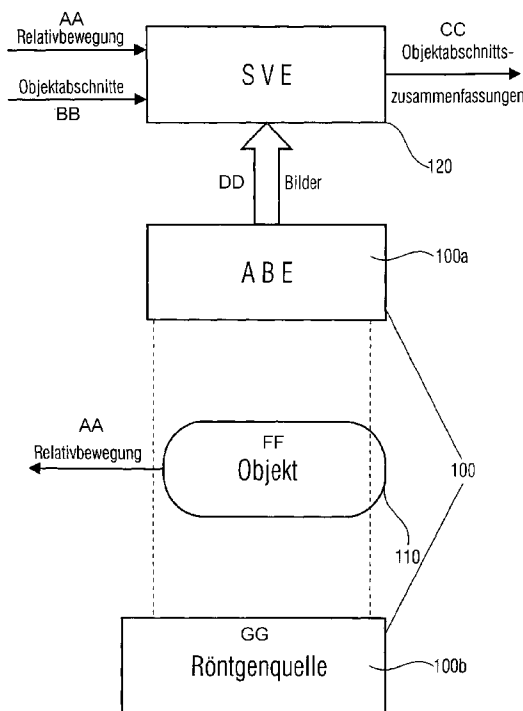
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN**

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR GENERATING A TWO-DIMENSIONAL REPRESENTATION OF ANY OBJECT SECTION WITHIN AN OBJECT

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM ERZEUGEN EINER ZWEIDIMENSIONALEN DARSTELLUNG EINES BELIEBIG INNERHALB EINES OBJEKTS ANGEORDNETEN OBJEKTABSNITTS



(57) Abstract: According to the invention, a two-dimensional representation of any object section arranged within an object (110) may be generated, by generating a first image with an imaging device (100), said image including the object (110) and subsequently generating a second image including the object (110), the object (110) and the imaging device (100) moving relative to each other. Information about a position and a form of the object section in question in the object (110) and the relative movement thereof are received in a signal processing device (120) and, based on the received information, image sections in the first image and in the second image, relating to the object section in question, are combined.

(57) Zusammenfassung: Zum Erzeugen einer zweidimensionalen Darstellung eines beliebig innerhalb eines Objekts (110) angeordneten Objektabschnitts wird mittels einer Abbildungseinrichtung (100) ein erstes Bild erzeugt, das das Objekt (110) umfasst, und nachfolgend ein zweites Bild erzeugt, das das Objekt (110) umfasst, während sich das Objekt (110) und die Abbildungseinrichtung (100) relativ zueinander bewegen. Durch eine Signalverarbeitungseinrichtung (120) werden Informationen über eine Lage und eine Form des interessierenden Objektabschnitts in dem Objekt (110) und dessen Relativbewegung empfangen, um basierend auf den empfangenen Informationen Bildabschnitte in dem ersten Bild und in dem zweiten Bild, die dem interessierenden Objektabschnitt zugeordnet sind, zusammenzufassen.

AA relative movement
BB object sections
CC object section combination
DD images
FF object
GG X-ray source

WO 2007/121989 A2



ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,

MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Vorrichtung und Verfahren zum Erzeugen einer zweidimensionalen Darstellung eines beliebig innerhalb eines Objekts angeordneten Objektabschnitts

5

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Erzeugen einer zweidimensionalen Darstellung eines beliebig innerhalb eines Objekts angeordneten Objektabschnitts, wie es z. B. bei der Verarbeitung von Röntgenbilddaten in der industriellen Qualitätskontrolle an Produkten Einsatz findet.

15 Das technische Einsatzgebiet der hier beschriebenen Erfindung ist die Verarbeitung von Röntgenbilddaten, insbesondere in der industriellen Qualitätskontrolle an Produkten, die mittels Röntgenstrahlung durchgeführt wird. Als einer der wichtigsten Anwendungsfälle sei hier die Detektion von sogenannten Lunkern oder Porositäten in Gussteilen wie z.B. Aluminiumrädern genannt. Die besondere Schwierigkeit liegt hierbei darin, dass die Röntgenbilddaten prinzipbedingt mit einem Bildrauschen behaftet sind, die eine (automatische) Erkennung der Gussfehler negativ beeinflusst. Um das Bildrauschen zu reduzieren, wird daher üblicherweise der Bildinhalt über mehrere gleichartige Aufnahmen gemittelt. Die vorliegende Erfindung bezieht sich neben der Röntgenbildtechnik allgemein auf bildgebende Verfahren, wie beispielsweise auch Ultra-Schall-Verfahren, abbildendes Radar etc.

30

Bei der Produktion von Gussteilen kann es zu Herstellungsfehlern, wie z. B. Luftblasen, Porositäten oder Rissen kommen, welche die mechanischen Eigenschaften und damit die Zuverlässigkeit signifikant beeinflussen können. Daher ist besonders bei sicherheitskritischen Teilen im Automobil- oder Luftfahrtbereich eine zuverlässige Prüfung derartiger Teile unerlässlich. Solche Fehler können in Extremfällen z. B. in Aluminiumrädern bei Belastung zu einem Speichenbruch

35

führen, oder auch nur bei der weiteren Bearbeitung (Abspannung) zu optischen Beeinträchtigungen führen, die schließlich Grund für eine Aussonderung sind, was aus wirtschaftlichen Gründen möglichst früh in der Wertschöpfungskette
5 geschehen soll.

Da derartige Produktionsfehler im Material verborgen sind, werden im industriellen Bereich vorwiegend mittels Röntgentechnik Aufnahmen der relevanten Bereiche der Gussteile
10 erstellt, in denen sich dann Hohlräume durch die geringere Schwächung der Röntgenstrahlen im Vergleich zur Umgebung in Form von Helligkeitsschwankungen niederschlagen. Die Helligkeitsschwankungen in diesen Bilddaten werden dann meist automatisch verarbeitet, von geeigneter Software detektiert
15 und führen dann gegebenenfalls zu einer Aussonderung des Prüflings.

Ein Problem bereitet dabei das unvermeidliche Rauschen, das in den Aufnahmen auftritt. Die Helligkeitsschwankungen, die
20 von Porositäten verursacht werden, liegen insbesondere bei kleinen Porositäten im Bereich der vom Rauschen verursachten Helligkeitsschwankungen, so dass eine Reduktion des Bildrauschens die spätere Weiterverarbeitung der Bilddaten wesentlich vereinfacht. Da das Bildrauschen direkt von der
25 Anzahl der auftreffenden Röntgenquanten abhängt, wird im Allgemeinen über eine Anzahl gleichartiger Aufnahmen oder eine längere Belichtungszeit gemittelt, um das Rauschen auf diese Art und Weise zu reduzieren. Durch die Mittelung werden die in den Bildern konstanten Bildteile hervorgeho-
30 ben, und gleichzeitig die veränderlichen Bildteile (also das Rauschen) reduziert. Dazu ist es notwendig, den Prüfling still zu halten, um Fehler durch Verwackeln zu vermeiden.

35 Da die Gussteile typischerweise größer als der zur Verfügung stehende Röntgensensor sind, erfolgt die Prüfung in unterschiedlichen Schritten, wobei in jedem Schritt ein Teil des Prüflings zweidimensional auf einem Detek-

tor/Sensor abgebildet wird. Dazu werden entweder Röntgenquelle/Detektor oder der Prüfling (oder beides gleichzeitig) bewegt, um den nächsten Prüfausschnitt auf dem Detektor abzubilden. Da es für die Röntgenbilder unerheblich ist, ob der neue Blickwinkel durch Bewegung des Prüflings
5 ist, oder der Aufnahmeeinheit oder von beidem entstanden ist, wird im Weiteren davon ausgegangen, dass lediglich der Prüfling bewegt wird.

