



(10) **DE 10 2018 214 413 A1** 2020.02.27

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2018 214 413.3**

(22) Anmeldetag: **27.08.2018**

(43) Offenlegungstag: **27.02.2020**

(51) Int Cl.: **G01M 15/14 (2006.01)**

G01M 3/00 (2006.01)

F16L 55/26 (2006.01)

F17D 5/00 (2006.01)

G21C 17/013 (2006.01)

(71) Anmelder:

Siemens Aktiengesellschaft, 80333 München, DE

(72) Erfinder:

**Lagodka, Rayk, 14612 Falkensee, DE; Runge,
Benjamin, 10587 Berlin, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

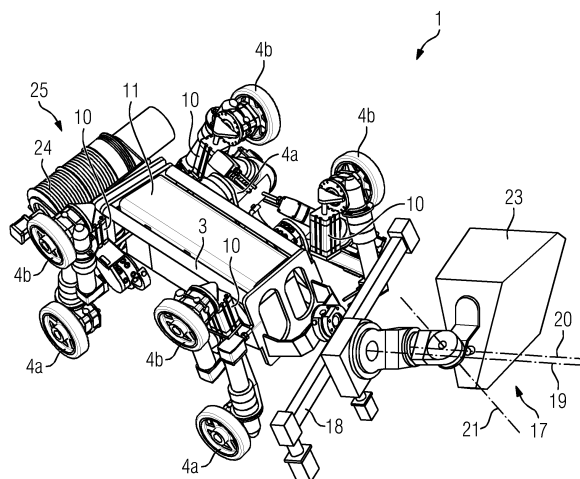
DE	10 2004 029 631	A1
US	5 142 990	A
EP	0 164 557	A1

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Inspektionsverfahren und Inspektionsfahrzeug**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Inspektion des Innern eines ringförmigen Hohlraums, insbesondere einer einen unsymmetrischen Querschnitt aufweisenden Ringbrennkammer (2) einer Gasturbine eines Kraftwerks, wobei dieses unter Verwendung eines Inspektionsfahrzeugs (1) durchgeführt wird. Ferner betrifft die Erfindung ein Inspektionsfahrzeug zur Durchführung des Verfahrens.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Inspektion des Inneren eines ringförmigen Hohlraums, insbesondere in Form einer einen unsymmetrischen Querschnitt aufweisenden Ringbrennkammer einer Gasturbine eines Kraftwerks. Ferner betrifft die Erfindung ein Inspektionsfahrzeug zur Durchführung eines solchen Verfahrens.

[0002] Ringbrennkammern von Gasturbinen erfordern eine regelmäßige Inspektion, um beispielsweise den Zustand der Hitzeschildplatten zu bestimmen, mit denen die Ringbrennkammer zum Schutz vor den hohen Temperaturen ausgekleidet ist. Im Rahmen einer solchen Inspektion muss ein Befundaufnehmer die Ringbrennkammer betreten, um Beschädigungen händisch zu markieren und zu vermessen. Anschließend wird dann basierend auf der Befundaufnahme eine Entscheidung über den Austausch der betreffenden Bauteile getroffen. Ferner erfolgt eine Protokollierung und gegebenenfalls Übertragung der Befundaufnahme in eine Datenbank.

[0003] Um ein Betreten der Ringbrennkammer durch einen Befundaufnehmer zu ermöglichen, ist es allerdings erforderlich, die Temperatur im Innern der Ringbrennkammer auf mindestens 40°C zu reduzieren und den Drehbetrieb des Läufers einzustellen. Dies führt zu erheblichen Stillstandzeiten und hohen Kosten. Ein weiterer Nachteil der zuvor beschriebenen Inspektion besteht darin, dass die Befundaufnahme sehr individuell von dem jeweiligen Befundaufnehmer abhängt. Trotz entsprechender Qualifizierung wird diese stets subjektiven Charakter haben.

[0004] Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren der eingangs genannten Art zu schaffen, das die zuvor beschriebenen Nachteile zumindest teilweise behebt.

[0005] Zur Lösung dieser Aufgabe schafft die vorliegende Erfindung ein Verfahren der eingangs genannten Art, das dadurch gekennzeichnet ist, dass dieses unter Verwendung eines Inspektionsfahrzeugs durchgeführt wird. Der Einsatz eines solchen Inspektionsfahrzeugs ist dahingehend von Vorteil, dass kein Mensch die Ringbrennkammer betreten muss. Vor diesem Hintergrund ist es auch nicht erforderlich, die Temperatur innerhalb der Ringbrennkammer zur Durchführung des Verfahrens auf 40°C abzusenken, was viel Zeit in Anspruch nimmt. Vielmehr kann mit der Inspektion bereits bei höheren Temperaturen begonnen werden, was mit geringen Stillstandzeiten einhergeht. Aufgrund der Tatsache, dass das Inspektionsfahrzeug die Brennkammer autonom durchfährt und dabei die Inspektionen durchführt, erfolgt eine sehr objektive Befundung bei gleichbleibendem Qualitätsstandard. Ferner entfallen ein händisches Pro-

tokollieren der Inspektionsergebnisse sowie Fehler beim Übertragen von händischen Protokollnotizen in eine Datenbank.

