

(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
23. Juli 2020 (23.07.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/148036 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

<i>G06T 7/00</i> (2017.01)	<i>G02B 23/24</i> (2006.01)
<i>G06T 7/73</i> (2017.01)	<i>G06T 15/04</i> (2011.01)
<i>F01D 21/00</i> (2006.01)	<i>G01N 21/88</i> (2006.01)
<i>G01N 21/95</i> (2006.01)	<i>G06T 11/00</i> (2006.01)
<i>G01N 21/954</i> (2006.01)	<i>F03B 11/00</i> (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/084899

(22) Internationales Anmeldedatum:
12. Dezember 2019 (12.12.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2019 100 820.4
14. Januar 2019 (14.01.2019) DE

(71) Anmelder: LUFTHANSA TECHNIK AG [DE/DE]; Weg
beim Jäger 193, 22335 Hamburg (DE).

(72) Erfinder: PETERS, Jan Oke; Distelkoppel 2, 22339 Ham-
burg (DE). THIES, Michael; Saselbergweg 31, 22395
Hamburg (DE). SCHÜPPSTUHL, Thorsten; Dempwolff-
str. 44a, 21073 Hamburg (DE). NEDDERMEYER, Wer-
ner; 18, Montée de Troosknappchen, 6496 Echternach
(LU). RASCHE, Sven; Zeughausmarkt 23, 20459 Ham-
burg (DE). DOMASCHKE, Tomas; Marktstraße 93,
20357 Hamburg (DE). DAMMANN, Maik; Woellmer-
str. 9, 21075 Hamburg (DE). SCHUMANN, Mattes; Rü-
demannweg 2b, 21107 Hamburg (DE). TUPPATSCH,
Jens-Peter; Von-Sauer-Straße 1b, 22761 Hamburg (DE).
BAHR, Sönke; Landskronstr. 81, 64285 Darmstadt (DE).

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR INSPECTING HARD-TO-REACH COMPONENTS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR INSPEKTION SCHWER ERREICHBARER KOMPONENTEN

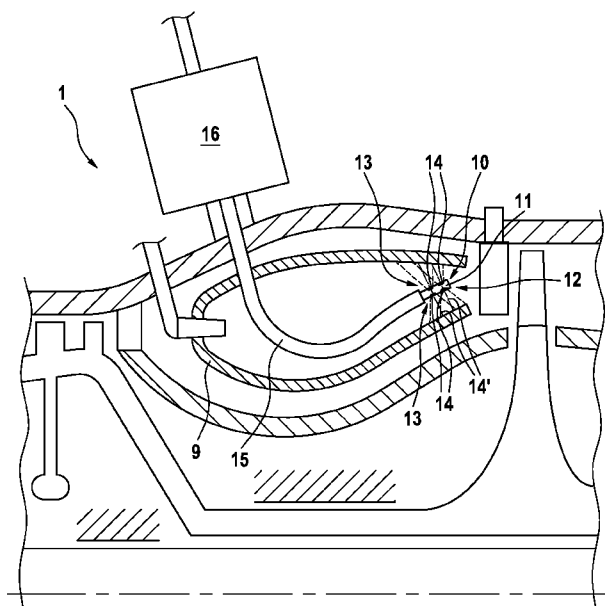


Fig. 2

(57) Abstract: The invention relates to a method and a device (10) for inspecting hard-to-reach components (9) of a gas turbine (1), in particular an air craft engine. The method comprises the steps of: a) introducing a flexible endoscope (11), having at least one image detection unit (13) at the free end (12) of the endoscope (11) designed to detect visual image data and associated 3D data, through an inspection opening; b) detecting visual image data and associated 3D data using the at least one image detection unit (13); c) aligning the detected 3D data with a 3D model (20) of the component/s (9) to be investigated to determine the relevant position (A, B, C, D) of the image detection unit (13) in relation to the component/s (9); and d) texturing the 3D model (20) with the visual image data detected by the image detection unit (13) according to the determined relative position of the image detection unit (13). The device (10) is designed to carry out the method according to the invention.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung (10) zur Inspektion schwer erreichbarer Komponenten (9) einer Gasturbine (1), insbesondere eines Flugzeugtriebwerks. Das Verfahren umfasst die Schritte: a) Einführen eines flexiblen Endoskops (11) mit wenigstens einer zur Erfassung von visuellen Bildinformationen und dazugehörigen 3D-Daten ausgebildeten Bilderfassungseinheit (13) am freien Ende (12) des Endoskops (11) durch eine Inspektionsöffnung; b) Erfassen von visuellen Bildinformationen und dazugehörigen 3D-Daten durch die wenigstens eine Bilderfassungseinheit (13); c) Abgleichender erfassten 3D-Daten mit einem 3D-Modell (20) der zu untersuchenden Komponente(n) (9) zur Ermittlung der relativen Pose (A, B, C, D) der Bilderfassungseinheit (13) gegenüber der

WO 2020/148036 A1

(74) **Anwalt: GLAWE DELFS MOLL PARTNERSCHAFT
MBB VON PATENT- UND RECHTSANWÄLTEN;**
Postfach 13 03 91, 20148 Hamburg (DE).

(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

- hinsichtlich der Identität des Erfinders (Regel 4.17 Ziffer i)
- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)
- Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

oder den Komponente(n) (9); und d) Texturieren des 3D-Modells (20) mit den durch die Bilderfassungseinheit (13) erfassten visuellen Bildinformationen entsprechend der ermittelten relativen Pose der Bilderfassungseinheit (13). Die Vorrichtung (10) ist zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ausgebildet.

Verfahren und Vorrichtung zur Inspektion schwer erreichbarer Komponenten

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Inspektion schwer erreichbarer Komponenten einer Gasturbine,
5 insbesondere eines Flugzeugtriebwerks.

Im Stand der Technik sind diverse Verfahren zur optischen Inspektion von Gasturbinen, insbesondere von Flugzeugtriebwerken wie Strahltriebwerken, bekannt, bei denen ein Boroskop oder Endoskop durch eine seitliche Öffnung in eine vollständig montierte Gasturbine eingeführt werden kann, um damit dann das
10 Innere der Gasturbine optisch inspizieren zu können.

Beispielsweise wird zur Inspektion der Brennkammer einer Gasturbine ein flexibles Endoskop eingeführt und solange bei kontinuierlicher Bilderfassung manuell bewegt, bis die Brennkammer vollständig aufgenommen ist, also für jeden Bereich der
15 Brennkammer wenigstens ein Bild erfasst wurde. So wird häufig ein flexibles Endoskop entlang des kompletten Innenumfangs einer Brennkammer geführt, bevor es anschließend langsam herausgezogen wird. Dadurch soll sichergestellt werden, dass die
20 Brennkammer über ihren kompletten Umfang befundet wird.

