



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) **CH 707 534 A2**

(51) Int. Cl.: **G01N 25/72** (2006.01)  
**F02C 7/00** (2006.01)  
**G01J 5/48** (2006.01)

**Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein**

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer: 00070/14

(22) Anmeldedatum: 20.01.2014

(43) Anmeldung veröffentlicht: 31.07.2014

(30) Priorität: 28.01.2013 US 13/751,346

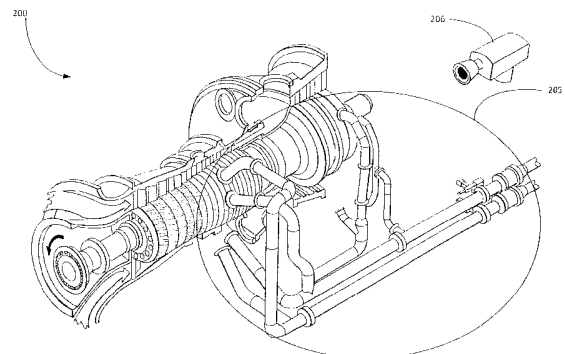
(71) Anmelder:  
General Electric Company, 1 River Road  
Schenectady, New York 12345 (US)

(72) Erfinder:  
Douglas Corbin Warwick, Atlanta, GA 30075 (US)  
Alston Ilford Scipio, Atlanta, GA 30339-8402 (US)  
Peter Matthijs Jolles, Atlanta, GA 30339-8402 (US)  
Sanji Ekanayake, Atlanta, GA 30339-8402 (US)  
Eduardo Mendoza, Atlanta, GA 30339-8402 (US)

(74) Vertreter:  
R.A. Egli & Co, Patentanwälte, Baarerstrasse 14  
6300 Zug (CH)

(54) **System, Vorrichtung und Verfahren zur Gasturbinen-Leckerfassung.**

(57) Die Erfindung betrifft die Überwachung von Fluidkanälen einer Gasturbine. Ein Wärmebild einer Region (205), die einen Fluidkanal aufweist, wird von einer Kamera (206) aufgenommen. Anschliessend kann bestimmt werden, ob das Wärmebild ein Bildmuster aufweist, das für einen verschlechterten Abschnitt des Fluidkanals kennzeichnend ist. Falls dies zutrifft, wird eine Alarmmeldung erzeugt.



## **Beschreibung**

### **Technisches Gebiet der Erfindung**

[0001] Das technische Gebiet betrifft allgemein Energieerzeugungssysteme und betrifft insbesondere die Überwachung von Fluidkanälen.

### **Hintergrund der Erfindung**

[0002] Gasturbinen werden weltweit für Energieerzeugungs- und Prozessanwendungen verwendet. Diese Gasturbinen bewegen in erster Linie grosse Mengen an Hochdruckluft durch die gesamte Gasturbine hindurch und nach draussen durch Auslassrohrleitungen in die Abgasplenumkammer hinein zur Entnahme für den Start sowie in den Heissgaspfad hinein zur Luftkühlung. Es sind zahlreiche Ventile erforderlich, um den Durchfluss durch diese Rohrleitungen abzusperren und zu steuern. Die Ventile und Rohrleitungen lassen gewöhnlich Luft nach draussen entweichen, die Leistungsineffizienzen, wie beispielsweise einen höheren Brennstoffverbrauch, hervorruft. Fahnen auf einem Stock oder Heissluftpistolen werden derzeit verwendet, um Luftleckagen zu erfassen.

[0003] Verfahren, wie sie vorstehend beschrieben sind, sind im Allgemeinen nicht in der Lage, signifikante Turbinenluftleckagen und eine nachfolgende Beschädigung vorherzusagen und zu verhindern. Ausserdem hat der Einsatz derzeitiger Verfahren aufgrund der inhärenten Zeitverzögerung, die mit einer Analyse von Fehlern, einer Bestimmung von Fehlerursachen und einer Identifikation von Korrekturmassnahmen verbunden sind, häufig unerwünschte Reparaturdauern für kritische Turbinenkomponenten zur Folge.

### **Kurze Beschreibung der Erfindung**

[0004] Es sind hierin Verfahren, Vorrichtungen und Systeme zur Überwachung von Fluidkanälen offenbart. In einer Ausführungsform kann ein System eine Wärmebildkamera, eine Steuereinrichtung, die einen Prozessor und einen Speicher enthält, aufweisen. Die Wärmebildkamera kann in Richtung auf eine Region gerichtet sein, die wenigstens einen Fluidkanal enthält, wobei die Wärmebildkamera eingerichtet ist, um ein Signal auszugeben, das ein Wärmebild der Region kennzeichnet. Die Steuereinrichtung kann mit der Wärmebildkamera kommunikationsmässig verbunden sein. Der Speicher der Steuereinrichtung kann mit dem Prozessor kommunikationsmässig verbunden sein, wobei der Speicher auf ihm gespeicherte ausführbare Instruktionen aufweisen kann, die, wenn sie durch den Prozessor ausgeführt werden, den Prozessor veranlassen, Operationen zu bewirken, die aufweisen: Analyse des Wärmebildes und Bestimmung, dass wenigstens ein Abschnitt des Wärmebildes einen verschlechterten Abschnitt eines Fluidkanals kennzeichnet.

[0005] Der Speicher des Systems kann ausführbare Instruktionen aufweisen, die, wenn sie durch den Prozessor ausgeführt werden, den Prozessor veranlassen, Operationen zu bewirken, die ferner aufweisen: als Antwort auf die Bestimmung, dass wenigstens ein Abschnitt eines Wärmebildes einen verschlechterten Abschnitt des Fluidkanals kennzeichnet, Erzeugen einer Alarmmeldung, die Instruktionen enthält, um einen Fluidfluss durch den Fluidkanal zu verändern.

[0006] Die Bestimmung, dass wenigstens ein Abschnitt des Wärmebildes einen verschlechterten Abschnitt des Fluidkanals kennzeichnet, kann auf der Basis einer Bildmustererkennung vorgenommen werden.

[0007] Der verschlechterte Abschnitt des Fluidkanals eines beliebigen vorstehend erwähnten Systems kann wenigstens entweder einen Lecklageabschnitt des Fluidkanals und/oder einen rissigen Abschnitt des Fluidkanals aufweisen.