10 Da, wie bereits erwähnt, der Prüfling bei der Aufnahme der zu mittelnden Bildserie still stehen soll, führt eine Prüfanlage typischerweise eine Sequenz von Aufnahme-Bewegung-Abläufen durch. Bei jedem dieser Abläufe wird der Prüfling beschleunigt und abgebremst, sobald die nächste
15 Prüfposition erreicht ist, um dann eine weitere Aufnahmeserie zu machen. Die Beschleunigung (und das Abbremsen) sind dabei durch das Hantierungssystem begrenzt, da z.B. ein abrupt abgebremstes Aluminiumrad in einem Greifer einfach durchrutscht, wenn der Anpressdruck nicht ausreichend ist.
20 Ferner muss abgewartet werden, bis eventuelle durch den Abbremsvorgang hervorgerufene mechanische Schwingungen abgeklungen sind, um die durch Bewegungen hervorgerufene Unschärfe zu vermeiden, bevor jeweils mit der Aufnahmeserie begonnen werden kann.

25 Die Dauer der Aufnahmeserie hängt vom gewünschten Maß der Rauschreduzierung ab, liegt aber typischerweise bei ca. 10 - 16 Aufnahmen, was zu einer Reduktion des Rauschens um den Faktor 4 führt. Längere Zeiten würden das Rauschen zwar
30 weiter reduzieren, sind aber in der Regel nicht durchführbar, da die Prüfung eines Teils in möglichst kurzer Zeit durchgeführt werden soll.

Bei einem Aluminiumrad, das beispielsweise in insgesamt 30
35 Bildaufnahmen zu prüfen ist, entfallen auf die Beschleunigung/Abbremsung des Rades pro Bild typischerweise 500 ms, und die Integration von 16 Aufnahmen bei 25 Vollbildern pro

Sekunde dauert weitere $16/25 \text{ s} = 640 \text{ ms}$. Daraus ergibt sich eine Prüfzeit von ca. 35 Sekunden für das gesamte Rad.

Der Hauptnachteil des Standes der Technik ist also der hohe
5 Zeitaufwand, der für das wiederholte Beschleunigen und
Abbremsen des Prüflings notwendig ist.

Weiterhin ist der Stand der Technik bei derartiger Bildauf-
nahme naturgemäß auf die zweidimensionale Projektion eines
10 dreidimensionalen Objekts beschränkt, so dass eine Auswer-
tung der Tiefeninformation im Einzelbild nicht stattfinden
kann. Außerdem ist es möglich, dass Materialfehler durch
andere Bildteile in der Projektion in einem Blickwinkel
verdeckt werden, so dass es nötig ist, jede Stelle des
15 Prüflings aus mehreren Perspektiven zu projizieren, um
diese Verdeckungen in wenigstens einer von mehreren Ansich-
ten zu detektieren.

Ferner ist die Verfolgung von möglichen Materialdefekten in
20 verrauschten, ungemittelten Einzelbildern, und die algo-
rithmische Aussortierung von Artefakten über verschiedene
Fehlereigenschaften bekannt.

Der Stand der Technik beschreibt ferner die Tangentialra-
25 diographie, die z.B. in der DE 695 22 751 T2 beschrieben
wird. Bekannt sind weiterhin rein zweidimensionale Verfah-
ren, die als (digitale) Laminographie bezeichnet werden.
Dabei nimmt eine Kamera aus verschiedenen Winkeln ein
Objekt auf, um daraus eine ebene Fläche scharf und außer-
30 halb dieser Ebene liegende Objekte unscharf abzubilden.

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung eine Vorrich-
tung und ein Verfahren zum Prüfen von Objekten zu schaffen,
die die Darstellung eines beliebigen Abschnitts in dem
35 Objekt ermöglichen.

Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung gemäß Anspruch 1
und ein Verfahren gemäß Anspruch 15 gelöst.

Die vorliegende Erfindung schafft eine Vorrichtung zum Erzeugen einer zweidimensionalen Darstellung eines beliebig
5 innerhalb eines Objekts angeordneten Objektabschnitts, mit einer Abbildungseinrichtung, die angepasst ist, um ein erstes Bild zu erzeugen, das das Objekt umfasst, und nachfolgend ein zweites Bild zu erzeugen, das das Objekt umfasst, während sich das Objekt und die Abbildungseinrichtung
10 relativ zueinander bewegen. Ferner umfasst die Vorrichtung eine Signalverarbeitungseinrichtung, die angepasst ist, um Informationen über eine Lage und eine Form des interessierenden Objektabschnitts in dem Objekt und dessen Relativbewegungen zu empfangen, um basierend auf den empfangenen
15 Informationen Bildabschnitte in dem ersten Bild und in dem zweiten Bild, die dem interessierenden Objektabschnitt zugeordnet sind, zusammenzufassen.

Die vorliegende Erfindung schafft ferner ein Verfahren zum Erzeugen einer zweidimensionalen Darstellung eines beliebig
20 innerhalb eines sich bewegenden Objekts angeordneten Objektabschnitts, mit folgenden Schritten:
Erfassen eines ersten Bildes, das das Objekt umfasst;
Erfassen eines zweiten Bildes, das das Objekt umfasst;
25 Empfangen von Informationen über eine Lage und eine Form des interessierenden Objektabschnitts in dem Objekt und dessen Bewegung; und basierend auf den empfangenen Informationen, Zusammenfassen von Bildabschnitten in dem ersten und in dem zweiten Bild, die dem interessierenden Objektabschnitt zugeordnet sind.
30

Der Kerngedanke der vorliegenden Erfindung besteht darin, dass aus einer kontinuierlichen rauschbehafteten Bildsequenz nun rauschreduzierte Einzelbilder erzeugt werden,
35 wobei diese Einzelbilder beliebige Schnittflächen durch das zu untersuchende Objekt zeigen, und eine Mehrzahl dieser Bilder von verschiedenen Objektabschnitten gleichzeitig erzeugt werden kann. Dies wird erreicht, indem eine der

Bewegung der interessierenden Schnittfläche entsprechende Projektionsvorschrift auf die Sequenz der Bilder angewendet wird, so dass nun die interessierenden Punkte der Schnittfläche aufeinander zu liegen kommen und dadurch eine
5 Rauschreduktion der Einzelbilder erreicht wird.

Die vorliegende Erfindung lehrt die Prüfung von dreidimensionalen Objekten in der kontinuierlichen Bewegung, ohne dass das Objekt für die einzelnen Bildaufnahmen anzuhalten
10 ist. Aus dem kontinuierlichen Strom von rauschbehafteten Bilddaten wird durch geeignete Algorithmik eine Serie von rauschreduzierten Einzelbildern gewonnen, die z. B. durch die herkömmlichen Bildverarbeitungsalgorithmen geprüft werden können. Erfindungsgemäß wird ein beliebiger Schnitt
15 (Projektionsfläche) durch das zu prüfende Objekt scharf abgebildet, wobei gleichzeitig außerhalb der Schnittebene liegende Bereiche verwischt werden (Tomographie/Laminographie-Effekt). Ferner kann eine Mehrzahl solcher Projektionsebenen verschiedener Objektabschnitte
20 gleichzeitig erzeugt werden. Von der oben beschriebenen planaren Computertomografie (PCT), die auf einer Rekonstruktion einer planaren Ebene basiert, unterscheidet sich das erfindungsgemäße Verfahren dadurch, dass eine beliebig im Raum liegende gekrümmte Fläche rauschreduziert abgebildet
25 det wird.

Gegenüber den im Stand der Technik bekannten Ansätzen erreicht die vorliegende Erfindung eine höhere Prüfgeschwindigkeit und einen höheren Prüfdurchsatz. Entfällt im
30 Stand der Technik typischerweise die Hälfte der Prüfzeit pro Prüfposition auf die Positionierung eines Prüflings, so kann mit dem erfindungsgemäßen Ansatz der Durchsatz einer Prüfmaschine praktisch verdoppelt werden. Damit reduzieren sich für den Anwender nicht nur die Anschaffungskosten,
35 sondern auch die Wartungskosten, denn sowohl Aufnahmezeit (z. B. Bildverstärker) als auch Röntgenröhre und mechanische Komponenten unterliegen einem Verschleiß, der proportional zu der Betriebszeit ist. Dies wird durch die Mög-

lichkeit zur Erstellung mehrerer Projektionsebenen entlang beliebiger Objektabschnitte weiter begünstigt.