Die so erzeugten Videoaufnahmen werden manuell analysiert, um den Bauzustand der Brennkammer zu dokumentieren. Bei signifikanten Beschädigungen kann eine manuelle statische 3D-Erfassung erfolgen, um die Beschädigung der Brennkammer noch genauer zu analysieren. Diese 3D-Erfassung ist jedoch sehr aufwendig und zeitintensiv, sodass sie nur in Ausnahmefällen durchgeführt wird.
25

Die gemäß dem Stand der Technik erzeugten Videoaufnahmen sind aufgrund der manuellen Führung des Endoskops weiterhin prak-

tisch nicht reproduzierbar. Somit lassen sich weder zwei Videoaufnahmen derselben Gasturbine zu unterschiedlichen Zeitpunkten, noch Videoaufnahmen von zwei Gasturbinen desselben Typs unmittelbar miteinander vergleichen.

- 5 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Inspektion schwer erreichbarer Komponenten einer Gasturbine zu schaffen, bei der die aus dem Stand der Technik bekannten Nachteile nicht mehr oder zumindest nur noch in vermindertem Umfang auftreten.
- 10 Gelöst wird diese Aufgabe durch ein Verfahren gemäß dem Hauptanspruch sowie eine Vorrichtung gemäß dem nebengeordneten Anspruch 9. Vorteilhafte Weiterbildungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Demnach betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Inspektion
15 von einer oder mehrerer schwer erreichbarer Komponenten einer Gasturbine mit einem steuerbaren flexiblen Endoskop mit wenigstens einer zur Erfassung von visuellen Bildinformationen und dazugehörigen 3D-Daten ausgebildeten Bilderfassungseinheit am freien Ende des Endoskops, mit den Schritten:

- 20 a) Einführen des Endoskops durch eine Inspektionsöffnung;
- b) Erfassen von visuellen Bildinformationen und 3D-Daten durch die Bilderfassungseinheit;
- c) Abgleichen der erfassten 3D-Daten mit einem 3D-Modell
25 der zu untersuchenden Komponente(n) zur Ermittlung der relativen Pose der Bilderfassungseinheit gegenüber der oder den Komponente(n); und

- d) Texturieren des 3D-Modells mit den durch die Bilderfassungseinheit erfassten visuellen Bildinformationen entsprechend der ermittelten relativen Pose der Bilderfassungseinheit.

- 5 Weiterhin betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Inspektion von einer oder mehrerer schwer erreichbarer Komponenten einer Gasturbine umfassend ein flexibles Endoskop mit wenigstens einer zur Erfassung von visuellen Bildinformationen und dazugehörigen 3D-Daten ausgebildeten Bilderfassungseinheit am
10 freien Ende des Endoskops und einer mit der Bilderfassungseinheit verbundenen Rechneinheit mit einem Speicher zur Aufnahme eines 3D-Modells der zu untersuchenden Komponente(n), wobei die Rechneinheit zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ausgebildet ist.
- 15 Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren werden nach Einführung des Endoskops durch eine dafür vorgesehene Inspektionsöffnung – anders als im Stand der Technik – durch die Bilderfassungseinheit nicht nur visuelle Bildinformationen erfasst, sondern auch dazugehörige 3D-Daten. Bei den 3D-Daten handelt es sich
20 um relative Positionsdaten, die den Abstand der einzelnen Punkte der visuellen Bildinformation zur Bilderfassungseinheit widerspiegeln, sodass sich beim Zusammenfügen der 3D-Daten mit den visuellen Bildinformationen letztendlich ein dreidimensionales Bild ergibt.
- 25 Die erfassten 3D-Daten werden anschließend mit einem 3D-Modell der zu untersuchenden Komponente(n) abgeglichen, um dadurch die relative Pose der Bilderfassungseinheit gegenüber der von ihr erfassten Komponente zu ermitteln. Bei dem 3D-Modell kann es sich bspw. um das CAD-Modell handeln, welches dem Bau der
30 zu untersuchenden Komponente(n) zugrunde lag. Die „relative Pose“ umfasst dabei wenigstens die relative Position und Ori-

entierung der Bilderfassungseinheit gegenüber den Komponente(n). Verfahren, um aus 3D-Daten, die in der Regel als Punktwolken bzw. Höhenfeldinformationen vorliegen, mit 3D-Modellen, wie bspw. Drahtgittermodellen, abzugleichen, um die gewünschte Pose zu ermitteln, sind im Stand der Technik bekannt.

Das 3D-Modell kann dann in Kenntnis der relativen Pose der Bilderfassungseinheit durch die visuellen Bildinformationen texturiert werden. Dabei werden die visuellen Bildinformationen virtuell ausgehend von der ermittelten Pose der Bilderfassungseinheit auf das 3D-Modell projiziert und in das 3D-Modell übernommen.

Es ist bevorzugt, wenn die Schritte der Erfassung von visuellen Bildinformationen und dazugehörigen 3D-Daten, der Ermittlung der relativen Pose der Bilderfassungseinheit gegenüber der oder den Komponente(n) durch Abgleich der erfassten 3D-Daten mit einem 3D-Modell und die Texturieren des 3D-Modells mit den durch die Bilderfassungseinheit erfassten visuellen Bildinformationen wiederholt werden, nachdem die Pose der Bilderfassungseinheit verändert wird. Eine Veränderung der Pose der Bilderfassungseinheit bedeutet auch eine Veränderung des von ihr aufgenommenen Bildausschnitts. Durch entsprechende Anzahl an Wiederholungen der genannten Schritte kann bei geeigneter Veränderung der Pose der Bilderfassungseinheit so nach und nach das gesamte 3D-Modell vollständig texturiert werden. Kommt es zu Überschneidungen von erfassten visuellen Bildinformationen mit bereits vorhandener Textur des 3D-Modells können die visuellen Bildinformationen durch bekannte Stitching-Verfahren, wie sie bspw. aus der Panoramafotografie bekannt sind, miteinander verknüpft werden.

Insbesondere bei der endoskopischen Inspektion von im Grundsatz rotationssymmetrisch ausgestalteten Gasturbinen ist nicht

ausgeschlossen, dass sich aus den erfassten 3D-Daten keine eindeutige Pose ermitteln lässt, sondern für die 3D-Daten grundsätzlich mehrere Posen der Bilderfassungseinheit im 3D-Modell in Betracht kommen.