[0008] Der Speicher eines beliebigen vorstehend erwähnten Systems kann ausführbare Instruktionen aufweisen, die, wenn sie durch den Prozessor ausgeführt werden, den Prozessor veranlassen, Operationen zu bewirken, die ferner aufweisen: als Antwort auf die Bestimmung, dass wenigstens ein Abschnitt eines Wärmebildes einen verschlechterten Abschnitt des Fluidkanals kennzeichnet, Erzeugen einer Alarmmeldung, die ein Bild einer üblichen Kamera von einer Stelle des verschlechterten Abschnitts des Fluidkanals aufweist.

[0009] In jedem beliebigen vorstehend erwähnten System kann die Bestimmung, dass wenigstens ein Abschnitt des Wärmebildes einen verschlechterten Abschnitt des Fluidkanals kennzeichnet, basierend darauf vorgenommen werden: ob eine Temperatur eines ersten Bereiches des Wärmebildes einen ersten Schwellenwert überschreitet; oder ob eine Temperatur des ersten Bereiches des Wärmebildes unter einen zweiten Schwellenwert fällt.

[0010] In jedem beliebigen vorstehend erwähnten System kann die Bestimmung, dass wenigstens ein Abschnitt des Wärmebildes einen verschlechterten Abschnitt des Fluidkanals kennzeichnet, basierend darauf vorgenommen werden, ob eine Änderungsrate der Temperatur eines ersten Bereiches des Wärmebildes einen Schwellenwert überschreitet.

[0011] Die Region eines beliebigen vorstehend erwähnten Systems kann ein Energieerzeugungssystem, das den Fluidkanal enthält, aufweisen.

[0012] In einer Ausführungsform kann eine Vorrichtung einen Prozessor und einen Speicher aufweisen. Der Speicher der Vorrichtung kann mit dem Prozessor kommunikationsmässig verbunden sein, wobei der Speicher auf ihm abgespeicherte ausführbare Instruktionen aufweisen kann, die, wenn sie durch den Prozessor ausgeführt werden, den Prozessor veranlassen, Operationen zu bewirken, zu denen ein Empfangen eines Wärmebildes einer Region, die einen Fluidkanal

aufweist, und Bestimmen, dass das Wärmebild ein Bildmuster aufweist, das einen verschlechterten Abschnitt des Fluidkanals kennzeichnet, gehören.

**[0013]** Der Speicher der Vorrichtung kann ausführbare Instruktionen aufweisen, die, wenn sie durch den Prozessor ausgeführt werden, den Prozessor veranlassen, Operationen zu bewirken, die ferner aufweisen: als Antwort auf die Bestimmung, dass das Wärmebild ein Bildmuster aufweist, das einen verschlechterten Abschnitt des Fluidkanals kennzeichnet, Erzeugen einer Alarmmeldung.

**[0014]** Der Speicher einer beliebigen vorstehend erwähnten Vorrichtung kann ausführbare Instruktionen aufweisen, die, wenn sie durch den Prozessor ausgeführt werden, den Prozessor veranlassen, Operationen zu bewirken, die ferner aufweisen: als Antwort auf die Bestimmung, dass das Wärmebild ein Bildmuster aufweist, das einen verschlechterten Abschnitt des Fluidkanals kennzeichnet, Erzeugen einer Alarmmeldung, die Informationen in Bezug auf einen voraussichtlichen Zeitrahmen aufweist, bevor der verschlechterte Abschnitt des Fluidkanals undicht wird.

**[0015]** Der verschlechterte Abschnitt des Fluidkanals einer beliebigen vorstehend erwähnten Vorrichtung kann wenigstens entweder einen undichten und/oder einen rissigen Fluidkanal aufweisen.

**[0016]** Die Bestimmung, dass das Wärmebild einen verschlechterten Abschnitt des Fluidkanals kennzeichnet, einer beliebigen vorstehend erwähnten Vorrichtung kann basierend darauf vorgenommen werden: ob eine Temperatur eines ersten Bereiches des Wärmebildes einen ersten Schwellenwert überschreitet; oder ob eine Temperatur eines ersten Bereiches des Wärmebildes unter einen zweiten Schwellenwert fällt.

**[0017]** Die Bestimmung, dass das Wärmebild einen verschlechterten Abschnitt des Fluidkanals kennzeichnet, einer beliebigen vorstehend erwähnten Vorrichtung kann basierend darauf vorgenommen werden, ob eine Änderungsrate der Temperatur eines ersten Bereiches des Wärmebildes einen Schwellenwert überschreitet.

**[0018]** Die Region eines beliebigen vorstehend erwähnten Systems kann ein Energieerzeugungssystem aufweisen.

**[0019]** In einer Ausführungsform kann ein Verfahren aufweisen: Empfangen eines Wärmebildes einer Region, die einen Fluidkanal aufweist; Bestimmen, dass das Wärmebild ein Bildmuster aufweist, das für einen verschlechterten Abschnitt des Fluidkanals kennzeichnend ist; und als Antwort auf die Bestimmung, dass das Wärmebild ein Bildmuster aufweist, dass für einen verschlechterten Abschnitt des Fluidkanals kennzeichnend ist, Erzeugen einer Alarmmeldung.

**[0020]** Die Alarmmeldung kann Informationen hinsichtlich eines voraussichtlichen Zeitrahmens aufweisen, bevor der verschlechterte Abschnitt des Fluidkanals undicht wird.

**[0021]** Der verschlechterte Abschnitt des Fluidkanals kann wenigstens entweder einen undichten und/oder einen rissigen Fluidkanal aufweisen.

**[0022]** Die Bestimmung, dass das Wärmebild einen verschlechterten Abschnitt des Fluidkanals kennzeichnet, kann basierend darauf vorgenommen werden: ob eine Temperatur eines ersten Bereiches des Wärmebildes einen ersten Schwellenwert überschreitet; oder ob eine Temperatur eines ersten Bereiches des Wärmebildes unter einen zweiten Schwellenwert fällt.

**[0023]** Die Alarmmeldung kann Instruktionen aufweisen, um einen Fluidfluss durch den Fluidkanal zu verändern.

**[0024]** Diese Kurzbeschreibung der Erfindung ist dazu vorgesehen, eine Auswahl an Konzepten in einer vereinfachten Form vorzustellen, die nachstehend in der detaillierten Beschreibung näher beschrieben sind. Diese Kurzbeschreibung der Erfindung ist nicht dazu bestimmt, Schlüsselmerkmale oder wesentliche Merkmale des beanspruchten Gegenstandes zu identifizieren, noch ist sie dazu bestimmt, dazu verwendet zu werden, den Schutzzumfang des beanspruchten Gegenstandes zu beschränken. Ausserdem ist der beanspruchte Gegenstand nicht auf Beschränkungsmerkmale beschränkt, die irgendeinen oder alle Nachteile lösen, die in irgendeinem Teil dieser Offenbarung erwähnt sind.