[0006] Zudem schafft die vorliegende Erfindung zur Lösung der eingangs genannten Aufgabe ein Inspektionsfahrzeug, das zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ausgelegt ist. Das Inspektionsfahrzeug umfasst ein Chassis, zwei an dem Chassis gehaltene Radgruppen, die dazu ausgelegt sind, das Inspektionsfahrzeug in einer Umfangsrichtung durch den Hohlraum zu bewegen und jeweils zumindest vier Räder aufweisen, wobei die Räder der ersten Radgruppe dazu ausgelegt sind, sich an einer radial außen angeordneten Hohlraumwandung abzustützen, und wobei die Räder der zweiten Radgruppe dazu ausgelegt sind, sich an einer radial innen angeordneten Hohlraumwandung abzustützen, mehrere Motoren, die unterschiedlichen Rädern zugeordnet sind und diese motorisch drehend um ihre jeweilige Radachse antreiben, eine die Motoren steuernde Steuereinrichtung und eine an dem Chassis gehaltene Inspektionseinrichtung. Dank der beiden Radgruppen, deren Räder einerseits nach unten und andererseits nach oben von dem Chassis vorsehen, stützt sich das erfindungsgemäße Inspektionsfahrzeug sicher an der radial innen angeordneten Hohlraumwandung und an der radial außen angeordneten Hohlraumwandung ab, wodurch das Inspektionsfahrzeug die Ringbrennkammer problemlos entlang ihrer 360°-Erstreckung autonom unter Einsatz des motorischen Antriebs abfahren kann. Die Motoren sind bevorzugt zumindest zwei bezogen auf das Chassis einander gegenüber liegenden Rädern der ersten Radgruppe und zwei einander gegenüber liegenden Rädern der zweiten Radgruppe zugeordnet, um an sämtlichen Positionen des ringförmigen Hohlraums einen ordnungsgemäßen Vortrieb des Inspektionsfahrzeugs zu gewährleisten. Natürlich können auch sämtliche Räder des Inspektionsfahrzeugs jeweils durch einen Motor angetrieben werden. Während des Durchfahrens des ringförmigen Hohlraums erfolgt die Inspektion unter Einsatz der Inspektionseinrichtung, beispielsweise durch Erfassen entsprechender Bilddaten. Die Hohlraumpositionen, an denen die Bilddaten von der Inspektionseinrichtung erfasst werden, können beispielsweise errechnet werden, indem die von dem Inspektionsfahrzeug zurückgelegte Wegstrecke ausgehend vom Ausgangspunkt der Inspektion erfasst wird. Zur Ermittlung der Wegstrecke kann die Anzahl der Umdrehungen der einzelnen Motoren verwendet werden. Alternativ oder zusätzlich kann am Chassis aber auch ein separater Wegaufnehmer vorgesehen sein, der die zurückgelegte Wegstrecke erfasst.

[0007] Gemäß einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung sind jeweils zwei Räder einer Radgruppe bezogen auf das Chassis paarweise einander gegenüber liegend angeordnet, wie es bei herkömmli-

chen Fahrzeugen üblich ist. Dies führt zu einem einfachen Aufbau des erfindungsgemäßen Inspektionsfahrzeugs.

[0008] Bevorzugt erstreckt sich keine der Radachsen parallel zu einer anderen Radachse. Mit anderen Worten ist die Ausrichtung jedes einzelnen Rads an den unsymmetrischen Querschnitt des ringförmigen Hohlraums angepasst, wodurch ein besonders sicherer Halt des Inspektionsfahrzeugs während des Durchfahrens des Hohlraums erzielt wird.

[0009] Bevorzugt sind die jeweiligen Abstände zwischen den Radachsen der Räder zumindest einer der Radgruppen und dem Chassis individuell veränderbar, insbesondere über pneumatisch oder elektrisch betriebene, linear ein- und ausfahrbare Teleskopeinrichtungen einstellbar. Im eingezogenen Zustand der Teleskopeinrichtungen kann das Inspektionsfahrzeug somit problemlos in dem zu inspizierenden Hohlraum positioniert werden. Daraufhin können die Abstände insbesondere durch Ausfahren der Teleskopeinrichtungen derart vergrößert werden, dass sich sämtliche Räder unter einem entsprechenden Anpressdruck an die ihnen zugeordnete Hohlraumwandung anlegen.

[0010] Gemäß einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist jeder Motor über zumindest ein Getriebe mit einem Rad verbunden, das zu einer Anpassung der Drehzahl dient. Zusätzlich ist vorteilhaft ein Schneckengetriebe mit dem Antriebsrad verbunden. Das Schneckengetriebe ermöglicht aufgrund der Selbsthemmung ein Blockieren der Räder auch bei einem Wegfall der Stromversorgung, so dass beim Wegfall der Stromversorgung das Inspektionsfahrzeug sicher in seiner Position innerhalb des Hohlraums verharrt.

[0011] Das Inspektionsfahrzeug wird vorteilhaft über zumindest eine Versorgungsleitung mit Spannung und/oder mit Daten und/oder mit Druckluft versorgt. In diesem Fall ist zum automatischen Aus- und Aufwickeln der zumindest einen Versorgungsleitung vorteilhaft eine Wickeleinrichtung vorgesehen, um ein Überfahren der zumindest einen Versorgungsleitung sowie ungewollte Zugkräfte aufgrund eines Hinterherschleifens der zumindest einen Versorgungsleitung zu vermeiden.