5 Es ist daher bevorzugt, dass – wenn nach einer Veränderung der Pose der Bilderfassungseinheit neue visuelle Bildinformationen und 3D-Daten erfasst und wie beschrieben verarbeitet werden – die zu den zuvor erfassten visuellen Bildinformationen zugehörige Pose als Ausgangspunkt für den Abgleich anschließend zusammen mit weiteren visuellen Bildinformationen erfasster 3D-Daten mit dem 3D-Modell der zu untersuchenden Komponente(n) verwendet wird. In anderen Worten soll zunächst in der Umgebung der zuvor ermittelten Pose nach möglicherweise in Frage kommenden relativen Posen der Bilderfassungseinheit aufgrund
10 der erfassten 3D-Daten gesucht werden, sodass bei ggf. mehreren infrage kommenden Posen die der vorherigen Pose am nächsten kommende Pose als zutreffend angesehen wird. Insbesondere wenn die visuellen Bildinformationen und 3D-Daten bei kleinen Veränderungen der Pose der Bilderfassungseinheit oder aber in regelmäßige kurzen Abständen, wenn nicht gar kontinuierlich, erfasst werden, lässt sich die Pose der Bilderfassungseinheit in der Regel zuverlässig bestimmen. Bei Bedarf kann bereits während des Einführens des Endoskops durch die Inspektionsöffnung mit der Erfassung durch die Bilderfassungseinheit begonnen werden, sodass die beschriebene Fortschreibung der ermittelten Pose der Bilderfassungseinheit an einem definierten Punkt beginnt, der bspw. auch in dem 3D-Modell entsprechend
20 hinterlegt sein kann.
25

Das flexible Endoskop kann eine manuell oder automatisch steuerbare Kinematik aufweisen, um die am freien Ende angeordnete Bilderfassungseinheit durch die Inspektionsöffnung hindurch zu bewegen. Die Kinematik kann bspw. entsprechend einem flexiblen Manipulatorarm als Führung für das Endoskop ausgestaltet sein,
30

der eine sehr hohe Zahl an Freiheitsgraden aufweist. Die Kinematik kann aber auch in einer kettenartigen Führung des Endoskops bestehen, wobei die einzelnen Kettenglieder relativ zueinander bewegt (insbesondere verschwenkt) werden können. Eine entsprechende Führung kann bspw. auch als Schwanenhals aus gewendelttem Metallschlauch oder in ähnlicher Weise verformbarer Strukturen ausgeführt werden. Es ist besonders bevorzugt, wenn das Endoskop an seinem freien Ende eine Abwinkelungseinheit aufweist, mit welcher der mit der Bilderfassungseinheit ausgestattete Bereich gegenüber der Längsachse des Endoskops abgewinkelt werden kann. Die letztendliche Bewegung der Kinematik kann auf bekannte Weise durch kleine, unmittelbar an der Führung angeordnete Aktuatorelemente oder über Bowdenzüge erreicht werden. Das Endoskop kann mit Kunststoff überzogen sein, um Beschädigungen am Flugzeugtriebwerk bei unbeabsichtigten Kontakt zu vermeiden.

Bei einer entsprechenden manuell oder automatisch steuerbaren Kinematik kann die Pose der Bilderfassungseinheit aufgrund des Zustands der Kinematik ausgehend von der Inspektionsöffnung bestimmt werden. Die Pose lässt sich dabei in der Regel nur grob, d. h. für die unmittelbare Verwendung als relative Pose der Bilderfassungseinheit zum Zwecke der Texturierung zu ungenau, ermitteln. Allerdings kann diese Grobpose als Ausgangspunkt für den Abgleich der erfassten 3D-Daten mit dem 3D-Modell der zu untersuchenden Komponente(n) verwendet werden. Sind aufgrund der 3D-Daten grundsätzlich mehrere Posen der Bilderfassungseinheit in dem 3D-Modell denkbar, kann ausgehend von der erfassten Grobpose der Bilderfassungseinheit die nächstliegende mögliche Pose gemäß 3D-Modell gesucht werden.

Um die Genauigkeit der zu ermittelten relativen Pose, aber ggf. auch die Eindeutigkeit der ermittelten relativen Pose zu erhöhen, ist es bevorzugt, wenn das Endoskop über wenigstens

zwei Bilderfassungseinheiten verfügt, die visuellen Bildinformationen und 3D-Daten in unterschiedlichen Blickwinkel erfassen, wobei vorzugsweise gleichzeitig erfasste Bildinformationen und 3D-Daten in unterschiedlichen Blickwinkel gemeinsam

5 zum Abgleich der erfassten 3D-Daten mit dem 3D-Modell der zu untersuchenden Komponente(n) genutzt werden. „Blickwinkel“ bezeichnet dabei den Winkel des Aufnahmekegels der Bilderfassungseinheit gegenüber einer Referenzachse oder -ebene, bspw. der Längsachse des Endoskops im Bereich der Bilderfassungsein-

10 heit oder einer diese Längsachse umfassende Ebene. Die Blickwinkel sind dabei so zu wählen, dass keine zwei Bilderfassungseinheiten einen vollständig identischen Bereich erfassen; Überlappungen, auch weitgehende Überlappungen von Erfassungsbereichen zweier Bilderfassungseinheiten sind aber möglich.

15 Indem mehr als eine Bilderfassungseinheit vorgesehen ist, kann bei der Erfassung von visuellen Bildinformationen und dazugehörigen 3D-Daten aufgrund der vorgesehenen unterschiedlichen Blickwinkel der einzelnen Bilderfassungseinheiten ein größerer Erfassungsbereich abgedeckt werden. In der Folge liegen mehr

20 3D-Daten vor, die bei dem Abgleich mit dem 3D-Modell herangezogen werden können. Darüber hinaus können mittels der zusätzlichen visuellen Bildinformationen der weiteren Bilderfassungssensoren in einem Durchlauf größere Flächen des 3D-Modells texturiert werden, sodass ggf. die für die vollständige

25 Erfassung von Komponente(n) oder gewünschten Bereichen davon erforderliche Anzahl an Posen der Bilderfassungseinheit, von denen visuelle Bildinformationen und 3D-Daten erfasst werden müssen, sowie die damit verbundene Zeit reduziert werden kann.

Es kann vorgesehen sein, eine Mehrzahl an Bilderfassungssensoren vorzusehen und diese so anzuordnen, dass visuelle Bildinformationen und 3D-Daten über den gesamten Umfang um die Achse

30 des Endoskops im Bereich der Bilderfassungseinheiten erfasst werden. In anderen Worten sollen ausreichend Bilderfassungseinheiten vorgesehen sein, um 360°-Aufnahmen zu ermöglichen.

Nachdem die 3D-Daten verwendet wurden, um die relative Pose der Bilderfassungseinheit im 3D-Modell zu ermitteln, werden die 3D-Daten vorzugsweise zum erneuten Abgleich mit dem 3D-Modell zur Feststellung von Abweichungen herangezogen. Bei der Ermittlung der Pose der Bilderfassungseinheit anhand der 3D-Daten treten bereits aufgrund von Messungenauigkeiten grundsätzlich Abweichungen von dem 3D-Modell auf, die gewichtet werden, um dennoch die Pose der Bilderfassungseinheit genau bestimmen zu können. Auch Deformationen oder vergleichbare Beschädigungen der zu untersuchenden Komponenten spiegeln sich in den 3D-Daten wieder und bedeuten eine Abweichung von dem 3D-Modell, die bei ausreichend 3D-Daten unbeschädigter Bereiche durch geeignete Gewichtung einer genauen Bestimmung der Pose der Bilderfassungseinheit jedoch nicht entgegenstehen. Die bei dem „zweiten“ Abgleich der 3D-Daten mit dem 3D-Modell ermittelten Abweichungen können Auskunft über mögliche Beschädigungen der inspizierten Komponente(n) geben. Die Abweichungen können vorzugsweise als Veränderung der Texturierung (bspw. Einfärbung) und/oder als Anpassung des 3D-Modells entsprechend der erfassten 3D-Daten hinterlegt werden. Dadurch werden die festgestellten Abweichungen leicht am texturierten 3D-Modell erkennbar.