### Kurze Beschreibung der Erfindung

**[0025]** Ein detaillierteres Verständnis kann aus der folgenden Beschreibung gewonnen werden, die zu Beispielszwecken in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen dargelegt ist, worin zeigen:

- Fig. 1 eine beispielhafte Darstellung einer Gasturbine;
- Fig. 2 eine beispielhafte Darstellung eines Gasturbinensystems, das Kühl- und Dichtungsluftventil- und -rohrleitungskomponenten enthält;
- Fig. 3 eine beispielhafte Darstellung eines Wärmebildes eines Abschnitts eines Fluidkanals zum Zeitpunkt T1;
- Fig. 4 eine beispielhafte Darstellung eines Wärmebildes eines Abschnitts des Fluidkanals zum Zeitpunkt T2;
- Fig. 5 ein nicht-beschränkendes beispielhaftes Verfahren zur Anwendung eines Wärmebilderfassungssystems;
- Fig. 6 ein beispielhaftes Blockdiagramm eines Wärmebilderfassungssystems; und

Fig. 7 ein beispielhaftes Blockdiagramm, das ein Universalzweck-Computersystem repräsentiert, in dem Aspekte der hierin offenbarten Verfahren und Systeme oder von Teilen derselben enthalten sein können.

### Detaillierte Beschreibung der Erfindung

**[0026]** Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung können Systeme, Vorrichtungen und Verfahren zur Erfassung einer Leckage innerhalb eines Fluidkanals oder zum Vorhersehen eines verschlechterten Abschnitts des Fluidkanals, der zu einer Leckage führen kann (z.B. eines deutlich geschwächten Fluidkanals) ergeben. Zum Beispiel können bestimmte Ausführungsformen eine Wärmebildkamera enthalten, die in Richtung auf eine Region gerichtet ist, die wenigstens einen Fluidkanal enthält. Die Wärmebildkamera kann konfiguriert sein, um ein Signal, das ein Wärmebild der Region kennzeichnet, zu einer Steuereinrichtung auszugeben, die mit der Wärmebildkamera kommunikationsmässig gekoppelt ist. Die Steuereinrichtung kann konfiguriert sein, um eine Leckage innerhalb des wenigstens einen Fluidkanals auf der Basis des Signals zu erfassen oder vorherzusehen. Zum Beispiel kann die Steuereinrichtung ein Wärmebild der Region analysieren, was eine Bildmustererkennungsanalyse umfassen kann um festzustellen, ob das Wärmebild einen Bereich enthält, der für eine Fluidleckage oder eine voraussichtliche Fluidleckage kennzeichnend ist. Die Steuereinrichtung kann ferner eine Temperaturänderungsrate in einem bestimmten Bereich mit einem Schwellenwert vergleichen, der für eine Fluidleckage oder eine voraussichtliche Fluidleckage kennzeichnend ist. Ein Riss oder ein wesentlich verschlechterter Bereich in einem Fluidkanal kann ein abnormales Bildmuster sowie eine abnormale Temperatur aufweisen. Zum Beispiel kann ein Fluidkanal eine abnormal hohe Temperatur oder ein abnormales Wärmebildmuster in der Nähe eines Risses im Vergleich zu umgebenden Abschnitten des Fluidkanals oder anderen Komponenten aufweisen.

**[0027]** Eine Steuereinrichtung kann mit einer Benutzerschnittstelle verbunden sein, die konfiguriert ist, um ein Wärmebild von Fluidkanälen oder anderen Gasturbinenausrüstungen anzuzeigen. Es kann/können numerische Temperaturen, eine Kennzeichnung einer Lecklagestelle oder eine Kennzeichnung eines verschlechterten Abschnitts eines Fluidkanals auf dem Wärmebild überlagert werden. In einer Ausführungsform kann eine Kennzeichnung der Stelle des Alarmzustands (z.B. Leckage/Riss/Beeinträchtigung) auf einem üblichen Kamerabild platziert werden, das eine ähnliche Perspektivansicht wie das Wärmebild einer Region haben kann. In manchen Ausführungsformen kann die Steuereinrichtung konfiguriert sein, um nach Erfassung einer tatsächlichen oder voraussichtlichen Leckage einen akustischen und/oder optischen Alarm zu aktivieren, um einen Betreiber auf den Zustand hinzuweisen. In weiteren Ausführungsformen kann die Steuereinrichtung konfiguriert sein, um nach Erfassung einer tatsächlichen Leckage oder voraussichtlichen Leckage automatisch einen Fluidfluss durch den wenigstens einen Fluidkanal zu unterbrechen. Ein Fluidfluss durch den Fluidkanal kann vor einer beträchtlichen Beschädigung an dem Fluidkanal, die eine beträchtliche Fluidleckage, einen beträchtlichen Wirkungsgradverlust oder eine Beschädigung an anderen Gasturbinenkomponenten hervorrufen würde, unterbrochen werden.

**[0028]** Fig. 1 zeigt eine beispielhafte Darstellung eines ausschnittsweisen Querschnitts einer Gasturbine 10. Wie in Fig. 1 veranschaulicht, weist die Gasturbine 10 einen Verbrennungsabschnitt 12 in einem Gasströmungspfad zwischen einem Verdichter 14 und einer Turbine 16. Der Verbrennungsabschnitt 12 kann eine ringförmige Anordnung von Verbrennungskomponenten um den Ringraum herum enthalten. Die Verbrennungskomponenten können eine Brennkammer 20 und befestigte Brennstoffdüsen enthalten. Die Turbine 16 ist angeschlossen, um den Verdichter 14 und eine (nicht veranschaulichte) Ausgangsleistungsantriebswelle drehend anzutreiben. Luft tritt in die Gasturbine 10 ein und strömt durch den Verdichter 14. Hochdruckluft aus dem Verdichter 14 tritt in den Verbrennungsabschnitt 12 ein, wo sie mit Brennstoff vermischt und verbrannt wird. Hochenergetische Verbrennungsgase treten aus dem Verbrennungsabschnitt 12 aus, um die Turbine 16 anzutreiben, die wiederum den Verdichter 14 und die Ausgangsleistungswelle antreibt. Die Verbrennungsgase treten aus der Turbine 16 durch den Auslasskanal 19 aus und können in einen Abhitzedampferzeuger (HRSG) eintreten, um zusätzliche Energie aus dem Abgas zu extrahieren.