Anders als bei der erwähnten Laminographie, bei der aus
5 mehreren Einzelaufnahmen das Bild berechnet wird, wobei von Kamera, Objekt und Röntgenquelle jeweils zwei koordiniert zu verfahren sind, ist erfindungsgemäß eine einfache, kontinuierliche Bewegung ausreichend.

10 Im Gegensatz zur Tangentialradiographie ist das hier beschriebene Verfahren nicht auf die Abbildung eines rotationssymmetrischen Objektes, das rotatorisch um seine Drehachse bewegt wird, beschränkt. Stattdessen kann die Anordnung von zu prüfendem Objekt, Röntgenquelle und Detektor
15 beliebig sein, solange eine Abbildung des Objektes gewährleistet ist. Die Bewegung des Objektes kann beliebig sein, solange diese Bewegung des Objektes entweder bekannt ist (Sensoren am Manipulator oder mathematisches Modell) oder gegebenenfalls aus den Bilddaten extrahiert werden kann,
20 beispielsweise basierend auf der Verfolgung markanter Objektmerkmale oder einer eingearbeiteten Probe.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend Bezug nehmend auf die beiliegenden
25 Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen

- Fig. 1 ein Blockschaltbild der erfindungsgemäßen Vorrichtung gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel;
30
- Fig. 2(a) eine schematische Darstellung einer Momentaufnahme eines zweidimensional bewegten Objekts zu einem ersten Zeitpunkt;
- 35 Fig. 2(b) eine schematische Darstellung einer Momentaufnahme eines zweidimensional bewegten Objekts zu einem zweiten Zeitpunkt;

- Fig. 2(c) eine schematische Darstellung einer Momentaufnahme eines zweidimensional bewegten Objekts zu einem dritten Zeitpunkt;
- 5 Fig. 3(a) eine schematische Darstellung einer Momentaufnahme eines dreidimensional bewegten Objekts zu einem ersten Zeitpunkt;
- 10 Fig. 3(b) eine schematische Darstellung einer Momentaufnahme eines dreidimensional bewegten Objekts zu einem zweiten Zeitpunkt;
- 15 Fig. 3(c) eine schematische Darstellung einer Momentaufnahme eines dreidimensional bewegten Objekts zu einem dritten Zeitpunkt;
- Fig. 4 eine schematische Darstellung eines um seine Achse rotierenden Zylinders;
- 20 Fig. 5(a) eine schematische Darstellung eines um seine Achse rotierenden Zylinders zu einem ersten Zeitpunkt t_1 ;
- 25 Fig. 5(b) eine schematische Darstellung eines um seine Achse rotierenden Zylinders zu einem zweiten Zeitpunkt t_2 ;
- 30 Fig. 5(c) eine schematische Darstellung eines um seine Achse rotierenden Zylinders zu einem dritten Zeitpunkt t_3 ;
- 35 Fig. 5(d) eine schematische Darstellung der Bildebene mit der Zusammenfassung der Bildpunkte aus Fig. 5 (a)-(c)
- Fig. 1 zeigt eine Abbildungseinrichtung (ABE) 100a mit einer Röntgenquelle 100b, die Bilder eines Objektes 110 erzeugt und an eine Signalverarbeitungseinrichtung (SVE)

120 weiterleitet. Die Abbildungseinrichtung 100a, die Röntgenquelle 100b und das Objekt 110 führen dabei eine Relativbewegung zueinander aus. Die Signalverarbeitungseinrichtung 120 empfängt Information über die Relativbewegung
5 zwischen der Abbildungseinrichtung 100 und dem Objekt 110, sowie Information über den zu untersuchenden Objektabschnitt, bzw. die zu untersuchenden Objektabschnitte. Aus diesen Informationen und den von der Abbildungseinrichtung 100 gelieferten Bildern, erstellt die Signalverarbeitungseinrichtung 120 eine Objektabschnittszusammenfassung und
10 gibt diese aus. Die Signalverarbeitungseinrichtung 120 ist dabei ausgebildet, um mehrere verschiedene Objektabschnittsinformationen zu empfangen, und entsprechend mehrere Objektabschnittszusammenfassungen gleichzeitig zu
15 bestimmen und auszugeben.

Bei einer Realisierung des bevorzugten Ausführungsbeispiels ist der Ausgangspunkt das Prinzip der Aufnahme und Mittelung von Röntgenbilddaten zur Rauschreduzierung. Wird das
20 Prüfobjekt während der Aufnahme bewegt, kann nicht mehr der einfache Mittelwert $P_{avg}(x, y)$ für jeden Punkt mit den Koordinaten (x, y) gebildet werden:

$$P_{avg}(x, y) = 1 / n \sum_{t=1}^n P_t(x, y),$$

25 mit

$P_{avg}(x, y)$:Mittelwert

x, y :Koordinaten

n :Anzahl der Aufnahmen über die gemittelt wird

$P_t(x, y)$:Bildintensität des Einzelbildes.

30 Da die Objektpunkte bei einem sich bewegenden Objekt auf jedem Röntgenbild an anderer Stelle liegen, muss die Zeitabhängigkeit der Koordinaten berücksichtigt werden. Anstatt also mit festen Koordinaten (x, y) pro Pixel zu arbeiten werden nun von der Zeit (bzw. der Bildnummer) abhängige
35 Koordinaten $(x(t), y(t))$ verwendet. Die Berechnung eines Bildpunktes im Ergebnisbild ergibt sich damit zu:

$$P_{\text{avg}}(x, y) = 1 / n \sum_{t=1}^n P_t(x(t), y(t))$$

Die Koordinaten müssen geeignet bestimmt werden. Die Bildpunkte eines Bildes stellen die zweidimensionale Projektion eines dreidimensionalen Objekts dar. Die Koordinaten $x(t)$, $y(t)$ im Bild $B_t = \{P_t(x, y)\}$ werden für die Summation jedes Bildpunktes des Ergebnisbildes derart bestimmt, dass die Projektionen der Volumenpunkte des Objekts, deren Position im Raum sich mit jeder Aufnahme ändert, aufeinander zu liegen kommen. Die Volumenpunkte $V(x(t), y(t), z(t))$ des Objekts beschreiben während der Bewegung einen Pfad im Raum, woraufhin auch die Projektionen dieser Punkte einen Pfad auf der Projektionsebene beschreiben. Anhand dieses Pfades werden die Bildpunkte in aufeinanderfolgenden Projektionen einander zugeordnet.

Zur Veranschaulichung diene der einfache zweidimensionale Fall: Im Falle einer rein zweidimensionalen Bewegung des Objektes vor der Kamera (translatorisch und/oder rotatorisch in der Kameraebene, aber nicht Z-Richtung, d. h. $z(t) = \text{konstant}$) kann zu jedem in allen Bildern einer Sequenz der Länge L vorkommenden Bildpunkte ein geeigneter Mittelwert gebildet werden. Dieser Fall ist in Fig. 2 illustriert und wird nun im Detail erläutert.

Fig. 2(a)-(c) zeigen eine Bildsequenz von drei zeitlich aufeinanderfolgenden Röntgenaufnahmen. In jeder der drei Momentaufnahmen ist ein Teilabschnitt eines sich drehenden Rades 200, mit einer Speiche 210 und einem Punkt P zu sehen, wobei sich der Punkt P relativ zum Bildausschnitt bewegt, was durch die Indizes P_1 , P_2 und P_3 verdeutlicht wird.