Es ist bevorzugt, dass, sofern die Kinematik des Endoskops automatisch steuerbar ist, die wenigstens eine Bilderfassungseinheit des Endoskops entlang einer vorgegebenen Führungslinie automatisch geführt wird. Die Führungslinie kann bspw. im 3D-Modell enthalten und/oder anhand des 3D-Modells entwickelt sein. Ist eine automatische Führung des Endoskops vorgesehen, muss das Endoskop oder eine damit verbundene Halterung lediglich an der Inspektionsöffnung angesetzt und in diesem Bereich befestigt werden; die letztendliche Bewegung des Endoskops im Innern erfolgt automatisch, bspw. computergesteuert. Dabei wird die Bilderfassungseinheit entlang einer vorgegebenen Führungslinie bewegt. Durch eine solche automatische Führung des

Endoskops kann im Vergleich zu einer manuellen Betätigung des Endoskops sichergestellt werden, dass sämtliche gewünschten Bereiche der zu untersuchenden Komponente(n) wenigstens einmal von der einer Bilderfassungseinheit erfasst werden, ohne dass
5 es zu unnötigen Doppelerfassungen kommt.

Die Bilderfassungseinheit kann einen Bildsensor zur Erfassung von visuellen Bildinformationen und einen Entfernungssensor zur Erfassung der 3D-Daten umfassen. Entsprechende Sensoren sind im Stand der Technik bekannt. Es ist auch möglich, die
10 beiden Sensoren zu vereinen, bspw. in einem Fotomischdetektor.

Bevorzugt ist es, wenn zur Erfassung von visuellen Bildinformationen und 3D-Daten die Bilderfassungseinheit in einem Abstand angeordnete Bilderfassungssensoren mit im Wesentlichen parallel oder in einem kleinen Winkel zueinander ausgerichteten Aufnahmeachsen aufweist, aus deren erfassten Bildinformationen sich durch Triangulation 3D-Daten ermitteln lassen.
15 Verschiedene Berechnungsmethoden zur Gewinnung von 3D-Daten aus zwei entsprechend erfassten Bildern sind unter dem Begriff „Computerstereovision“ bekannt.

20 Die Bilderfassungseinrichtung kann zur Erfassung von für die Verarbeitung zu 3D-Daten geeigneten visuellen Bildinformationen Graustufen-CMOS-Sensoren mit Global Shutter aufweisen, die für die benötigte Auflösung ausreichend kompakt für die Verwendung in einem Endoskop sind. Für Farbinformationen kann ein
25 zusätzlicher Farb-CMOS-Sensor oder Farb-CCD-Sensor vorgesehen sein, für den ein Rolling Shutter ausreichend ist, sodass auch dieser Sensor ausreichend klein ausfallen kann.

Das durch das erfindungsgemäße Verfahren erstellte texturierte 3D-Modell der zu untersuchenden Komponenten kann an einer Anzeigeeinrichtung beliebig visualisiert und begutachtet werden.
30 Das erfindungsgemäß erzeugte 3D-Modell ist darüber hinaus von

der tatsächlichen Durchführung der endoskopischen Inspektion entkoppelt, sodass sich zwei zu unterschiedlichen Zeiten erzeugte 3D-Modelle derselben Komponente(n) unmittelbar und ggf. auch automatisiert miteinander vergleichen lassen. Gleiches gilt für 3D-Modelle unterschiedlicher Komponenten desselben Typs. Die erzeugten 3D-Modelle können beliebig gespeichert, ausgewertet und weiterverarbeitet werden.

Zur Erläuterung der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird auf die vorstehenden Ausführungen verwiesen.

10 Die Erfindung wird nun anhand einer bevorzugten Ausführungsform unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beispielhaft beschrieben. Es zeigen:

Figur 1: eine schematische Schnittansicht eines Flugzeugtriebwerks mit darin eingeführter erfindungsgemäßer Vorrichtung;

Figur 2: ein vergrößerter Ausschnitt der Figur 1; und

Figur 3: eine schematische Darstellung der Funktionsweise der Vorrichtung aus Figuren 1 und 2.

In Figuren 1 und 2 ist schematisch ein Schnitt durch ein Zweiwellen-Triebwerk 1 gezeigt, bei dem der Fan 2 sowie der Niederdruckkompressor 3 über eine erste Welle 4 mit der Niederdruckturbine 5 drehverbunden ist, während der Hochdruckkompressor 6 über eine zweite Welle 7 mit der Hochdruckturbine 8 drehverbunden ist. Zwischen Hochdruckkompressor 6 und Hochdruckturbine 8 ist die Brennkammer 9 angeordnet.

Zur Inspektion der Brennkammer 9 ist eine erfindungsgemäße Vorrichtung 10 vorgesehen.

Die Vorrichtung 10 umfasst ein flexibles Endoskop 11, an dessen freien Ende 12 zwei Bilderfassungseinheiten 13 vorgesehen sind. Jede der Bilderfassungseinheiten 13 umfasst jeweils zwei Bilderfassungssensoren 14. Bei den Bilderfassungssensoren 14
5 handelt es sich um CMOS-Sensoren mit Global Shutter. Die Aufnahmeachsen 14' der beiden Bilderfassungssensoren 14 jeweils einer Bilderfassungseinheit 13 verlaufen parallel zueinander. Dadurch können aus zeitgleich aufgenommenen Bildinformationen der Bilderfassungssensoren 14 derselben Bilderfassungseinheit
10 13 durch bekannte Computerstereovisionsverfahren 3D-Daten abgeleitet werden. Die beiden Bilderfassungseinheiten 13 sind auf gegenüberliegenden Seiten des Endoskops 11 angeordnet, so dass die Bilderfassungseinheiten 13 jeweils andere Blickwinkel haben und andere Aufnahmebereiche abdecken.

15 Das flexible Endoskop 11 weist eine automatisch steuerbare Kinetik in Form einer steuerbaren Führung 15 auf, in der das flexible Endoskop 11 geführt ist. Die Führung 15 ist dabei als flexibler Manipulatorarm ausgestaltet, der eine sehr hohe Zahl an Freiheitsgraden besitzt. Die Antriebe und Steuerung der
20 Führung 15 sind in der Halterungs- und Antriebseinheit 16 angeordnet. Mit der Halterungs- und Antriebseinheit 16 ist die Vorrichtung 10 an der Außenseite des Triebwerks 1 im Bereich einer Inspektionsöffnung befestigt. Die in der Einheit 16 integrierten Antriebe sind dazu ausgebildet, das Endoskop 11
25 bzw. dessen Führung 15 durch die Inspektionsöffnung weiter einzuführen oder herauszuziehen. Außerdem gestatten die Antriebe die Steuerung der Führung 15 in sämtlichen zur Verfügung stehenden Freiheitsgraden, sowie die Rotation des Endoskops 11 gegenüber der Führung 15. Durch die Halterungs- und
30 Antriebseinheit 16 lässt sich das freie Ende des Endoskops 11 nahezu beliebig in der Brennkammer 9 positionieren und orientieren, wobei sich aus der Steuerung der Führung 15 bzw. des Endoskops 11 die ungefähre Pose der Bilderfassungseinheiten 13

am freien Ende 12 des Endoskops 11 gegenüber der Inspektions-
öffnung ergibt. Ist die Pose der Inspektionsöffnung gegenüber
der Brennkammer 9 eindeutig, kann daraus die grobe Pose der
Bilderfassungseinheiten 13 gegenüber der Brennkammer 9 ermit-
telt werden.