**[0029]** Fig. 2 zeigt eine beispielhafte Darstellung eines Gasturbinensystems 200, das Kühl- und Dichtungsluftventil- und -rohrleitungskomponenten enthält. Eine Wärmekamera 206 kann zu einem Bereich 205 hin gerichtet sein. Die Wärmekamera 206 kann die Strahlung der Rohrleitungen und anderer Komponenten in dem Bereich 205 in einem Wärmebild aufnehmen. Das Wärmebild kann ein farbkodiertes Bild sein, wobei eine Palette von Farben unterschiedliche Grade der aus dem Bereich 205 emittierten Strahlung kennzeichnet. Das Farbmuster kann auf einer Anzeige dargestellt werden und kann im Allgemeinen unterschiedlichen Temperaturen zugeordnet werden. Die Farbveränderung kann so klein sein, dass nur eine Maschine in der Lage sein kann, die unterschiedlichen Temperaturen, die auf verschiedene Farben abgebildet werden, zu unterscheiden. In einer Ausführungsform kann ein Bediener eine Benutzerschnittstelle verwenden, um einen Punkt oder Bereich auf einem Wärmebild auszuwählen und einen Temperaturmesswert für diesen Punkt oder Bereich zu erhalten.

**[0030]** Eine Wärmebildkamera 206 (die auch als Infrarotkamera bezeichnet wird) ist eine Vorrichtung, die ein Bild unter Verwendung von Infrarotstrahlung erzeugt, ähnlich der Art und Weise, in der eine übliche Kamera ein Bild mit sichtbarem Licht erzeugt. Eine Wärmebildkamera kann die durch ein Objekt / einen Körper emittierte Wärmestrahlung in ein Standbild umwandeln. Wärmebildkameras können auch ein standardgemässes Videosignal (z.B. PAL mit 25 Einzelbildern pro Sekunde) erzeugen. Generell gilt, dass je höher eine Objekttemperatur ist, desto mehr Infrarotstrahlung als schwarze Körperstrahlung emittiert wird. Thermographie funktioniert sogar in völliger Dunkelheit, weil Umgebungslicht minimale Auswirkung auf die Erfassung des Wärmebildes hat. Bei der Verwendung zur Temperaturmessung sind die hellsten (wärmsten)

Teile des Bildes üblicherweise weiss, Zwischentemperaturen rot und gelb und die dunkelsten (kühlsten) Teile blau gefärbt. Eine Skala kann verwendet werden, um Farben mit Temperaturen in Beziehung zu setzen. Da die hier dargestellten Figuren schwarz und weiss sind, sind für Veranschaulichungszwecke Muster, die normalerweise in Farbe dargestellt sind, in den hier dargestellten Figuren unter Verwendung von Mustern angezeigt, die Farben repräsentieren können.

**[0031]** Fig. 3 zeigt einen Abschnitt eines Fluidkanals 302 zum Zeitpunkt T1 mit einem Muster 304, einem Muster 306 und einem Muster 308 an. Fig. 4 zeigt den Fluidkanal 302 zum Zeitpunkt T2 mit einem Muster 310, einem Muster 312, einem Muster 313 und einem Muster 314. Die schräg schraffierten Muster 304, 308 in Fig. 3 sowie 310 und 314 in Fig. 4 repräsentieren Wärmestrahlungsmuster oder Farbgradienten eines Wärmebildes. Der Fluidkanal 302 kann bei T1 in Fig. 3 ein Fluid «normal» (z.B. innerhalb der erwarteten Parameter) durch den Fluidkanal 302 ohne Fluidleckage führen. Der Fluidkanal 302 kann bei T2 in Fig. 4 ein Fluid in abnormaler Weise führen. In einer Ausführungsform kann der Fluidkanal 302 bei T1 mit den Mustern 308, 306 sowie 304 mit dem Fluidkanal 302 bei T2 mit dem Muster 310, dem Muster 312, dem Muster 313 und dem Muster 314 verglichen werden. Das Muster 313 kann für einen Riss in dem Fluidkanal 302 bei 314 kennzeichnend sein. Eine ähnliche Bildmustererkennung kann verwendet werden, um eine Verschlechterung eines Bereiches eines Fluidkanals, die ggf. zu einem Riss führen kann, vorherzusehen.

**[0032]** Fig. 5 veranschaulicht ein nicht beschränkendes beispielhaftes Verfahren 500 zur Anwendung eines Wärmebilderfassungssystems. Bei 505 kann eine Wärmebildkamera ein Wärmebild zum Zeitpunkt T1 aufnehmen. Die Wärmebildkamera kann eine Videokamera oder eine Fotokamera sein. Bei 510 kann festgestellt werden, dass das Wärmebild von T1 ein Bildmuster ist, das einen verschlechterten Fluidkanal (z.B. eine Öffnung, die ein Fluid entweichen lässt) kennzeichnet. Die Bestimmung kann durch Analyse des Wärmebildes bei T1 im Vergleich zu einem Bezugswärmebild des aufgenommenen Bereiches des Wärmebildes T1 vorgenommen werden. Das Bezugswärmebild kann für unterschiedliche Betriebsmodi oder Betriebsbedingungen eines Energieerzeugungssystems gelten. Zum Beispiel kann es unterschiedliche Bezugsbasen für einen Fluidkanal, wenn eine Gasturbine mit drei Brennkammern arbeitet, im Vergleich zu derselben Gasturbine, die mit fünf Brennkammern arbeitet, geben. In einem anderen Beispiel kann das Bezugswärmebild für einen Fluidkanal unterschiedlich sein, wenn unterschiedliche Gemische mit verdichteter Luft und Brennstoff in dem Verbrennungsprozess verwendet werden. In einer Ausführungsform kann eine Analyse der Fluidkanalstrahlung über mehrere Betriebsstunden (z.B. Monate oder Jahre) hinweg erfolgen, um eine erwartete Fluidkanalleistung allgemein oder für einen bestimmten Fluidkanal zu bestimmen (d.h. eine künftige Verschlechterung oder Lebensdauer eines Fluidkanals auf der Basis eines vergangenen Verhaltens vorherzusagen).