Zu jedem projizierten Punkt des Objektes (hier ein Rad) lässt sich eine zusammenhängende Sequenz der Länge L (hier

L=3 Bilder) von Projektionspunkten finden, um die Mittelwertbildung in der beschriebenen Weise durchzuführen. Die maximal mögliche Länge L_{\max} ist durch die Bewegungsgeschwindigkeit des Objekts und die Aufnahmefrequenz der Bildaufnahmeeinheit gegeben; sie kann je nach gewünschter Rauschreduzierung geeignet gewählt werden.

Um nun aus der Bildsequenz ein scharfes Einzelbild des Punktes P zu extrahieren, müssen die einzelnen Bildinformationen zum Punkt P überlagert werden, wobei die sich relativ ändernde Lage des Punktes P berücksichtigt werden muss.

$$P_{avg} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 P_i$$

Bei einer dreidimensionalen Bewegung des Objekts vor der Kamera ist die Bestimmung der $x(t)$, $y(t)$ komplexer, da die Projektionen von Volumenelementen je nach Tiefe $z(t)$ schwanken können. Daher wird eine Projektionsfläche F geeignet zu dem dreidimensionalen Raum gelegt, wobei für jeden Punkt auf der Projektionsfläche F eine bijektive Abbildung zu einem Bildpunkt der Abbildung $P(F)$ auf dem Bildsensor festgelegt wird. Jedem Punkt der Projektionsfläche F wird nun ein Geschwindigkeitsvektor zugeordnet, welcher der Geschwindigkeit des realen Objektes entspricht. Damit lässt sich die Position eines Volumenpunktes über eine Bildsequenz vorhersagen, sofern sich dieser Punkt auf der Fläche F befindet. Bewegt sich nun ein Volumenelement des Objekts auf dieser Projektionsfläche F, ist es mittels des Geschwindigkeitsvektors für jeden Punkt auf der Fläche möglich, die Projektion P des Punktes zu bestimmen und damit auch aufzusummieren. Punkte außerhalb der Fläche werden mehr oder weniger verschmiert und damit unscharf. Fig. 3 zeigt diesen komplizierteren Fall.

Fig. 3 (a)-(c) zeigen eine Bildsequenz von drei zeitlich aufeinanderfolgenden Röntgenaufnahmen. In jeder der drei Momentaufnahmen ist ein Teilabschnitt eines sich drehenden

Rades 300, mit einer Speiche 310 und einem Punkt P zu sehen, wobei sich der Punkt P relativ zum Bildausschnitt bewegt, was durch die Indizes P_1 , P_2 und P_3 verdeutlicht wird. Die Projektionsebene F ist im Vergleich zu Fig. 2(a)-
5 (c) nun gekippt und die Punkte des Rades vollziehen somit relativ zu F ebenfalls eine Bewegung in z-Richtung $z = z(t)$.

Da die Projektionsebene F von den eigentlichen Bilddaten
10 unabhängig ist, können auch mehrere Projektionsflächen $F(m)$ festgelegt werden, um mehrere Schichten des Rades 300 abzubilden. Beispielsweise werden diese Projektionsflächen derart gewählt, dass die relative Bewegungsvektoren ihrer Punkte, mit der Bewegung der Volumenpunkte des abzubilden-
15 den Objekts korrelieren.

Die Bestimmung der für die Pfadbestimmung relevanten Daten kann entweder aus den Bilddaten direkt geschehen (z. B. durch Bestimmung markanter Objektdetails/Features und
20 Verfolgung dieser Details über Bildsequenzen und Interpolation dieser Pfaddaten für zwischen diesen Features liegenden Bildpunkten) oder auch durch eine mathematische Beschreibung der Projektion abhängig von den geometrischen Gegebenheiten des Versuchsaufbaus (Position des Objektmani-
25 pulators, Aufnahmegeometrie, Geschwindigkeiten etc.).

Fig. 4 zeigt einen mit konstanter Rotationsgeschwindigkeit v_r um seine Achse 400 rotierenden Zylinder 410. Die Geschwindigkeit v_p in kartesischen Koordinaten ist jedoch
30 nicht in alle Raumachsen konstant,

$$\vec{v}_p \neq const$$

sie kann in drei Komponenten $v(x)$, $v(y)$ und $v(z)$ bzw. $v(x,y,z)$ zerlegt werden.

35 An jeder Stelle $P = (x, y, z)$ 420, im Raum ist jedoch der Betrag der Geschwindigkeit konstant.

$$|\vec{v}_p| = const$$

Das bedeutet, dass für einen Punkt im Raum innerhalb des Zylinders an der Stelle P 420 die Geschwindigkeit unabhängig von der Zeit bekannt ist. Dies gilt für alle Punkte innerhalb des Zylinders. Damit kann zu jedem Zeitpunkt aus
5 den Koordinaten eines Punktes innerhalb des Zylinders eine Geschwindigkeit $v(x,y,z)$ bzw. die einzelnen Komponenten berechnet werden, und das einzig aus der Kenntnis seiner Position im Raum zu einem gegebenen Zeitpunkt.

10 Projiziert man nun einen Punkt auf einen zweidimensionalen Schirm, bewegt sich dieser mit der Geschwindigkeit $v(x,y)$, da die z-Achse senkrecht auf dem Projektionsschirm steht. Das bedeutet, dass für jeden Punkt des Zylinders ein Geschwindigkeitsvektor in (x,y) -Ebene angegeben werden kann,
15 der allein von den Koordinaten (x, y) auf dem Leuchtschirm abhängt.

Wird nun eine Serie von Aufnahmen gemacht, kann anhand dieses Geschwindigkeitsvektors leicht die Position bestimmt
20 werden, an der sich die Projektion des Punktes im nächsten Bild befinden wird.

Fig. 5 (a)-(c) zeigen eine Bildsequenz von drei zeitlich aufeinanderfolgenden Momentaufnahmen zu drei Zeitpunkten.
25 In jeder der drei Momentaufnahmen ist ein sich drehender Zylinder 500 zu sehen, sowie zwei sich bewegende p und q. Der Punkt p befindet sich auf der dem Betrachter zugewandten Seite des Zylinders 500 (Vorderseite) und bewegt sich somit von links nach rechts. Der Punkt q befindet sich auf
30 der dem Betrachter abgewendeten Seite des Zylinders 500 (Rückseite) und bewegt sich somit von rechts nach links. Durch die Indizes an p_1, p_2 und p_3 , bzw. an q_1, q_2 und q_3 , wird die Position der Punkte zu den drei aufeinanderfolgenden Zeitpunkten verdeutlicht.

35

Unterhalb der Fig. 5 (a)-(c) ist in Fig. 5 (d) ein Röntgenbild für die Projektion des Punktes p abgebildet 510. Im Röntgenbild 510 des Zylinders 500 sind beide Punkte p und q

erkennbar, wobei der Punkt p immer wieder auf den gleichen Bildpunkt in der Projektionsebene abgebildet wird und der Punkt q sich auch in der Projektionsebene bewegt. Durch eine solche Überlagerung wird erreicht, dass der Punkt p
5 scharf dargestellt wird und der Punkt q verschmiert.

Es ist möglich einen Objektabschnitt (auch engl. Area of Interest = AOI) anzugeben, z. B. die abgerollte Oberfläche der Vorderseite des Zylinders. Für diesen Objektabschnitt
10 sind nach Fig. 5 die Geschwindigkeiten ihrer Punkte $v(x,y)$ bekannt, so dass man für jeden Punkt des Objektabschnitts angeben kann, wo sich dieser im nächsten Bild der Sequenz befinden wird und aus allen Projektionen dieses Punktes der arithmetische Mittelwert gebildet werden kann. Dieses
15 Verfahren kann für alle Punkte des Objektabschnitts wiederholt werden.