Die Bilderfassungseinheiten 13 des Endoskops 11 sowie Halte-
rungs- und Antriebseinheit 16 sind mit dem Rechner 17 daten-
verbunden. Der Rechner 17 ist dazu ausgebildet, das Endoskop
11 insbesondere über die Halterungs- und Antriebseinheit 16 zu
steuern und somit insbesondere die Bilderfassungseinheiten 13
zu bewegen. Auch können die von den Bilderfassungseinheiten 13
erfassten Daten ausgewertet werden. Dabei können die Bilder-
fassungseinheiten 13 lediglich die von den jeweiligen Bilder-
fassungssensoren 14 aufgenommenen visuellen Bildinformationen
an den Rechner 17 liefern, der daraus dann mithilfe von Compu-
terstereovisionsverfahren 3D-Daten zu ermitteln. Es ist aber
auch möglich, dass die Bilderfassungseinheiten 13 über geeig-
nete Berechnungsmodule verfügen, mit denen die 3D-Daten ermit-
telt werden, sodass nur noch die visuellen Bildinformationen
eines der beiden Bilderfassungssensoren 14 zusammen mit den in
der Bilderfassungseinheit 13 selbst ermittelten 3D-Daten an
den Rechner 17 übertragen werden müssen.

Die prinzipielle Funktionsweise der Vorrichtung 10 aus Figuren
1 und 2 wird nun anhand Figur 3 näher erläutert. Dabei wird
aus Gründen der Übersichtlichkeit bewusst auf eine vereinfach-
te Darstellung zurückgegriffen.

In dem Rechner 14 ist ein 3D-Modell 20 der zu untersuchenden
Komponente – nämlich der Brennkammer 9 – vorgesehen, von dem
aus Darstellungsgründen lediglich ein Schnitt dargestellt ist.
Das 3D-Modell 20 weist im Ausgangszustand keine Textur auf,
weshalb es gestrichelt dargestellt ist.

Teil des 3D-Modells 20 ist eine Führungslinie 21, entlang derer vier Posen A, B, C, D definiert sind, an denen jeweils visuelle Bilddaten und 3D-Daten erfasst werden sollen.

Die Führungslinie 21 wird von dem Rechner 14 genutzt, um mit-
5 hilfe der Halterungs- und Antriebseinheit 16 daran entlang das
Endoskop 11 zu führen (vgl. Figur 3, links oben). Bei Errei-
chen der Posen A, B, C, D werden von den Bilderfassungseinhei-
ten 13 – von denen in Figur 3 lediglich die Aufnahmekegel 13`
angedeutet sind – jeweils visuelle 2D-Bildinformationen sowie
10 3D-Daten erfasst. Die 3D-Daten werden dabei über Computerste-
reovisionsverfahren aus den visuellen 2D-Bildinformationen der
beiden Bilderfassungssensoren 14 einer Bilderfassungseinheit
13 (vgl. Figur 2) gewonnen und spiegeln somit den Abstand der
einzelnen Punkte der visuellen Bildinformationen von der Bil-
15 derfassungseinheit 13 wieder.

Die Daten beider Bilderfassungseinheiten 13 werden zusammen
mit der jeweils vorgegebenen Pose A, B, C, D, von der aus die
visuellen Bildinformationen und die daraus abgeleiteten 3D-In-
formationen erfasst wurden, vom Rechner 14 weiterverarbeitet
20 (vgl. Figur 3, links unten). Da die Posen A, B, C, D von dem
Endoskop 11 bzw. dessen Führung 15 in der Regel nicht mit aus-
reichender Sicherheit genau erreicht werden können, können die
Posen dabei nicht als tatsächliche, sondern nur als Grobposen
A`, B`, C`, D` angesehen werden.

25 Ausgehend von den Grobposen A`, B`, C`, D` werden die erfass-
ten 3D-Daten beider Bilderfassungseinrichtungen 13 mit dem Mo-
dell 20 abgeglichen und um die tatsächliche Pose der beiden
Bilderfassungseinrichtungen 13 und somit des freien Endes 12
des Endoskops 11 zu ermitteln. Entsprechende Verfahren zum Ab-
30 gleich der erfassten 3D-Daten mit dem 3D-Modell 20 sind im
Stand der Technik bekannt. Indem von der jeweiligen Grobpose
A`, B`, C`, D` ausgegangen wird, kann sichergestellt werden,

5

10

dass nach dem Abgleich von 3D-Daten mit dem 3D-Modell 20 aus mehreren möglichen Posen der Bilderfassungseinrichtungen 13 die tatsächlich zutreffende ausgewählt wird.

Die so ermittelte exakte Pose der Bilderfassungseinheiten 13 wird anschließend dazu genutzt, die visuellen 2D-Bilddaten von der jeweils ermittelten tatsächlichen Pose der Bilderfassungseinheiten 13 virtuell auf das 3D-Modell 20 zu projizieren, womit ein texturiertes 3D-Modell 20' erzeugt wird. Sollte es dabei zu Überschneidungen zwischen bereit bestehenden Texturen 22 und projizierten 2D-Bilddaten kommen, können aus dem Stand der Technik bekannte Stitching-Verfahren angewendet werden, um einen nahtlosen Übergang in der Textur zu erreichen.

Darüber hinaus kann das 3D-Modell 20' aufgrund lokaler Abweichungen 23 davon in den erfassten 3D-Daten, die häufig auf eine Beschädigung hinweisen, angepasst werden, sodass die Abweichung 23 auch im texturierten 3D-Modell 20' zu finden sind. Die Textur 20 kann im Bereich entsprechender Abweichungen 23 darüber hinaus eingefärbt werden, um die Abweichungen 23 so im 3D-Modell 20' leichter erkennbar zu machen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Inspektion von einer oder mehrerer schwer er-
reichbarer Komponenten (9) einer Gasturbine (1) mit einem
flexiblen Endoskop (11) mit wenigstens einer zur Erfassung
5 von visuellen Bildinformationen und dazugehörigen 3D-Daten
ausgebildeten Bilderfassungseinheit (13) am freien Ende
(12) des Endoskops (11), gekennzeichnet durch die Schritte:
 - a) Einführen des Endoskops (11) durch eine Inspektionsöff-
nung;
 - 10 b) Erfassen von visuellen Bildinformationen und dazugehö-
rigen 3D-Daten durch die wenigstens eine Bilderfas-
sungseinheit (13);
 - c) Abgleichen der erfassten 3D-Daten mit einem 3D-Modell
(20) der zu untersuchenden Komponente(n) (9) zur Er-
15 mittlung der relativen Pose (A, B, C, D) der Bilderfas-
sungseinheit (13) gegenüber der oder den Komponente(n)
(9); und
 - d) Texturieren des 3D-Modells (20) mit den durch die Bil-
derfassungseinheit (13) erfassten visuellen Bildinfor-
20 mationen entsprechend der ermittelten relativen Pose
der Bilderfassungseinheit (13).
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Schritte b) bis d) nach einer Veränderung der Pose (A,
25 B, C, D) der Bilderfassungseinheit (13) des Endoskops (11)
wiederholt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet, dass