**[0033]** Bei 515 kann ein Alarm erzeugt werden. Der Alarm kann zu einem Betreiber über eine Benutzerschnittstelle gesandt werden. In einer Ausführungsform kann der Alarm zu einem anderen Teil des Anlagesteuersystems gesandt werden, um den Betrieb des Energieerzeugungssystems automatisch zu verändern. Zum Beispiel kann festgestellt werden, dass der verschlechterte Fluidkanal (was eine Leckage oder eine voraussichtliche Leckage sein kann) eine längere Lebensdauer haben kann, wenn die Gasturbine auf eine andere Weise (z.B. unter Verwendung von vier anstatt von fünf Brennkammern) betrieben wird. Eine Veränderung des Betriebs des Energieerzeugungssystems kann eine ungünstige Abschaltung des gesamten Energieerzeugungssystems abwenden und dem Betreiber ermöglichen, eine passende Zeit festzusetzen, um Reparaturen an dem verschlechterten Fluidkanal durchzuführen.

**[0034]** Fig. 6 zeigt ein beispielhaftes Blockdiagramm eines Wärmebilderfassungssystems 600. Das Wärmebilderfassungssystem 600 kann konfiguriert sein, um Fluidleckagen innerhalb eines Energieerzeugungssystems zu erfassen. Das Wärmebilderfassungssystem 600 enthält eine Wärmebildkamera 610, die in Richtung auf eine Region 612 eines Energieerzeugungssystems gerichtet sein kann. Die Wärmebildkamera 610 kann konfiguriert sein, um ein Signal auszugeben, das ein Wärmebild der Region 612 kennzeichnet, die Verdichter-/Turbinenkomponenten aufweist, die Fluidkanäle enthalten. In einer Ausführungsform können mehrere Wärmebildkameras auf eine Region 612 gerichtet sein, um unterschiedliche Perspektiven zu erfassen. Wie hierin erläutert, kann die Intensität bestimmter Emissionen (z.B. Strahlung) im Infrarotbereich zu der Temperatur des Objektes proportional sein. In manchen Ausführungsformen kann die Wärmebildkamera 610 konfiguriert sein, um derartige Emissionen zu erfassen und ein eine Temperatur kennzeichnendes Signal auszugeben.

**[0035]** In dem System 600 kann die Wärmebildkamera 610 mit einer Steuereinrichtung 611 kommunikationsmässig verbunden sein. Die Steuereinrichtung 611 kann konfiguriert sein, um ein Wärmebild von der Region 612 zu analysieren und einen verschlechterten Fluidkanal, der undicht sein kann, zu detektieren. Die Steuereinrichtung 611 kann ferner in der Lage sein, den Grad der Verschlechterung eines Fluidkanals in der Region 612, z.B. zur Zeit undicht, voraussichtlich undicht in naher Zukunft oder auf akzeptablem Niveau, zu bestimmen. Die Steuereinrichtung 611 kann konfiguriert sein, um Bildmuster zu erkennen, die für einen verschlechterten Fluidkanal kennzeichnend sind, wobei ein Wärmebild zum Zeitpunkt T1 mit einem Bezugswärmebild verglichen werden kann. Die Steuereinrichtung 611 kann mit anderen Untersystemen innerhalb des Energieerzeugungssystems 600, wie beispielsweise einer Gasturbinensteuerung 611 und einem Benutzerschnittstellenuntersystem 616, unter anderen Untersystemen, kommunikationsmässig verbunden sein. Die Steuereinrichtung 611 kann Betriebsdaten von dem Gasturbinenuntersystem 618 empfangen, um festzustellen, ob ein Fluidkanalbild für die Region 612 innerhalb zulässiger Temperatur- oder Bildmusterschwellen für einen Betrieb auf einer bestimmten Betriebsstufe (z.B. unter Verwendung von 4 anstatt von 5 Brennkammern) liegt.

**[0036]** Falls z.B. ein Riss innerhalb eines Fluidkanals entsteht, der ein erhitztes Abgas aus der Gasturbine 10 zu einem (nicht veranschaulichten) HRSG befördert, kann das Strahlungsmuster des Bereiches, der den Fluidkanal umgibt, aufgrund des entweichenden Gases grösser werden. Die Wärmebildkamera 610 kann ein Signal übertragen, das ein Wär-

mebild kennzeichnet. Das Wärmebild kann ein Muster von Farben und zugehörigen Temperaturen aufweisen. Die Steuereinrichtung 611 kann das Signal empfangen und die Fluidleckage auf der Basis des Bildmusters identifizieren, das für eine Zunahme oder eine andere abnormale Veränderung der Temperatur kennzeichnend sein kann. Bevor ein Alarm erzeugt wird, kann die abnormale Veränderung der Temperatur auf eine konsistente Veränderung der Temperatur (oder des Bildmusters) über einem Schwellenzeitraum gestützt werden. Die Steuereinrichtung 611 kann das Wärmebild manipulieren und eine Kennzeichnung in dem Bild an der vermutlichen Quelle für die Fluidleckage setzen. In einer Ausführungsform kann die Steuereinrichtung 611 eine Kennzeichnung auf einem Bild einer üblichen Kamera platzieren, das der Perspektive des Wärmebildes der Region 612 ähnlich ist. Eine «übliche Kamera» nimmt Bilder im Licht des sichtbaren Spektrums auf. Wie hierin erläutert, können Leckagen schnell erkannt werden, und es können geeignete Korrekturmassnahmen bei minimaler Ausfallzeit oder minimalem Brennstoffverlust im Vergleich zu anderen Leckageerfassungssystemen ergriffen werden. In manchen Ausführungsformen kann die Steuereinrichtung 611 mit einem Energieerzeugungssystem kommunikationsmässig verbunden und konfiguriert sein, um automatisch einen Fluidfluss einzustellen oder in sonstiger Weise einen Fluss zu einem undichten oder deutlich verschlechterten Fluidkanal zu verändern.