[0012] Gemäß einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung sind an dem Chassis Abstandssensoren angeordnet, die derart ausgelegt und angeordnet sind, dass sie aktuelle Abstände zu einer Seitenwandung des ringförmigen Hohlraums erfassen, wobei die Steuereinrichtung derart ausgelegt ist, dass sie die aktuellen Abstände mit aus CAD-Daten des Hohlraums gewonnenen Soll-Abständen vergleicht und die Motoren auf Basis des Vergleichsergebnisses ansteuert. Die im Wesentlichen in Axial-

richtung des ringförmigen Hohlraums ausgerichteten Abstandssensoren können beispielsweise über die Länge des Inspektionsfahrzeugs verteilt angeordnet sein, um die genaue Ausrichtung des Inspektionsfahrzeugs innerhalb des Hohlraums über einen entsprechenden Vergleich der erfassten Abstandsdaten zu ermitteln. Entspricht die Ist-Ausrichtung nicht der Soll-Ausrichtung, so können einzelne Motoren über die Steuereinrichtung entsprechend angesteuert werden, um die Ausrichtung zu korrigieren.

[0013] Bevorzugt ist an dem Chassis zumindest eine mit der Steuereinrichtung verbundene Kameraeinrichtung gehalten, die im Wesentlichen in axialer Richtung des ringförmigen Hohlraums ausgerichtet ist. Im Falle einer Ringbrennkammer einer Gasturbine sind vorteilhaft zwei Kameraeinrichtungen vorgesehen, von denen eine in Richtung der Brenner der Gasturbine und eine in Richtung der Turbine ausgerichtet ist, so dass die Brenner sowie die ersten Leitschaufeln ebenfalls beim Durchfahren der Ringbrennkammer inspiziert werden können.

[0014] Die Inspektionseinrichtung selbst kann mit unterschiedlichsten Sensoren ausgestattet sein oder werden. Zur Inspektion einer Ringbrennkammer weist sie bevorzugt zumindest eine Kameraeinrichtung auf, die vorteilhaft derart eingerichtet ist, dass sie jeweils eine Hitzeschildplatte vollständig erfassen kann.

[0015] Die Inspektionseinrichtung ist vorteilhaft relativ zum Chassis motorisch bewegbar an dem Chassis gehalten, so dass sie innerhalb des ringförmigen Hohlraums möglichst frei bewegbar ist und sämtliche zu inspizierende Bereiche erreichen kann. Bevorzugt ist die Inspektionseinrichtung linear entlang einer sich im Wesentlichen in Axialrichtung des ringförmigen Hohlraums erstreckenden Linearachse, schwenkend um eine sich im Wesentlichen in Umfangsrichtung der Ringbrennkammer erstreckende erste Schwenkachse, schwenkend um eine sich parallel zur ersten Schwenkachse erstreckende zweite Schwenkachse und schwenkend um eine sich senkrecht zur zweiten Schwenkachse erstreckende dritte Schwenkachse bewegbar. Damit wird eine sehr gute Bewegungsfreiheit der Inspektionseinrichtung bei einfachem Aufbau erzielt.

[0016] Weitere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden anhand der nachfolgenden Beschreibung eines Inspektionsfahrzeugs gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung deutlich. Darin ist

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht eines Inspektionsfahrzeugs gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 eine weitere perspektivische Ansicht des in **Fig. 1** gezeigten Inspektionsfahrzeugs, wobei eine Wickeleinrichtung zu Darstellungszwecken weggelassen ist;

Fig. 3 eine perspektivische Ansicht des in **Fig. 2** dargestellten Inspektionsfahrzeugs beim Durchfahren eines ringförmigen Hohlraums und

Fig. 4 eine Draufsicht des in **Fig. 2** dargestellten Inspektionsfahrzeugs beim Durchfahren des ringförmigen Hohlraums.

[0017] Das in den **Fig. 1** bis **Fig. 4** dargestellte Inspektionsfahrzeug **1** dient zur Inspektion des Inneren eines ringförmigen Hohlraums **2**, vorliegend einer unsymmetrischen Querschnitt aufweisenden Ringbrennkammer einer nicht näher dargestellten Gasturbine eines Kraftwerks. Das Inspektionsfahrzeug **1** umfasst ein Chassis **3**, das bei der dargestellten Ausführungsform einen rahmenartigen Aufbau aufweist. An dem Chassis **3** gehalten sind zwei Radgruppen, die dazu ausgelegt sind, das Inspektionsfahrzeug **1** in einer Umfangsrichtung **U** durch den Hohlraum **2** zu bewegen. Die in **Fig. 1** dargestellte untere erste Radgruppe weist vier Räder **4a** auf, die dazu ausgelegt sind, sich an einer radial außen angeordneten Hohlraumwandung **5** abzustützen. Die in **Fig. 1** oben angeordnete zweite Radgruppe weist ebenfalls vier Räder **4b** auf, die dazu ausgelegt sind, sich in einer radial innen angeordneten Hohlraumwandung **6** abzustützen. Dabei sind jeweils zwei Räder einer Radgruppe bezogen auf das Chassis **3** paarweise einander gegenüberliegend angeordnet. Jedem Rad **4a, 4b** ist bei der vorliegenden Ausführungsform ein elektrischer Motor **7** zugeordnet, der über ein erstes Getriebe **8** sowie ein zweites Getriebe **9**, bei dem es sich um ein Schneckengetriebe handelt, mit dem zugeordneten Rad **4a, 4b** verbunden ist. Den Rädern **4b** der oberen zweiten Radgruppe sind zudem linear ein- und ausfahrbare Teleskopeinrichtungen **10** zugeordnet, so dass sich die jeweiligen Abstände zwischen den Radachsen der Räder **4a, 4b** und dem Chassis **3** jeweils individuell einstellen bzw. verändern lassen. Die Teleskopeinrichtungen **10** werden vorliegend pneumatisch betrieben. Grundsätzlich ist es aber auch möglich, diese mit elektrischen Motoren zu versehen. Die Radachsen, um die sich die Räder **4a, 4b** drehen, sind jeweils unterschiedlich ausgerichtet, so dass sich keine der Radachsen parallel zu einer der anderen Radachsen erstreckt. Die Motoren **7** werden über eine Steuereinrichtung **11** angesteuert, die ebenfalls am Chassis **3** gehalten ist. Ferner sind Abstandssensoren **12** vorgesehen, die derart ausgelegt und angeordnet sind, dass sie aktuelle Abstände des Chassis **3** zu einer Seitenwandung **13** des ringförmigen Hohlraums **2** erfassen, wie es durch die Linien **14** angedeutet ist, wo-