die zu den zuvor erfassten visuellen Bildinformationen zugehörige Pose (A, B, C, D) als Ausgangspunkt für den Abgleich anschließend zusammen mit weiteren visuellen Bildinformationen erfasster 3D-Daten mit dem 3D-Modell (20) der zu untersuchenden Komponente(n) (9) verwendet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das flexible Endoskop (11) eine manuell oder automatisch steuerbare Kinematik aufweist, über welche die Grobpose der Bilderfassungseinheit (13) ermittelbar ist, wobei die Grobpose als Ausgangspunkt für den Abgleich der erfassten 3D-Daten mit dem 3D-Modell (20) der zu untersuchenden Komponente(n) (9) verwendet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Kinematik des Endoskops (11) automatisch steuerbar ist und die wenigstens eine Bilderfassungseinheit (13) entlang einer im 3D-Modell (20) enthaltenen Führungslinie (21) automatisch geführt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Endoskop (11) über wenigstens zwei Bilderfassungseinheiten (13) verfügt, die visuelle Bildinformationen und 3D-Daten in unterschiedlichen Blickwinkeln erfassen, wobei vorzugsweise gleichzeitig erfasste Bildinformationen und 3D-Daten in unterschiedlichen Blickwinkel gemeinsam zum Abgleich der erfassten 3D-Daten mit dem 3D-Modell (20) der zu untersuchenden Komponente(n) (9) genutzt werden.

7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass

nach Ermittlung der Pose (A, B, C, D) der Bilderfassungseinheit (13) gegenüber der oder den Komponente(n) (9) die erfassten 3D-Daten mit dem 3D-Modell (20) zur Feststellung von Abweichungen (21) abgeglichen werden, wobei die Abweichungen (21) vorzugsweise als Veränderung der Texturierung (20) und/oder als Anpassung des 3D-Modells (20) entsprechend der erfassten 3D-Daten hinterlegt werden.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

die verwendete Bilderfassungseinheit (13) in einem Abstand angeordnete Bilderfassungssensoren (14) mit im Wesentlichen parallel zueinander ausgerichteten Aufnahmeachsen aufweist, aus deren erfassten Bildinformationen sich durch Triangulation 3D-Daten ermitteln lassen.

9. Vorrichtung (10) zur Inspektion von einer oder mehrerer schwer erreichbarer Komponenten (9) einer Gasturbine (1) umfassend ein flexibles Endoskop (11) mit wenigstens einer zur Erfassung von visuellen Bildinformationen und dazugehörigen 3D-Daten ausgebildeten Bilderfassungseinheit (13) am freien Ende (12) des Endoskops (11) und einer mit der Bilderfassungseinheit (13) verbundenen Rechneinheit (17) mit einem Speicher zur Aufnahme eines 3D-Modells (20) der zu untersuchenden Komponente(n) (9), wobei die Rechneinheit (17) zur Durchführung des Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7 ausgebildet ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass

das flexible Endoskop (11) eine manuell oder automatisch steuerbare Kinematik aufweist, über welche die Grobpose der Bilderfassungseinheit (13) ermittelbar ist und/oder die von der Rechneinheit (17) steuerbar ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Bilderfassungseinheit (13) in einem Abstand angeordnete
Bilderfassungssensoren (14) mit im Wesentlichen parallel
5 zueinander ausgerichteten Aufnahmeachsen aufweist, aus de-
ren erfassten Bildinformationen durch Triangulation 3D-Da-
ten ermittelbar sind.