**[0037]** Die Benutzerschnittstelle 616 kann mit der Steuereinrichtung 611 kommunikationsmässig verbunden sein. Die Benutzerschnittstelle 616 kann eine grafische Anzeige enthalten, die konfiguriert ist, um ein Wärmebild mit einer überlagerten Koordinatenebene anzuzeigen. In einer Ausführungsform kann die Steuereinrichtung 611 die Temperatur und Wärmebildmuster für jede Koordinate innerhalb der Koordinatenebene überwachen. Ein Betreiber kann in der Lage sein, eine oder mehrere Koordinaten auszuwählen und die Temperatur der einen oder mehreren Koordinaten als Funktion der Zeit anzuzeigen. Die Steuereinrichtung 611 kann konfiguriert sein, um das Bildmuster oder die Temperatur einer Koordinate auf einem Wärmebild genauer zu überwachen und einen Betreiber zu alarmieren, wenn die Temperatur- oder Bildmusterdifferenzen einen Schwellenwert erreichen. Auf diese Weise kann ein Betreiber die Temperatur überwachen um festzustellen, ob eine Fluidleckage vorliegt, festzustellen, ob Verunreinigungen in dem Fluid vorhanden sein können, oder festzustellen, ob andere Fluidkanalabnormalitäten vorliegen.

**[0038]** Das Wärmebilderfassungssystem 600, wie es hierin offenbart ist, kann verwendet werden, um die Quelle einer Leckage auf einem Wärmebild zu lokalisieren. Es sollte erkannt werden, dass die vorliegenden Ausführungsformen verwendet werden können, um Leckagen innerhalb Fluidkanäle, wie beispielsweise Ventile, Dichtungen, Anschlüsse, Verbindungen oder anderer Durchgänge, die konfiguriert sind, um ein Fluid zu führen, zu erkennen. Das vorliegende Wärmebilderfassungssystem 600 kann verwendet werden, um Fluidleckagen aus Komponenten anderer Systeme, wie z.B. Verarbeitungsanlagen, Ölraffinerien oder Brennkraftmaschinen, zu erfassen.

**[0039]** Ohne den Umfang, die Interpretation oder Anwendung der hier erscheinenden Ansprüche in irgendeiner Weise zu beschränken, besteht ein technischer Effekt von einer oder mehreren der beispielhaften Ausführungsformen, wie sie hierin offenbart sind, darin, ein thermographisches Bilderfassungssystem zu schaffen, das eine kontinuierliche Überwachung von Fluidkanälen zur Leckageerkennung und proaktiven Überwachung hinsichtlich signifikanter Fluidkanalverschlechterung ermöglicht. Ein Betreiber kann über Leckagen oder eine Verschlechterung alarmiert werden, und Fluidkanäle können als Reaktion auf erfasste Leckagen oder eine erfasste Fluidkanalverschlechterung automatisch geschlossen werden.

**[0040]** Fig. 7 und die folgende Beschreibung sind dazu vorgesehen, eine kurze allgemeine Beschreibung einer geeigneten Rechenumgebung zu liefern, in der Wärmebilderfassungssysteme, -verfahren und -vorrichtungen, wie sie hierin offenbart sind, und/oder Teile von diesen implementiert sein können. Obwohl dies nicht erforderlich ist, können die hierin offenbarten Wärmebilderfassungssysteme, -verfahren und -vorrichtungen in dem allgemeinen Zusammenhang mit Computer ausführbaren Instruktionen, wie beispielsweise Programmmodulen, beschrieben sein, die durch einen Computer, wie beispielsweise eine Client-Workstation, einen Server oder einen PC, ausgeführt werden. Zum Beispiel können die Steuereinrichtung 611, das Gasturbinenuntersystem 618, das Benutzerschnittstellenuntersystem 616 und die Kamera 610 alle Computerkomponenten aufweisen, die Instruktionen ausführen. Allgemein enthalten Programmmodule Routinen, Programme, Objekte, Komponenten, Datenstrukturen und dergleichen, die bestimmte Aufgaben erfüllen und bestimmte abstrakte Datentypen implementieren. Ausserdem sollte erkannt werden, dass die hierin offenbarten Verfahren und Systeme und/oder deren Teile mit anderen Computersystemkonfigurationen, einschliesslich handgeführter Vorrichtungen, Multiprozessorsysteme, mikroprozessorbasierter oder programmierbarer Verbraucherelektronik, Netzwerk-PCs, Minicomputer, Mainframe-Computer und dergleichen, in die Praxis umgesetzt werden können. Die hierin offenbarten Verfahren und Systeme können auch in verteilten Rechenumgebungen umgesetzt werden, in denen Aufgaben durch entfernte Verarbeitungsvorrichtungen durchgeführt werden, die über ein Kommunikationsnetzwerk miteinander verbunden sind. In einer verteilten Rechenumgebung können Programmmodule sowohl in lokalen als auch in entfernten Speichervorrichtungen angeordnet sein.

**[0041]** Fig. 7 zeigt ein Blockdiagramm, das ein Universalzweck-Computersystem repräsentiert, in dem Aspekte der hierin offenbarten Verfahren oder Systeme und/oder deren Teile enthalten sein können. Wie veranschaulicht, enthält das beispielhafte Universalzweck-Computersystem einen Computer 720 oder dergleichen, der eine Verarbeitungseinheit 721, einen Systemspeicher 722 und einen Systembus 723 enthält, der verschiedene Systemkomponenten, einschliesslich des Systemspeichers, mit der Verarbeitungseinheit 721 verbindet. Der Systembus 723 kann eine beliebige von verschiedenen Bauarten von Busstrukturen sein, zu denen ein Speicherbus oder Speicherkontroller, ein peripherer Bus und ein lokaler Bus gehören, die beliebige von vielfältigen Busarchitekturen verwenden. Der Systemspeicher enthält einen Nur-Lese-Speicher (ROM) 724 und einen Direktzugriffsspeicher (RAM) 725. Ein Basic Input/Output System 726 (BIOS), das

die Grundroutinen enthält, die helfen, Informationen zwischen Elementen innerhalb des Computers 720 beispielsweise während des Starts zu übertragen, ist in dem ROM 724 abgespeichert.

**[0042]** Der Computer 720 kann ferner ein Festplattenlaufwerk 727 zum Lesen von einer und Schreiben auf eine (nicht veranschaulichte) Festplatte, ein Magnetplattenlaufwerk 728 zum Lesen von einer oder Schreiben auf eine wechselbare Magnetscheibe 729 und ein optisches Plattenlaufwerk 730 zum Lesen von einer oder Schreiben auf eine wechselbare optische Scheibe 731, wie beispielsweise CD-ROM oder ein anderes optisches Medium, enthalten. Das Festplattenlaufwerk 727, das Magnetplattenlaufwerk 728 und das optische Plattenlaufwerk 730 sind mit dem Systembus 723 über eine Festplattenlaufwerksschnittstelle 732, eine Magnetplattenlaufwerksschnittstelle 733 bzw. eine optische Laufwerksschnittstelle 734 verbunden. Die Laufwerke und ihre zugehörigen Computer lesbaren Medien stellen eine nicht-flüchtige Speicherung von Computer lesbaren Instruktionen, Datenstrukturen, Programmmodulen und anderen Daten für den Computer 720 bereit. Wie hierin beschrieben, ist ein Computer lesbares Medium ein Herstellungsgegenstand und somit kein transientes Signal.