bei die Steuereinrichtung **11** derart ausgelegt ist, dass sie die aktuellen Abstände mit aus CAD-Daten des Hohlraums **2** gewonnenen Soll-Abständen vergleicht und die Motoren **7** auf Basis des Vergleichsergebnisses ansteuert. Vorliegend sind drei Abstandssensoren **12** vorgesehen, die in Bewegungsrichtung des Inspektionsfahrzeugs **1** in gleichmäßigen Abständen am Chassis **3** gehalten und im Wesentlichen in einer Axialrichtung **A** des ringförmigen Hohlraums **2** ausgerichtet sind. Des Weiteren sind an dem Chassis **3** vorliegend zwei mit der Steuereinrichtung **11** verbundene Kameraeinrichtungen **15** gehalten, die ebenfalls derart in im Wesentlichen axialer Richtung **A** des Hohlraums **2** ausgerichtet sind, dass eine der Kameraeinrichtungen **15** die Brenner und die andere Kameraeinrichtung **15** die ersten Leitschaufeln der Turbine erfasst, wie es in den Figuren durch die Linien **16** angedeutet ist. Eine Inspektionseinrichtung **17** ist vorliegend im vorderen Bereich des Inspektionsfahrzeugs **1** derart angeordnet, dass sie motorisch relativ zum Chassis **3** bewegbar ist, und zwar linear entlang einer sich im Wesentlichen in Axialrichtung der Ringbrennkammer **2** erstreckenden Linearachse **18**, schwenkend um eine sich im Wesentlichen in Umfangsrichtung der Ringbrennkammer **2** erstreckende erste Schwenkachse **19**, schwenkend um eine sich parallel zur ersten Schwenkachse **19** erstreckende zweite Schwenkachse **20** und schwenkend um eine sich senkrecht zur zweiten Schwenkachse **20** erstreckende dritte Schwenkachse **21**. Die Linearbewegung entlang der Linearachse **18** wird vorliegend über einen Motor und einen Riementrieb realisiert. Die Schwenkbewegungen werden jeweils über einen Motor und ein zugeordnetes Getriebe realisiert. Die Inspektionseinrichtung **17** selbst umfasst eine Kameraeinrichtung **22** und ein diese umgebendes und schützendes Kameragehäuse **23**. Die Kameraeinrichtung **22** ist derart eingerichtet, dass sie jeweils eines der Hitzeschildelemente, mit denen der Hohlraum **2** ausgekleidet ist, vollständig erfassen kann. Die Versorgung des Inspektionsfahrzeugs **1** mit Spannung, Daten und Druckluft erfolgt über zumindest eine Versorgungsleitung **24**, die auf einer Wickeleinrichtung **25** angeordnet ist, welche die zumindest eine Versorgungsleitung **24** automatisch aus- und aufwickelt.

[0018] Zur Durchführung einer Inspektion des ringförmigen Hohlraums **2** bzw. der Ringbrennkammer wird das Inspektionsfahrzeug **1** in einem ersten Schritt durch ein Mannloch in den Hohlraum **2** eingesetzt, wobei sich sämtliche der Teleskopeinrichtungen **10** im eingefahrenen Zustand befinden. Anschließend werden die Teleskopeinrichtungen **10** ausgefahren, bis sämtliche Räder **4a, 4b** mit einem Anpressdruck an den radial außen und innen angeordneten Hohlraumwandungen **5** und **6** anliegen. Die Ausrichtung der Radachsen ist dabei derart gewählt, dass die Ausrichtung der jeweiligen Räder **4a, 4b** optimal an den unsymmetrischen Querschnitt des Hohl-