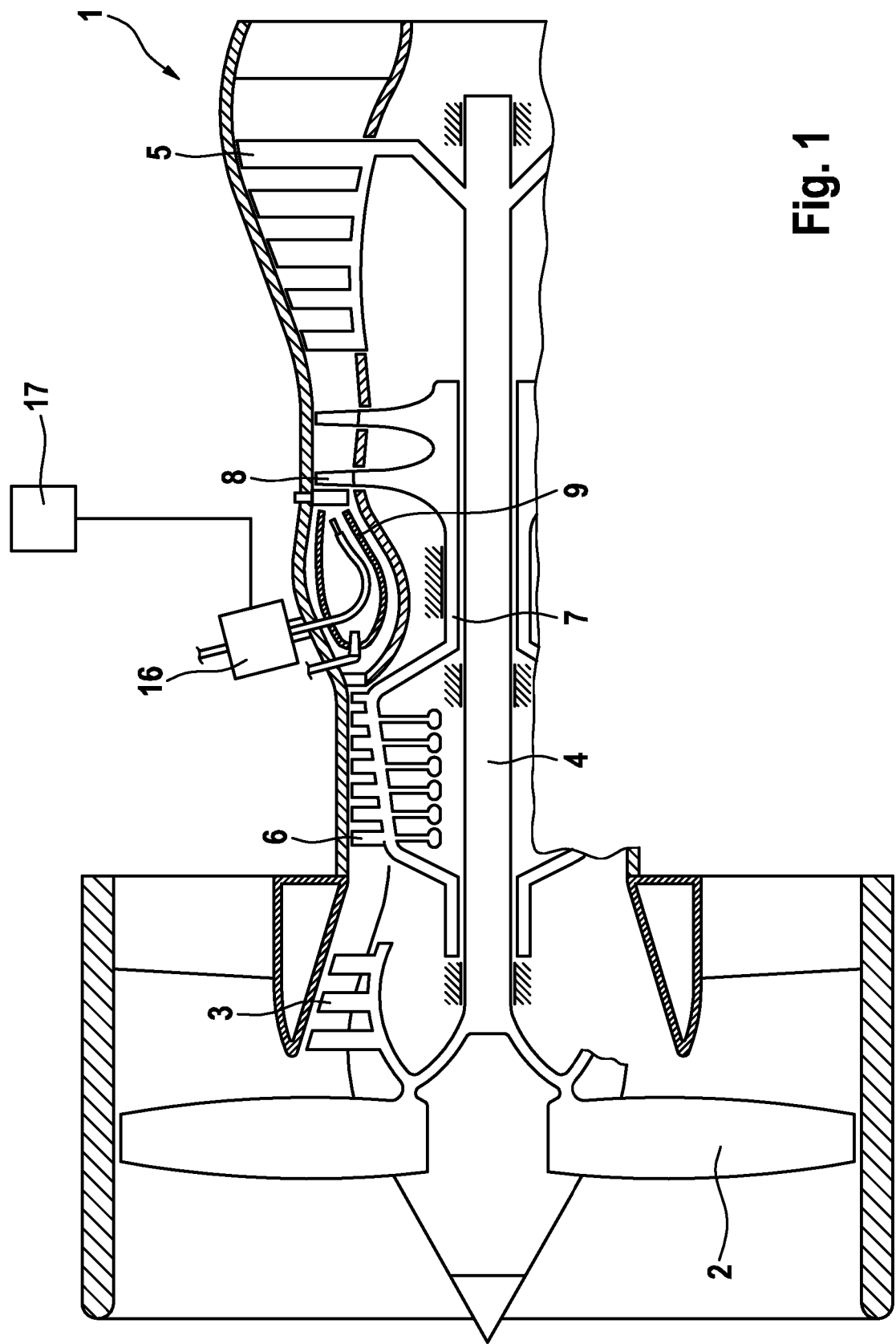


Fig. 1

2 / 3

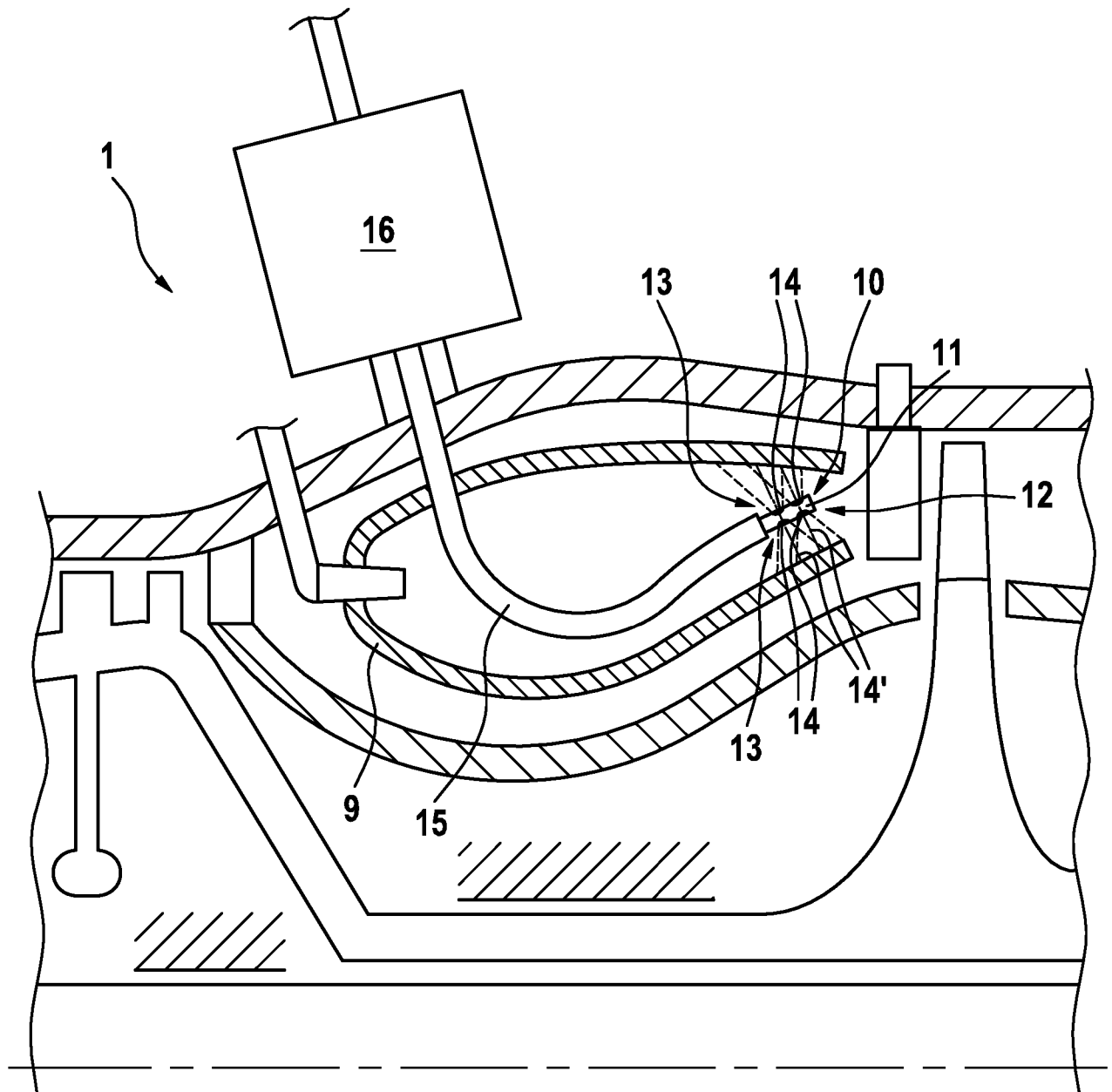
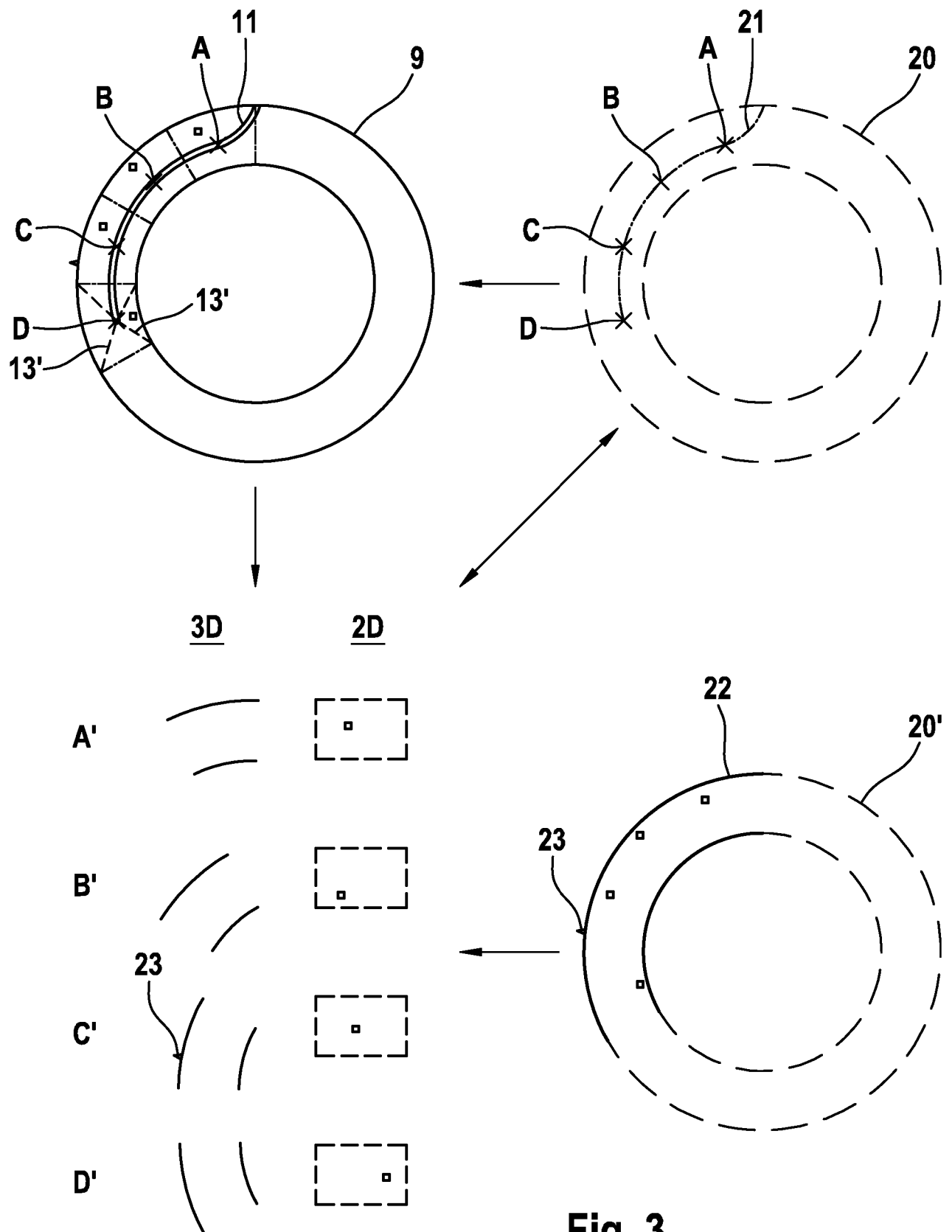