**[0043]** Obwohl die hierin beschriebene beispielhafte Umgebung eine Festplatte, eine wechselbare Magnetplatte 729 und eine wechselbare optische Scheibe 731 verwendet, sollte erkannt werden, dass andere Arten von Computer lesbaren Medien, die Daten speichern können, auf die durch einen Computer zugegriffen werden kann, ebenfalls in der beispielhaften Betriebsumgebung verwendet werden können. Derartige weitere Medienarten umfassen, ohne jedoch darauf beschränkt zu sein, eine Magnetkassette, eine Flash-Speicherkarte, eine Digital Video oder Versatile Disk (DVD), eine Bernoulli Cart-ridge, einen Direktzugriffsspeicher (RAM), einen Nur-Lese-Speicher (ROM) und dergleichen.

**[0044]** Es kann eine Anzahl von Programmmodulen auf der Festplatte, der Magnetplatte 729, der optischen Platte 731, dem ROM 724 oder dem RAM 725 gespeichert sein, zu denen ein Betriebssystem 735, ein oder mehrere Anwendungsprogramme 736, andere Programmmodule 737 und Programmdateien 738 gehören. Ein Benutzer kann Befehle und Informationen in den Computer 720 über Eingabevorrichtungen, wie beispielsweise eine Tastatur 740 und eine Zeigervorrichtung 742, eingeben. Andere (nicht veranschaulichte) Eingabevorrichtungen können ein Mikrofon, einen Joystick, ein Gamepad, eine Satellitenschüssel, einen Scanner oder dergleichen, enthalten. Diese und andere Eingabevorrichtungen sind häufig mit der Verarbeitungseinheit 721 über eine serielle Schnittstelle 746 verbunden, die an den Systembus angeschlossen ist, können jedoch über andere Schnittstellen, wie beispielsweise einen parallelen Anschluss, einen Spieleanschluss oder einen Universal Serial Bus (USB) angeschlossen sein. Ein Monitor 747 oder eine andere Art einer Anzeigevorrichtung ist ebenfalls an den Systembus 723 über eine Schnittstelle, wie beispielsweise einen Videoadapter 748, angeschlossen. Zusätzlich zu dem Monitor 747 kann ein Computer weitere (nicht veranschaulichte) Peripherieausgabevorrichtungen, wie beispielsweise Lautsprecher und Drucker, enthalten. Das beispielhafte System nach Fig. 7 enthält ferner einen Host-Adapter 755, einen SCSI (Small Computer System Interface)-Bus 756 und eine externe Speichervorrichtung 762, die mit dem SCSI-Bus 756 verbunden ist.

**[0045]** Der Computer 720 kann in einer Netzwerkumgebung unter Verwendung logischer Verbindungen zu einem oder mehreren entfernten Computern, wie beispielsweise dem entfernten Computer 749, arbeiten. Der entfernte Computer 749 kann ein PC, ein Server, ein Router, ein Netzwerk-PC, eine Peer-Vorrichtung oder irgendein anderer gemeinsamer Netzwerkknoten sein und kann viele der oder all die Elemente enthalten, wie sie vorstehend in Bezug auf den Computer 720 beschrieben sind, obwohl in Fig. 7 lediglich eine Speichervorrichtung 750 veranschaulicht ist. Die logischen Verbindungen, wie sie in Fig. 7 dargestellt sind, enthalten ein lokales Netzwerk (LAN) 751 und ein Weitbereichsnetzwerk (WAN) 752. Derartige Netzwerkumgebungen sind in Büros, unternehmensweiten Computernetzwerken, Intranets und dem Internet gängig.

**[0046]** Wenn er in einer LAN-Netzwerkumgebung verwendet wird, ist der Computer 720 mit dem LAN 751 über eine Netzwerkschnittstelle oder einen Netzwerkadapter 753 verbunden. Wenn er in einer WAN-Netzwerkumgebung verwendet wird, kann der Computer 720 ein Modem 754 oder eine andere Einrichtung zur Herstellung von Kommunikationsverbindungen über das Weitbereichsnetzwerk 752, wie beispielsweise das Internet, enthalten. Das Modem 754, das ein internes oder externes sein kann, ist mit dem Systembus 723 über die serielle Schnittstelle 746 verbunden. In einer Netzwerkumgebung können Programmmodule, die in Bezug auf den Computer 720 dargestellt sind, oder Teile derselben in der entfernten Speichervorrichtung gespeichert sein. Es wird erkannt, dass die veranschaulichten Netzwerkverbindungen beispielhaft sind und andere Mittel zur Herstellung einer Kommunikationsverbindung zwischen den Computern verwendet werden können.

**[0047]** Der Computer 720 kann vielfältige Computer lesbare Speichermedien enthalten. Das computerlesbare Speichermedium kann ein beliebiges verfügbares Medium sein, auf das durch den Computer 720 zugegriffen werden kann und das sowohl flüchtige als auch nicht-flüchtige Medien, wechselbare und nicht-wechselbare Medien enthält. Als Beispiel und nicht zur Beschränkung können Computer lesbare Medien Computerspeichermedien und Kommunikationsmedien aufweisen. Computerspeichermedien umfassen sowohl flüchtige als auch nicht-flüchtige, wechselbare und nicht-wechselbare Medien, die nach einem beliebigen Verfahren oder einer beliebigen Technologie zur Speicherung von Informationen, wie beispielsweise Computer lesbarer Instruktionen, Datenstrukturen, Programmmodule oder sonstiger Daten, implementiert sind. Computerspeichermedien enthalten, ohne jedoch darauf beschränkt zu sein, RAM, ROM, EEPROM, Flash-Speicher oder andere Speichertechnologie, CD-ROM, Digital Versatile Disks (DVD) oder andere optische Plattenspeicher, Magnetkassetten, Magnetbänder, magnetische Plattenspeicher oder andere magnetische Speichervorrichtungen oder irgendein sonstiges Medium, das verwendet werden kann, um die gewünschten Informationen zu speichern, und auf das durch den Computer 720 zugegriffen werden kann. Kombinationen von beliebigen der vorstehenden sollten ebenfalls in dem

Umfang von Computer lesbaren Medien, die verwendet werden können, um einen Quellencode zur Implementierung der hierin beschriebenen Verfahren und Systeme zu speichern, umfasst sein. Es kann eine beliebige Kombination der hierin offenbarten Merkmale oder Elemente in einer oder mehreren Ausführungsformen verwendet werden.