raums **2** angepasst ist. Die Ausrichtung der einzelnen Radachsen kann fest voreingestellt sein. Sie kann auch in gewissen Grenzen variierbar sein, um das Inspektionsfahrzeug **1** an unterschiedliche Querschnittsgeometrien von Hohlräumen **2** anpassen zu können. Das Inspektionsfahrzeug **1** kann, um das Einsetzen in den ringförmigen Hohlraum **2** zu erleichtern, auch modular aufgebaut sein. Entsprechend können die Module nacheinander in den Hohlraum **2** eingesetzt und erst dann miteinander verbunden werden. So ist es beispielsweise denkbar, das Chassis **3** mit der Steuereinrichtung **11**, die an dem Chassis **3** angeordneten Räder **4a**, **4b** mit den zugehörigen Motoren **7**, Getrieben **8**, **9** und Teleskopeinrichtungen **10** sowie die Inspektionseinrichtung **17** mit der Linearachse und den drei Schwenkachsen **19**, **20**, **21** jeweils als Einzelmodule bereitzustellen. Die modulare Aufgliederung des Inspektionsfahrzeugs **1** ist dabei grundsätzlich frei wählbar. Die Ausrichtung der Linearachse **18** der Inspektionseinrichtung **17** sollte derart gewählt sein, dass sich die Inspektionseinrichtung **17** in axialer Richtung **A** des ringförmigen Hohlräume **2** möglichst flexibel bewegen lässt. Auch hier kann die Ausgestaltung der Linearachse **18** bzw. deren Befestigung am Chassis **3** derart ausgeführt sein, dass sich die Erstreckung der Linearachse in gewissen Bereichen einstellen lässt.

[0019] Zu Beginn der Inspektion wird ein vorbestimmter Startpunkt innerhalb des Hohlräume **2** gewählt. Die Ist-Position des Inspektionsfahrzeugs **1** wird in der Steuereinrichtung **11** hinterlegt und mit CAD-Daten des Hohlräume **2** abgeglichen. Nunmehr wird das Inspektionsfahrzeug **1** derart in Umfangsrichtung **U** durch den Hohlraum **2** bewegt, dass die Inspektionseinrichtung **17** jedes der den Hohlraum **2** auskleidenden Hitzeschildelemente erfassen kann. Über die Abstandssensoren **12** kann dabei festgestellt werden, wann das Inspektionsfahrzeug **1** den Übergang zwischen zwei benachbarten Hitzeschildelementen passiert. Die Position kann dann jeweils mit den CAD-Daten des Hohlräume **2** abgeglichen werden, um die aktuelle Position des Inspektionsfahrzeugs **1** innerhalb des Hohlräume **2** zu verifizieren, die beispielsweise basierend auf der Anzahl der Umdrehungen der einzelnen Motoren **7** berechnet wurde. Somit wird sichergestellt, dass die von der Inspektionseinrichtung **17** erfassten Daten der jeweils richtigen Umfangsposition des Hohlräume **2** zugeordnet werden.

[0020] Die Abstandssensoren **12** erfassen die aktuellen Abstände des Chassis **3** zur Seitenwandung **13** des Hohlräume **2**, und zwar im vorderen, mittleren und hinteren Bereich des Chassis **3**. Durch einen Abgleich der von den drei Abstandssensoren **12** erfassten Daten mit aus CAD-Daten des Hohlräume **2** gewonnenen Soll-Abständen kann festgestellt werden, ob das Chassis **3** ordnungsgemäß zur Seitenwandung **13** des Hohlräume **2** ausgerichtet ist. Ist dies

nicht der Fall, so steuert die Steuereinrichtung **11** einen oder mehrere der die Räder **4a**, **4b** antreibenden Motoren **7** an, um die Ausrichtung des Chassis **3** zur Seitenwandung **13** zu korrigieren. Auf diese Weise kann verhindert werden, dass sich das Inspektionsfahrzeug **1** innerhalb des Hohlräume **2** festfährt.

[0021] Während der Bewegung des Inspektionsfahrzeugs **1** durch den Hohlraum **2** rollt die Wickeleinrichtung **25** die Versorgungsleitung **24** bedarfsgerecht ab. Auf diese Weise können ein Überfahren der Versorgungsleitung **24** sowie ungewollte Zugkräfte aufgrund eines Hinterherschleifens der Versorgungsleitung **24** vermieden werden.

[0022] Im Falle eines Stromausfalls sorgen die als Schneckengetriebe ausgeführten zweiten Getriebe **9** aufgrund ihrer Selbsthemmung für ein Blockieren der Räder **4a**, **4b**, so dass das Inspektionsfahrzeug **1** sicher in seiner Position innerhalb des Hohlräume **2** verharrt.

[0023] Die Durchführung einer Ringbrennkammerinspektion unter Einsatz des erfindungsgemäßen Inspektionsfahrzeugs **1** ist dahingehend von Vorteil, dass kein Mensch den ringförmigen Hohlraum **2** betreten muss. Entsprechend sind die Anforderungen, die zur Durchführung einer Inspektion an die Temperatur der Ringbrennkammer und an den Betrieb der Turbine gestellt werden, vergleichsweise gering. Aufgrund der Tatsache, dass das Inspektionsfahrzeug **1** den Hohlraum **2** autonom durchfährt und dabei die Inspektion durchführt, erfolgt eine sehr objektive Befundung bei gleichbleibendem Qualitätsstandard. Ferner entfallen ein händisches Protokollieren der Inspektionsergebnisse sowie Fehler beim Übertragen von händischen Protokollnotizen in eine Datenbank.