Der Punkt p wird, da er sich auf der Vorderseite und damit innerhalb des Objektabschnitts befindet, aus allen Projektionen auf dieselbe Stelle abgebildet, und damit der Bildwert (Helligkeit) über N (in Fig. 5 ist $N=3$) Aufnahmen gemittelt.
20

Der Punkt q dagegen geht in der Projektion an unterschiedlichen Stellen in die Helligkeit anderer Punkte mit ein, denn er befindet sich außerhalb des Objektabschnitts. Er verfälscht damit zwar die Gesamthelligkeit von anderen Punkten innerhalb der Projektionsebene, aber mit zunehmender Anzahl an Aufnahmen tritt der Anteil von Punkt q in den
25 Hintergrund. Das gleiche gilt für den Rauschanteil im Bild. Der (zeitlich konstante) Raumteil im Bild tritt bei Mittelung über N Bilder ebenfalls in den Hintergrund (Faktor \sqrt{N} , also halbes Rauschen nach vier Aufnahmen etc.).
30

Das Ergebnis ist ein Bild, in dem Details innerhalb des Objektabschnitts scharf und kontrastreich zu sehen sind, und Details außerhalb des Objektabschnitts und das Bildrauschen unscharf bzw. verschmiert sind.
35

Im bevorzugten Ausführungsbeispiel ist der Zylinder die Felge eines Aluminiumrades. Die verschmierten Bildteile können durch Bildverarbeitung leicht von scharfen Bildteilen
5 len getrennt und diese dann gegebenenfalls als Fertigungsfehler klassifiziert werden. Als Aufnahmeeinheit kann z. B. ein Bildverstärker mit nachgeschalteter Videokamera dienen, die Bildsequenzen von ca. 25 - 30 Bildern pro Sekunde erzeugt.

10

Die vorliegende Erfindung ist nicht auf rotatorische Bewegungen beschränkt. Ist die Voraussagbarkeit der projizierten Positionen von einem Bild der Sequenz zum nächsten gegeben, so können beliebig Objektabschnitte projiziert
15 werden. Damit beschreibt jeder projizierte Punkt eines Objektabschnitts eine Bahn, und in Kenntnis aller Bahnen aller Punkte des Objektabschnitts bildet die vorliegende Erfindung solche, und nur solche Punkte scharf ab, deren Projektionen sich auf genau den vorberechneten Bahnen
20 bewegen.

Die vorliegende Erfindung ist nicht auf konstante Geschwindigkeiten beschränkt, sondern eignet sich auch für nicht-konstante Geschwindigkeiten, zu jedem Zeitpunkt einer
25 Momentaufnahme muss dann ein separates Kennfeld aus Geschwindigkeitsvektoren bestimmt werden.

Die Geschwindigkeitsvektoren $v(x,y)$ können entweder aus einem präparierten Prüfkörper (z. B. Prüfkörper mit Boh-
30 rung) oder rein mathematisch aus der Kenntnis der Aufnahmegeometrie bestimmt werden.

Die vorliegende Erfindung bezieht sich neben der Röntgenbildtechnik allgemein auf bildgebende Verfahren, wie beispielsweise auch Ultra-Schall-Verfahren, abbildendes Radar
35 etc.

Weiterhin erlaubt die erfindungsgemäße Vorrichtung, die Speicherung bzw. die Eingabe von mehreren zu untersuchenden Objektabschnitten, die dann gleichzeitig durch die beschriebene Vorrichtung bestimmt werden können. Eine Realisierung der vorliegenden Erfindung könnte beispielsweise in einer Fertigung von Bauteilen, mehrere Schnittbilder erzeugen, diese gleichzeitig darstellen und somit eine schnellere, effizientere und umfassendere Prüfung ermöglichen.

10 Im Folgenden werden anhand der Fig. 1 weitere Ausführungsbeispiele betrachtet, die eine Bestimmung der Relativbewegung des zu untersuchenden Objektes 110 erlauben. Praxisuntersuchungen haben gezeigt, dass die Bewegung des Prüfobjektes problematisch sein kann, selbst wenn diese gleichförmig ist. Aus diesem Grund können Ausführungsbeispiele
15 Einrichtungen zum Bestimmen der Relativbewegung des zu untersuchenden Objektes 110 basierend auf den Informationen aus dem ersten und dem zweiten Bild aufweisen. Die Relativbewegung des zu untersuchenden Objektes 110 kann dabei
20 beispielsweise basierend auf markanten Details des zu untersuchenden Objektes 110 bestimmt werden. Bei den markanten Details kann es sich z.B. um Ecken, Kanten, helle oder dunkle Stellen, Öffnungen oder Bohrungen oder um andere geometrische Details der Abbildungen des Objektes
25 handeln, die über eine Bildverarbeitung identifiziert werden können.

Beispielsweise können durch einen Gießprozess entstandene Grate und Unebenheiten im Zusammenspiel mit einem Handhabungsapparat zu einem Verspringen eines Prüflings führen und somit ein Verspringen der jeweiligen Projektion hervorrufen. Unter einem Verspringen der Projektion ist hier zu verstehen, dass beispielsweise die Mitte des Prüfobjektes nicht immer im Zentrum eines Bildes liegt, sondern lediglich in einem Bereich mit einer gewissen Ausdehnung, beispielsweise um das Zentrum herum. In Ausführungsbeispielen kann dieser Bereich beispielsweise 30 Pixel umfassen und

würde ein herkömmliches Prüfverfahren in der Praxis ohne weitere Schritte unbrauchbar machen.

In Ausführungsbeispielen kann ferner eine Modellierung der
5 Objektbewegung als ungefähre Vorhersage der tatsächlichen
Objektbewegung herangezogen werden. Beispielsweise können
auch hier beliebige Objektdetails, z.B. Ecken oder Kanten,
oder auch besonders helle oder dunkle Details, in einem
aktuellen Bild detektiert werden, und anhand einer ungefäh-
10 ren Vorhersage in einem darauffolgenden Bild wiedergefunden
werden. Aus einer Verschiebung der vorhergesagten Koordina-
ten zu den tatsächlichen Koordinaten kann die Vorhersage
aller Bildpixel auf Basis der wenigen Bildpixel eines
markanten Details korrigiert werden.

15

In Ausführungsbeispielen kann demnach die Einrichtung zum
Bestimmen der Relativbewegung des zu untersuchenden Objek-
tes 110 ferner ausgebildet sein, um aus einer Lage eines
markanten Details in dem ersten Bild eine Schätzung einer
20 Lage des Bilddetails in dem zweiten Bild zu berücksichti-
gen. Die Einrichtung zum Bestimmen kann ferner ausgebildet
sein, um die Relativbewegung des zu untersuchenden Objektes
zu modellieren.

25 Diese Vorgehensweise kann besonders vorteilhaft sein, wenn
über die Eigenschaften des Versatzes des zu untersuchenden
Objektes 110 Vorabannahmen gemacht werden können. In einem
Ausführungsbeispiel, in dem Aluminiumräder geprüft werden
sollen, werden diese am Rand gegriffen, so dass sich Guss-
30 grate am Rand beispielsweise in einer Verschiebung in der
Rotationsebene auswirken. Eine solche systematische Ver-
schiebung kann in einem Gleichungssystem ausgedrückt wer-
den, mit dem die Koordinaten global korrigierbar sind,
sofern genügend Koordinatenpaare gefunden werden, die zur
35 Lösung des Gleichungssystems verwendbar sind.

In einem Ausführungsbeispiel kann die Verschiebung eines
senkrecht auf die Drehachse aufgenommenen Aluminiumrades,

beispielsweise mit Blick auf die Nabe, betrachtet werden. Durch einen Grat am Rand kann es in einer aktuellen Aufnahme beispielsweise um 20 Pixel in Richtung 6-Uhr-Position nach unten verschoben vorliegen. Aus der Aufnahmegeometrie
5 kann jedoch bekannt sein, dass Grate lediglich Verschiebungen in x- oder y-Richtung verursachen, jedoch keine Verkipfung, Verdrehung, usw. hervorrufen können. In diesem Ausführungsbeispiel genügt es dann beispielsweise ein Detail des Objektschwerpunktes, wobei es sich in diesem Fall um
10 das Zentrum der Felge oder der Nabe handeln könnte, zu berechnen. Dieser kann dann um die bereits oben erwähnten 20 Pixel in y-Richtung, d.h. nach unten, verschoben werden. Damit können dann alle Vorhersagen der Pixelkoordinaten entsprechend korrigiert werden und das Integrationsverfahren
15 angewendet werden.