Fig. 2

3 / 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/084899

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06T 7/00(2017.01)i; **G06T 7/73**(2017.01)i; **F01D 21/00**(2006.01)i; **G01N 21/95**(2006.01)i; **G01N 21/954**(2006.01)i; **G02B 23/24**(2006.01)i; **G06T 15/04**(2011.01)i; **G01N 21/88**(2006.01)i; **G06T 11/00**(2006.01)n; **F03B 11/00**(2006.01)n

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06T; F03B; F01D; G01N; G02B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	US 2014185912 A1 (LIM SER NAM [US] ET AL) 03 July 2014 (2014-07-03) abstract, Fig. 1-4, [0001-0059], claims 1-20	1-4,6-11 5
Y A	US 2012154594 A1 (XIE BINGLONG [US] ET AL) 21 June 2012 (2012-06-21) abstract, Fig. 1-3, [0001-0053], claims 1-18	1-4,6-11 5
Y A	US 2013207965 A1 (HORI FUMIO [JP]) 15 August 2013 (2013-08-15) abstract, Fig. 1-66, [0001-0295], claims 1-16	1-4,6-11 5
Y A	STEFFEN MATTHIAS ET AL. "A 3D measuring endoscope for hand-guided operation" <i>MEASUREMENT SCIENCE AND TECHNOLOGY, IOP, BRISTOL, GB</i> , Vol. 29, No. 9, August 2018 (2018-08), page 94001, [retrieved on 2018-08-01] DOI: 10.1088/1361-6501/AAD1E1 ISSN: 0957-0233, XP020330059 abstract, section 6	1-4,6-11 5
Y A	EP 3264341 A1 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 03 January 2018 (2018-01-03) abstract, Fig. 1-6, claims 1-14, [0001-0048]	1-4,6-11 5

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

18 February 2020

Date of mailing of the international search report

27 February 2020

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Borotschnig, Hermann

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/084899

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)		Publication date (day/month/year)	
US	2014185912	A1	03 July 2014	CH	709322	B1	15 September 2017
				DE	112013006312	T5	24 September 2015
				JP	6405320	B2	17 October 2018
				JP	2016502216	A	21 January 2016
				US	2014185912	A1	03 July 2014
				WO	2014105463	A2	03 July 2014
US	2012154594	A1	21 June 2012	CA	2812714	A1	29 March 2012
				CN	103119425	A	22 May 2013
				EP	2619556	A1	31 July 2013
				JP	5738417	B2	24 June 2015
				JP	2013537979	A	07 October 2013
				KR	20130081703	A	17 July 2013
				US	2012154594	A1	21 June 2012
				WO	2012040533	A1	29 March 2012
US	2013207965	A1	15 August 2013	JP	2013167481	A	29 August 2013
				US	2013207965	A1	15 August 2013
EP	3264341	A1	03 January 2018	EP	3264341	A1	03 January 2018
				SG	10201704896P	A	27 February 2018
				US	2018002039	A1	04 January 2018

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	G06T7/00 G06T7/73 F01D21/00 G01N21/95 G01N21/954	
	G02B23/24 G06T15/04 G01N21/88	
ADD.	G06T11/00 F03B11/00	
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)		
G06T F03B F01D G01N G02B		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)		
EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 2014/185912 A1 (LIM SER NAM [US] ET AL) 3. Juli 2014 (2014-07-03)	1-4,6-11
A	Zusammenfassung, Fig. 1-4, [0001-0059], Ansprüche 1-20	5
Y	US 2012/154594 A1 (XIE BINGLONG [US] ET AL) 21. Juni 2012 (2012-06-21)	1-4,6-11
A	Zusammenfassung, Fig. 1-3, [0001-0053], Ansprüche 1-18	5
Y	US 2013/207965 A1 (HORI FUMIO [JP]) 15. August 2013 (2013-08-15)	1-4,6-11
A	Zusammenfassung, Fig. 1-66, [0001-0295], Ansprüche 1-16	5
	----- -/-	
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
18. Februar 2020		27/02/2020
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Borotschnig, Hermann

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	STEFFEN MATTHIAS ET AL: "A 3D measuring endoscope for hand-guided operation", MEASUREMENT SCIENCE AND TECHNOLOGY, IOP, BRISTOL, GB, Bd. 29, Nr. 9, August 2018 (2018-08), Seite 94001, XP020330059, ISSN: 0957-0233, DOI: 10.1088/1361-6501/AAD1E1 [gefunden am 2018-08-01]	1-4,6-11
A	Zusammenfassung, Abschnitt 6 -----	5
Y	EP 3 264 341 A1 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 3. Januar 2018 (2018-01-03)	1-4,6-11
A	Zusammenfassung, Fig. 1-6, Ansprüche 1-14, [0001-0048] -----	5

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/084899

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2014185912	A1	03-07-2014	CH	709322 B1	15-09-2017
			DE	112013006312 T5	24-09-2015
			JP	6405320 B2	17-10-2018
			JP	2016502216 A	21-01-2016
			US	2014185912 A1	03-07-2014
			WO	2014105463 A2	03-07-2014

US 2012154594	A1	21-06-2012	CA	2812714 A1	29-03-2012
			CN	103119425 A	22-05-2013
			EP	2619556 A1	31-07-2013
			JP	5738417 B2	24-06-2015
			JP	2013537979 A	07-10-2013
			KR	20130081703 A	17-07-2013
			US	2012154594 A1	21-06-2012
			WO	2012040533 A1	29-03-2012

US 2013207965	A1	15-08-2013	JP	2013167481 A	29-08-2013
			US	2013207965 A1	15-08-2013

EP 3264341	A1	03-01-2018	EP	3264341 A1	03-01-2018
			SG 10201704896P	A	27-02-2018
			US	2018002039 A1	04-01-2018