[0024] Obwohl die Erfindung im Detail durch das bevorzugte Ausführungsbeispiel näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Inspektion des Innern eines ringförmigen Hohlräume, insbesondere in Form einer einen unsymmetrischen Querschnitt aufweisenden Ringbrennkammer (2) einer Gasturbine eines Kraftwerks, **dadurch gekennzeichnet**, dass dieses unter Verwendung eines Inspektionsfahrzeugs (1) durchgeführt wird.

2. Inspektionsfahrzeug (1), das zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 ausgelegt ist,

umfassend ein Chassis (3), zwei an dem Chassis (3) gehaltene Radgruppen, die dazu ausgelegt sind, das Inspektionsfahrzeug (1) in einer Umfangsrichtung (U) durch den Hohlraum (2) zu bewegen und jeweils zumindest vier Räder (4a, 4b) aufweisen, wobei die Räder (4a) der ersten Radgruppe dazu ausgelegt sind, sich an einer radial außen angeordneten Hohlraumwandung (5) abzustützen, und wobei die Räder (4b) der zweiten Radgruppe dazu ausgelegt sind, sich an einer radial innen angeordneten Hohlraumwandung (6) abzustützen, mehrere Motoren (7), die unterschiedlichen Rädern (4a, 4b) zugeordnet sind und diese motorisch drehend um ihre jeweilige Radachse antreiben, eine die Motoren (7) ansteuernde Steuereinrichtung (11) und eine an dem Chassis (3) gehaltene Inspektionseinrichtung (17) .

3. Inspektionsfahrzeug (1) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass jeweils zwei Räder (4a; 4b) einer Radgruppe bezogen auf das Chassis 3 paarweise einander gegenüberliegend angeordnet sind.

4. Inspektionsfahrzeug (1) nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich keine der Radachsen parallel zu einer anderen Radachse erstreckt.

5. Inspektionsfahrzeug (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die jeweiligen Abstände zwischen den Radachsen der Räder (4a, 4b) zumindest einer der Radgruppen und dem Chassis (3) individuell veränderbar, insbesondere über pneumatisch oder elektrisch betriebene, linear ein- und ausfahrbare Teleskopeinrichtungen (10) einstellbar sind.

6. Inspektionsfahrzeug (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass jeder Motor (7) über zumindest ein Getriebe (8) mit einem Rad verbunden ist, insbesondere über zwei Getriebe (8, 9), von denen eines ein Schneckengetriebe ist.

7. Inspektionsfahrzeug (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass dieses über zumindest eine Versorgungsleitung (24) mit Spannung und/oder mit Daten und/oder mit Druckluft versorgt wird.

8. Inspektionsfahrzeug (1) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Wickeleinrichtung (25) zum automatischen Aus- und Aufwickeln der zumindest einen Versorgungsleitung (24) vorgesehen ist.

9. Inspektionsfahrzeug (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass an dem Chassis (3) Abstandssensoren (12) angeordnet sind, die derart ausgelegt und angeordnet sind, dass sie aktuelle Abstände zu einer Seitenwandung (13) des ringförmigen Hohlraums erfassen, und dass die Steuereinrichtung (11) derart ausgelegt ist, dass sie die aktuellen Abstände mit aus CAD-Daten des Hohlraums gewonnenen Soll-Abständen vergleicht und die Motoren (7) auf Basis des Vergleichsergebnisses ansteuert.

10. Inspektionsfahrzeug (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass an dem Chassis (3) zumindest eine mit der Steuereinrichtung (11) verbundene Kameraeinrichtung (15) gehalten ist, die im Wesentlichen in axialer Richtung des ringförmigen Hohlraums ausgerichtet ist.

11. Inspektionsfahrzeug (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Inspektionseinrichtung (17) eine Kameraeinrichtung (22) aufweist.

12. Inspektionsfahrzeug (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Inspektionseinrichtung (17) motorisch relativ zum Chassis (3) bewegbar an dem Chassis (3) gehalten ist, insbesondere linear entlang einer sich im Wesentlichen in Axialrichtung (A) der Ringbrennkammer (2) erstreckenden Linearachse (18), schwenkend um eine sich im Wesentlichen in Umfangsrichtung (U) der Ringbrennkammer (2) erstreckende erste Schwenkachse (19) , schwenkend um eine sich parallel zur ersten Schwenkachse (19) erstreckende zweite Schwenkachse (20) und schwenkend um eine sich senkrecht zur zweiten Schwenkachse (20) erstreckende dritte Schwenkachse (21).