Abhängig von den Gegebenheiten kann das erfindungsgemäße Verfahren in Hardware oder in Software implementiert werden. Die Implementation kann auf einem digitalen Speichermedium, insbesondere einer Diskette oder CD mit elektronisch auslesbaren Steuersignalen erfolgen, die so mit einem programmierbaren Computersystem zusammenwirken können, dass das entsprechende Verfahren ausgeführt wird. Allgemein besteht die Erfindung somit auch in einem Computerprogrammprodukt mit auf einem maschinenlesbaren Träger gespeicherten
20 Programmcode zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, wenn das Computerprogrammprodukt auf einem Rechner abläuft. In anderen Worten ausgedrückt kann die Erfindung somit als ein Computerprogramm mit einem Programmcode zur Durchführung des Verfahrens realisiert werden, wenn das Computerprogramm auf einem Computer abläuft.
25
30

Bezugszeichenliste

	100a	Abbildungseinrichtung
	100b	Röntgenquelle
5	110	Objekt
	120	Signalverarbeitungseinrichtung
	200	Rad
	210	Speiche
10	P ₁	Punkt P zum Zeitpunkt 1
	P ₂	Punkt P zum Zeitpunkt 2
	P ₃	Punkt P zum Zeitpunkt 3
	300	Rad
15	310	Speiche
	P ₁	Punkt P zum Zeitpunkt 1
	P ₂	Punkt P zum Zeitpunkt 2
	P ₃	Punkt P zum Zeitpunkt 3
	F	Projektionsfläche
20		
	400	Rotationsachse
	410	Zylinder
	420	Beliebiger Punkt P
25	500	Zylinder
	510	Projektionsebene
	p ₁	Punkt p zum Zeitpunkt 1
	p ₂	Punkt p zum Zeitpunkt 2
	p ₃	Punkt p zum Zeitpunkt 3
30	q ₁	Punkt q zum Zeitpunkt 1
	q ₂	Punkt q zum Zeitpunkt 2
	q ₃	Punkt q zum Zeitpunkt 3

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Erzeugen einer zweidimensionalen Darstellung eines beliebig innerhalb eines Objekts (110) angeordneten Objektabschnitts, mit folgenden Merkmalen:
- 5
- einer Abbildungseinrichtung (100), die angepasst ist, um ein erstes Bild zu erzeugen, das das Objekt (110) umfasst, und nachfolgend ein zweites Bild zu erzeugen, das das Objekt (110) umfasst, während sich das Objekt (110) und die Abbildungseinrichtung (100) relativ zueinander bewegen; und
- 10
- einer Signalverarbeitungseinrichtung (120), die angepasst ist, um Informationen über eine Lage und eine Form des interessierenden Objektabschnitts in dem Objekt (110) und dessen Relativbewegung zu empfangen, um basierend auf den empfangenen Informationen Bildabschnitte in dem ersten Bild und in dem zweiten Bild, die dem interessierenden Objektabschnitt zugeordnet sind, zusammenzufassen.
- 15
- 20
2. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, die angepasst ist, zum Erzeugen einer Mehrzahl von zweidimensionalen Darstellungen beliebig innerhalb eines Objekts (110) angeordneter Objektabschnitte, wobei die Signalverarbeitungseinrichtung (120) angepasst ist, um für jeden der dargestellten Objektabschnitte die Informationen über deren Form und Lage in dem Objekt (110) zu erfassen.
- 25
- 30
3. Vorrichtung gemäß Anspruch 1 oder 2, bei der die Signalverarbeitungseinrichtung (120) angepasst ist, um eine zweidimensionale Projektion des Objektabschnitts aus dem ersten Bild und dem zweiten Bild zu erzeugen.
- 35
4. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, bei der die Signalverarbeitungseinrichtung (120) angepasst

ist, um die Bildabschnitte aus dem ersten Bild und aus dem zweiten Bild zu überlagern.

- 5 5. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, bei der die Informationen über die Lage und die Form des darzustellenden Objektabschnitts Volumenpunkte in dem Objekt (110) umfassen, wobei die Signalverarbeitungseinrichtung (120) angepasst ist, um basierend auf der Relativbewegung des Objekts (110) eine Position des dem Objektabschnitt zugeordneten Volumenpunktes in dem 10 ersten Bild und dem zweiten Bild zu berechnen.
- 15 6. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5 mit einer Einrichtung zum Bestimmen der Relativbewegung des zu untersuchenden Objektes (110), basierend auf Informationen aus dem ersten Bild und dem zweiten Bild.
- 20 7. Vorrichtung gemäß Anspruch 6, bei der die Einrichtung zum Bestimmen ausgebildet ist, um die Relativbewegung des zu untersuchenden Objektes (110) basierend auf markanten Details des zu untersuchenden Objektes (110) zu bestimmen.
- 25 8. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 6 oder 7, wobei die Einrichtung zum Bestimmen der Relativbewegung des zu untersuchenden Objektes (110) ferner ausgebildet ist, um aus einer Lage eines markanten Details im ersten Bild eine Schätzung einer Lage des markanten Details in dem zweiten Bild zu berücksichtigen. 30
- 35 9. Vorrichtung gemäß Anspruch 8, wobei die Einrichtung zum Bestimmen ferner ausgebildet ist, um die Relativbewegung des zu untersuchenden Objektes (110) zu modellieren.
10. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 7 bis 9, bei der die markanten Details Ecken, Kanten, helle oder dunkle

Stellen, Öffnungen oder Bohrungen des zu untersuchenden Objektes (110) umfassen.

- 5 11. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, bei der die Relativbewegung eine lineare Bewegung ist.
12. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, bei der die Relativbewegung eine Rotationsbewegung ist.
- 10 13. Vorrichtung gemäß Anspruch 12, bei der der Objektabschnitt mit Ausnahme eines zur Rotationsachse radial-symmetrisch angeordneten Teilbereichs eine beliebige Form und Lage in dem Objekt (110) aufweist.
- 15 14. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13, die ausgebildet ist zur Projektion eines dreidimensionalen Objekts auf einen zweidimensionalen Detektor
- 20 15. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 14, die ausgebildet ist zur Berechnung der Positionen der projizierten Bildpunkte einer Fläche im Raum entsprechend den Positionen einer Teilmenge der Volumenpunkte der bewegten Objekts in den Einzelaufnahmen.
- 25 16. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 15, die ausgebildet ist zur Berechnung der Fläche im Raum anhand von Bilddetails in den aufgenommenen Bildern oder z.B. eines Kalibrierkörpers.
- 30 17. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 16, die ausgebildet ist zur Mittelwertbildung über zusammengehörige Projektionen eines Volumenpunktes des bewegten Objektes.
- 35 18. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 17, die ausgebildet ist zur Berechnung von mehreren Flächen verschiedener Form und Lage aus einem Satz von Aufnahmen.

19. Verfahren zum Erzeugen einer zweidimensionalen Darstellung eines beliebig innerhalb eines sich bewegenden Objekts (110) angeordneten Objektabschnitts, mit
5 folgenden Schritten:
- Erfassen eines ersten Bildes, das das Objekt umfasst,
Erfassen eines zweiten Bildes, das das Objekt umfasst,
10 Empfangen von Informationen über eine Lage und eine Form des interessierenden Objektabschnitts in dem Objekt und dessen Bewegung; und
- 15 basierend auf den empfangenen Informationen, Zusammenfassen von Bildabschnitten in dem ersten und in dem zweiten Bild, die dem interessierenden Objektabschnitt zugeordnet sind.
- 20 20. Verfahren gemäß Anspruch 19 zum Erzeugen einer Mehrzahl von zweidimensionalen Darstellungen beliebig innerhalb eines Objekts (110) angeordneter Objektabschnitte, mit folgenden Schritten:
- 25 Empfangen von Informationen über Form und Lage innerhalb des Objekts (110) für jeden der darzustellenden Objektabschnitte.
- 30 21. Verfahren gemäß Anspruch 19 oder 20, mit folgenden Schritten:
- Zweidimensionales Projizieren des Objektabschnitts aus dem ersten Bild und aus dem zweiten Bild.
- 35 22. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 19 bis 21, mit folgenden Schritten:

Überlagern der Bildabschnitte aus dem ersten Bild und dem zweiten Bild.