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

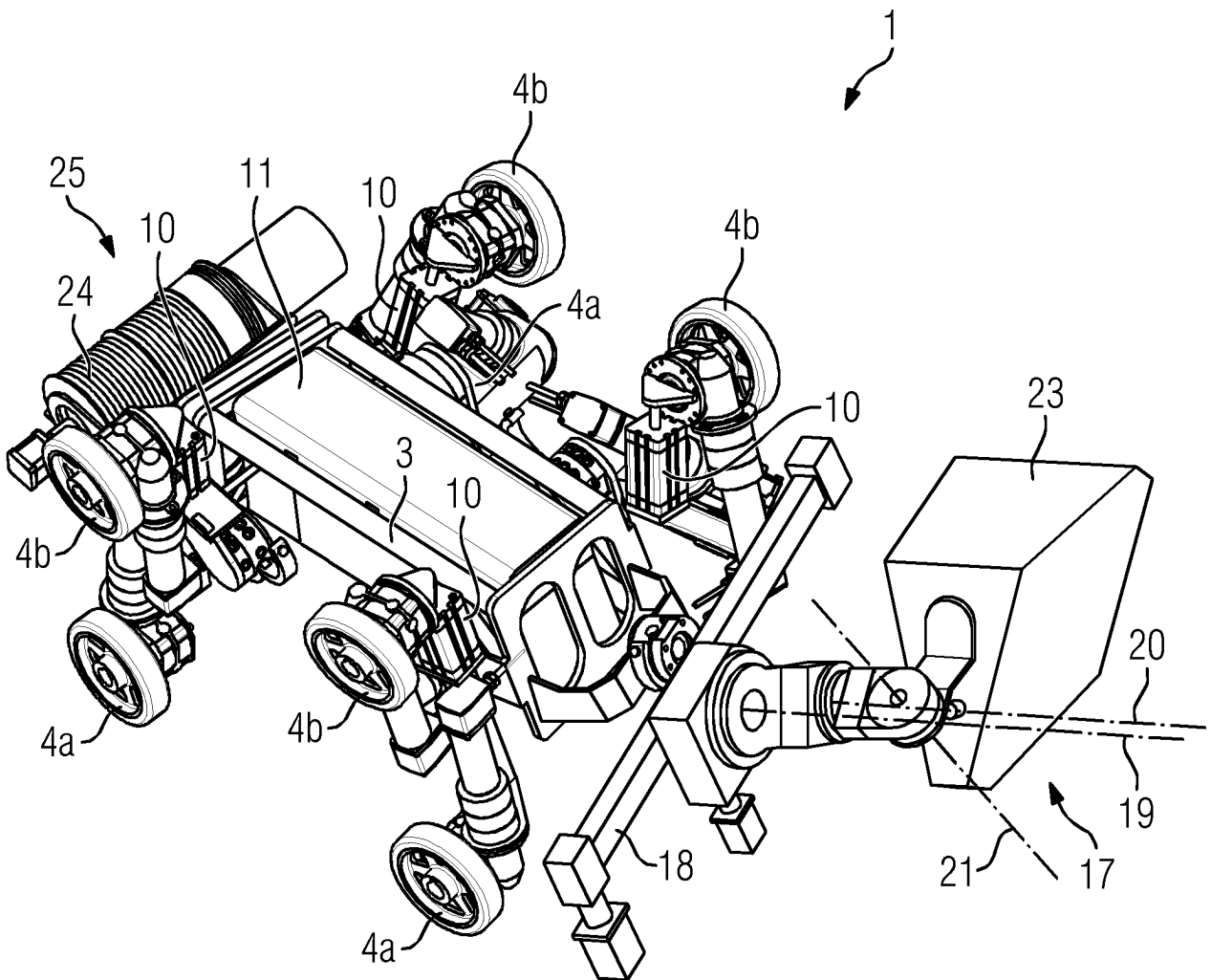


FIG 2