- 5 23. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 19 bis 22, mit folgenden Schritten:

10 Erfassen von Volumenpunktinformationen über die Lage und die Form des darzustellenden Objektabschnitts; und Berechnen einer Position der Volumenpunkte basierend auf der Relativbewegung des Objekts in dem ersten Bild und dem zweiten Bild.

- 15 24. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 19 bis 23 mit folgenden Schritten:

Bestimmen der Relativbewegung des zu untersuchenden Objektes basierend auf Informationen aus dem ersten und aus dem zweiten Bild.

- 20 25. Verfahren gemäß Anspruch 24, bei dem der Schritt des Bestimmens der Relativbewegung basierend auf markanten Details des zu untersuchenden Objektes erfolgt.

- 25 26. Verfahren gemäß Anspruch 25, bei dem der Schritt des Bestimmens ferner einen Schritt des Schätzens einer Lage eines markanten Details in dem zweiten Bild basierend auf einer Lage des markanten Details in dem ersten Bild umfasst.

- 30 27. Verfahren gemäß Anspruch 26, wobei der Schritt des Bestimmens ferner einen Schritt des Modellierens der Relativbewegung des zu untersuchenden Objektes umfasst.

- 35 28. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 25 bis 27, wobei die markanten Details Ecken, Kanten, helle oder dunkle Stellen, Öffnungen oder Bohrungen des zu untersuchenden Objektes umfassen.

29. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 19 bis 28, bei dem sich das Objekt linear bewegt.
- 5 30. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 19 bis 29, bei dem das Objekt rotiert.
31. Verfahren gemäß Anspruch 230, bei dem der Objektabschnitt eine beliebige Form und Lage mit Ausnahme eines zur Rotationsachse radial symmetrisch angeordneten Teilbereichs aufweist.
- 10
32. Computerprogramm mit einem Programmcode zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 19 bis
- 15 21, wenn das Programm auf einem Computer abläuft.