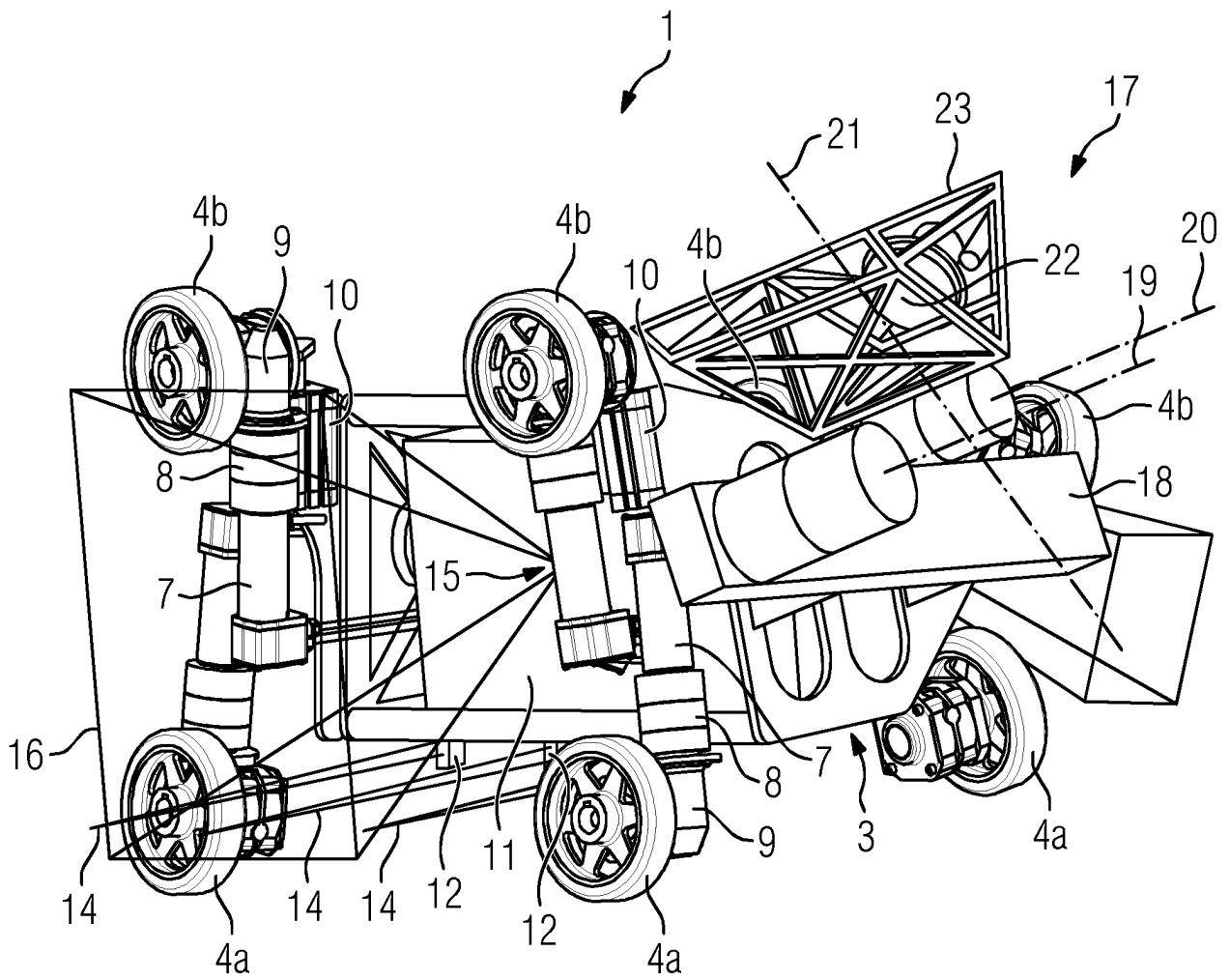


FIG 3

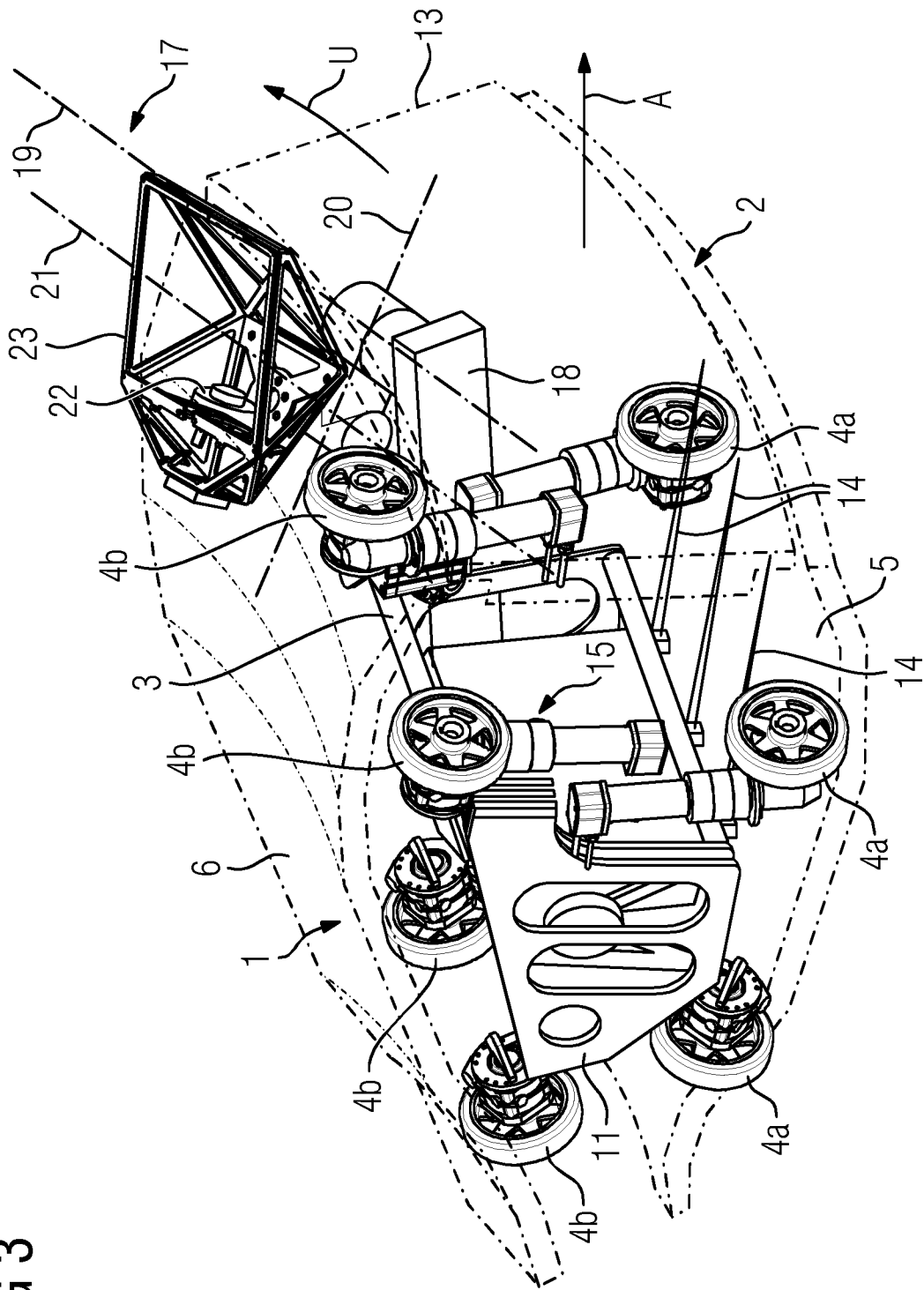


FIG 4