1/5

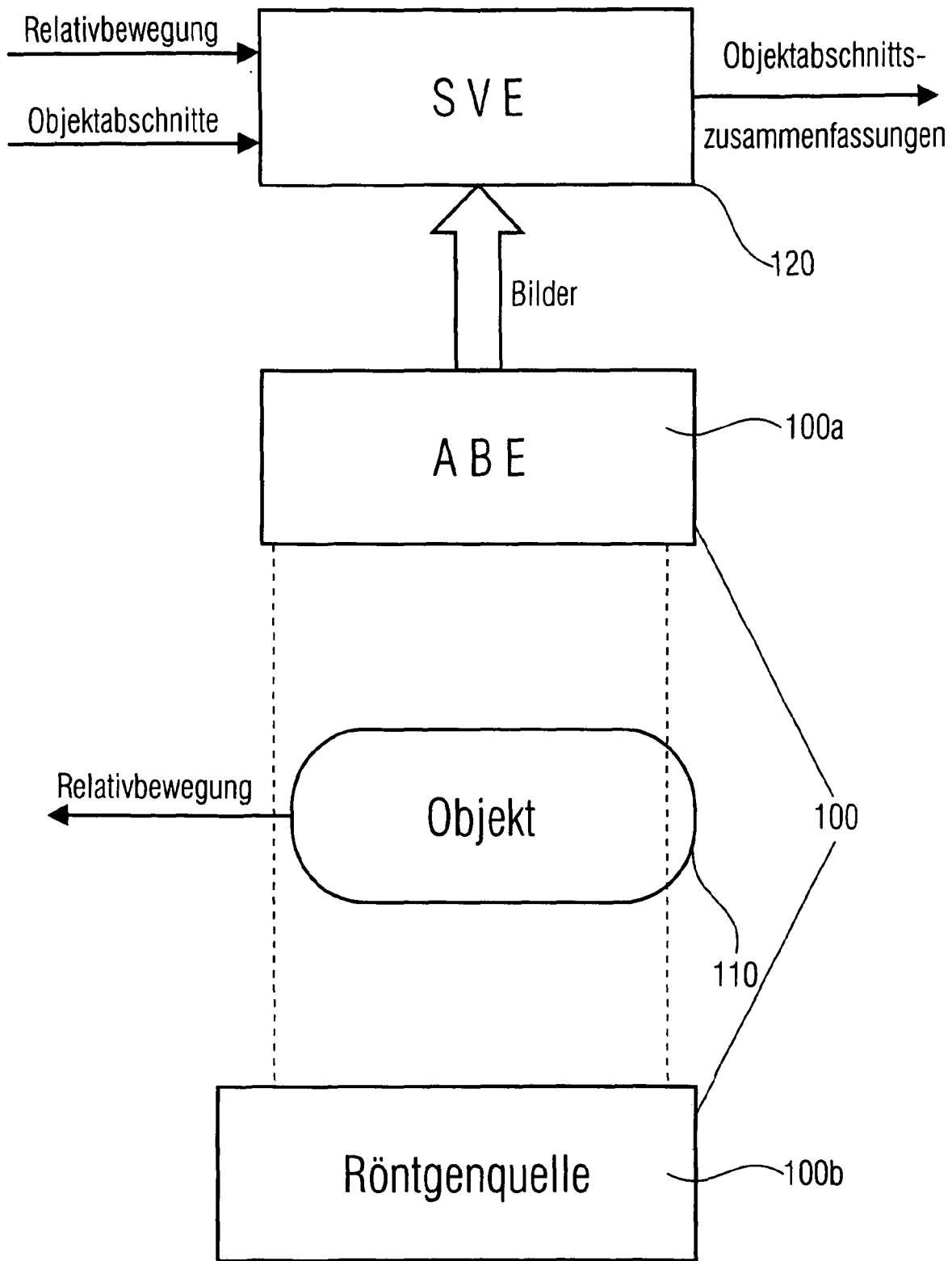


FIG 1

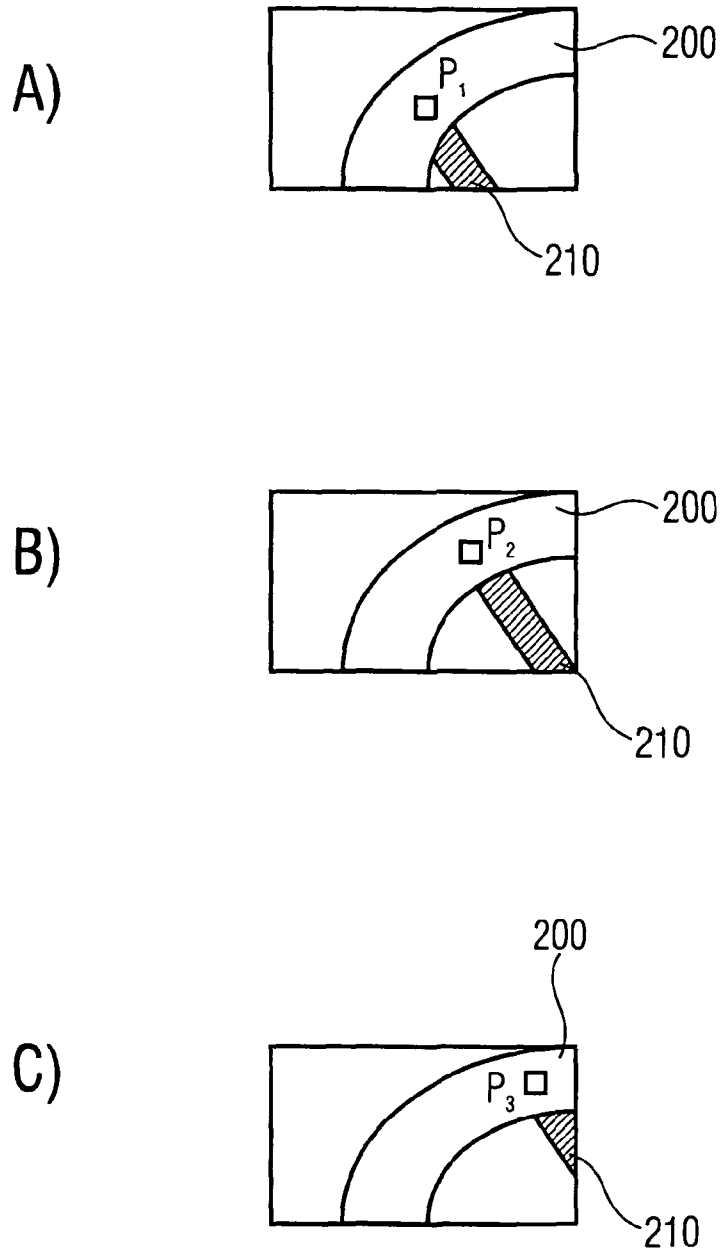


FIG 2

3/5

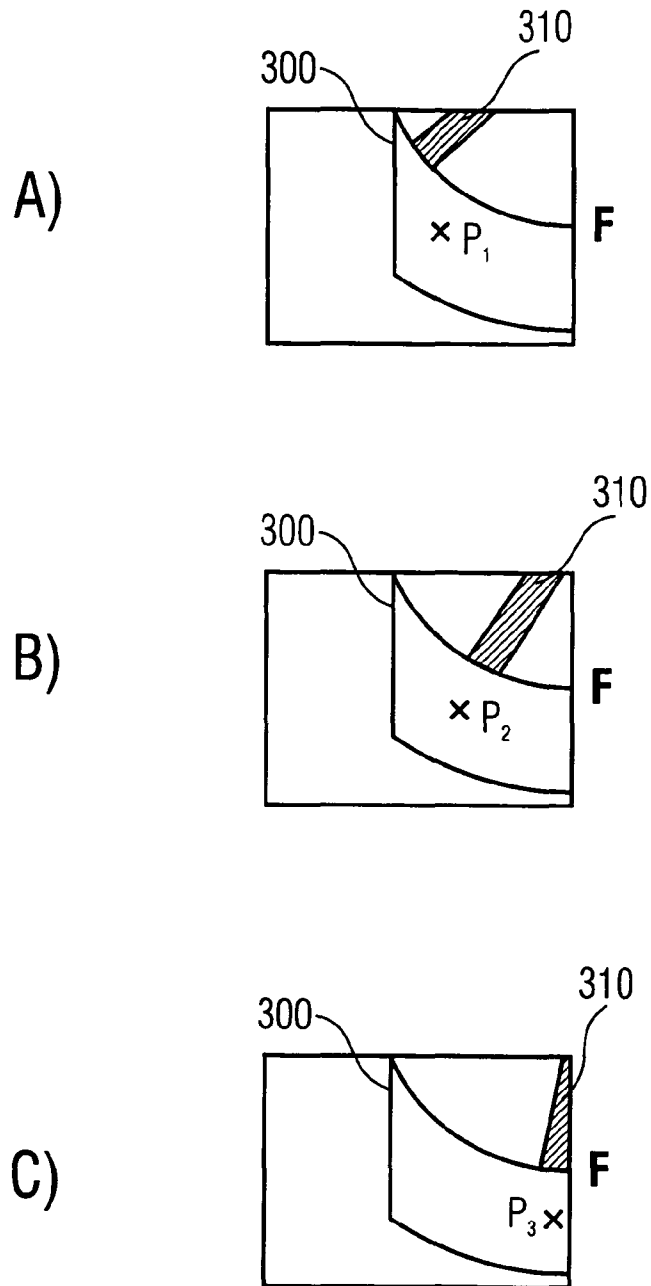


FIG 3

4/5

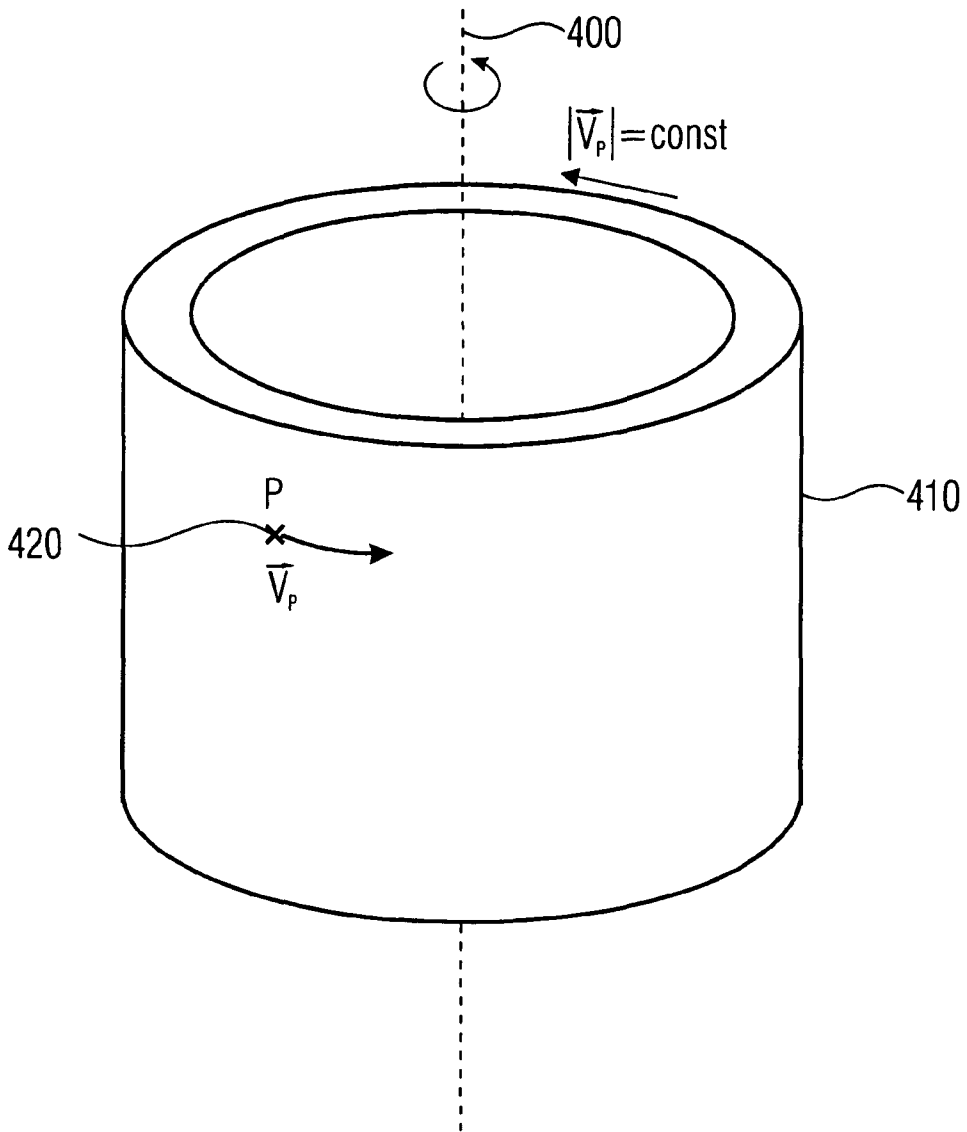


FIG 4