**[0048]** Die hierin beschriebenen Systeme dienen dem Zweck der Angabe eines Zusammenhangs für Ausführungsformen eines Wärmebilderfassungssystems zur Erfassung von Leckagen und voraussichtlichen Leckagen innerhalb von Fluidkanälen oder einer Verschlechterung des Verhaltens eines Gasturbinensystems durch Überwachung von Fluidkanälen. Es sollte erkannt werden, dass das hierin beschriebene Wärmebildsystem in anderen Energieerzeugungssystemen, Turbinensystemen, Verarbeitungsanlagen oder einem beliebigen sonstigen System, das Fluidkanäle enthält, verwendet werden kann. Es sollte erkannt werden, dass weitere Ausführungsformen des Wärmebildsystems mehrere oder weniger Wärmebildkameras, die in Richtung auf mehrere Regionen eines Energieerzeugungssystems gerichtet sein können, enthalten können.

**[0049]** Bei der Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen des Gegenstands der vorliegenden Offenbarung, wie in den Figuren veranschaulicht, wird eine spezielle Terminologie der Klarheit wegen verwendet. Der beanspruchte Gegenstand soll jedoch nicht auf die so gewählte spezielle Terminologie beschränkt sein, und es sollte verstanden werden, dass jedes spezielle Element alle technische Äquivalente umfasst, die in einer ähnlichen Weise funktionieren, um einen ähnlichen Zweck zu erreichen.

**[0050]** Diese schriftliche Beschreibung verwendet Beispiele, um die Erfindung, einschliesslich der besten Ausführungsart, zu offenbaren und auch um jeden Fachmann auf dem Gebiet zu befähigen, die Erfindung in die Praxis umzusetzen, wozu die Schaffung und Verwendung jeglicher Vorrichtungen oder Systeme und die Durchführung jeglicher enthaltener Verfahren gehören. Der patentierbare Umfang der Erfindung ist durch die Ansprüche definiert und kann weitere Beispiele enthalten, die Fachleuten auf dem Gebiet einfallen. Derartige weitere Beispiele sollen in dem Umfang der Ansprüche enthalten sein, wenn sie strukturelle Elemente aufweisen, die sich von dem Wortsinn der Ansprüche nicht unterscheiden, oder wenn sie äquivalente strukturelle Elemente mit unwesentlichen Unterschieden gegenüber dem Wortsinn der Ansprüche enthalten.

**[0051]** Es sind Systeme, Vorrichtungen und Verfahren zur Fluidkanalüberwachung offenbart. In einer Ausführungsform kann eine Vorrichtung ein Wärmebild einer Region, die einen Fluidkanal aufweist, empfangen. Anschliessend kann die Vorrichtung bestimmen, dass das Wärmebild ein Bildmuster aufweist, das für einen verschlechterten Abschnitt des Fluidkanals kennzeichnend ist.

#### Bezugszeichenliste

##### **[0052]**

| Nr. | Komponente            | Figuren |
|-----|-----------------------|---------|
| 10  | Gasturbine            | 1       |
| 12  | Verbrennungsabschnitt | 1       |
| 14  | Verdichter            | 1       |
| 16  | Turbine               | 1       |
| 19  | Abgaskanal            | 1       |
| 20  | Brennkammer           | 1       |
| 200 | Gasturbine            | 2       |
| 206 | Wärmebildkamera       | 2       |
| 205 | Kamerasichtbereich    | 2       |
| 302 | Fluidkanal            | 3, 4    |
| 304 | Muster                | 3       |
| 306 | Muster                | 3       |
| 308 | Muster                | 3       |
| 310 | Muster                | 4       |
| 312 | Muster                | 4       |

| Nr. | Komponente                         | Figuren |
|-----|------------------------------------|---------|
| 313 | Muster                             | 4       |
| 314 | Muster                             | 4       |
| 500 | Verfahren                          | 5       |
| 505 | Block des Verfahrens 500           | 5       |
| 510 | Block des Verfahrens 500           | 5       |
| 515 | Block des Verfahrens 500           | 5       |
| 600 | Wärmebilderfassungssystem          | 6       |
| 610 | Kamera                             | 6       |
| 611 | Steuereinrichtung                  | 6       |
| 612 | Energieerzeugungssystem            | 6       |
| 616 | Benutzerschnittstellenundersystem  | 6       |
| 618 | Gasturbinenundersystem             | 6       |
| 720 | Computer                           | 7       |
| 721 | Verarbeitungseinheit               | 7       |
| 722 | Systemspeicher                     | 7       |
| 723 | Systembus                          | 7       |
| 724 | ROM                                | 7       |
| 725 | RAM                                | 7       |
| 726 | BIOS                               | 7       |
| 728 | Floppy-Laufwerk                    | 7       |
| 729 | Speicher                           | 7       |
| 730 | Optisches Laufwerk                 | 7       |
| 731 | Speicher                           | 7       |
| 732 | Festplattenlaufwerksschnittstelle  | 7       |
| 733 | Magnetische Laufwerksschnittsteile | 7       |
| 734 | Optische Laufwerksschnittstelle    | 7       |
| 735 | Betriebssystem                     | 7       |
| 736 | Anwendungsprogramme                | 7       |
| 737 | Andere Programme                   | 7       |
| 738 | Programmdaten                      | 7       |
| 740 | Tastatur                           | 7       |
| 742 | Maus                               | 7       |
| 746 | Serielle Schnittstelle             | 7       |
| 747 | Monitor                            | 7       |
| 748 | Videoadapter                       | 7       |

| Nr. | Komponente             | Figuren |
|-----|------------------------|---------|
| 749 | Entfernte Computer     | 7       |
| 750 | Speicher               | 7       |
| 751 | Lokales Netzwerk       | 7       |
| 752 | Weitbereichsnetzwerk   | 7       |
| 753 | Netzwerksschnittstelle | 7       |
| 754 | Modem                  | 7       |
| 755 | Host-Adapter           | 7       |
| 756 | SCSI-Bus               | 7       |
| 762 | Speichervorrichtung    | 7       |

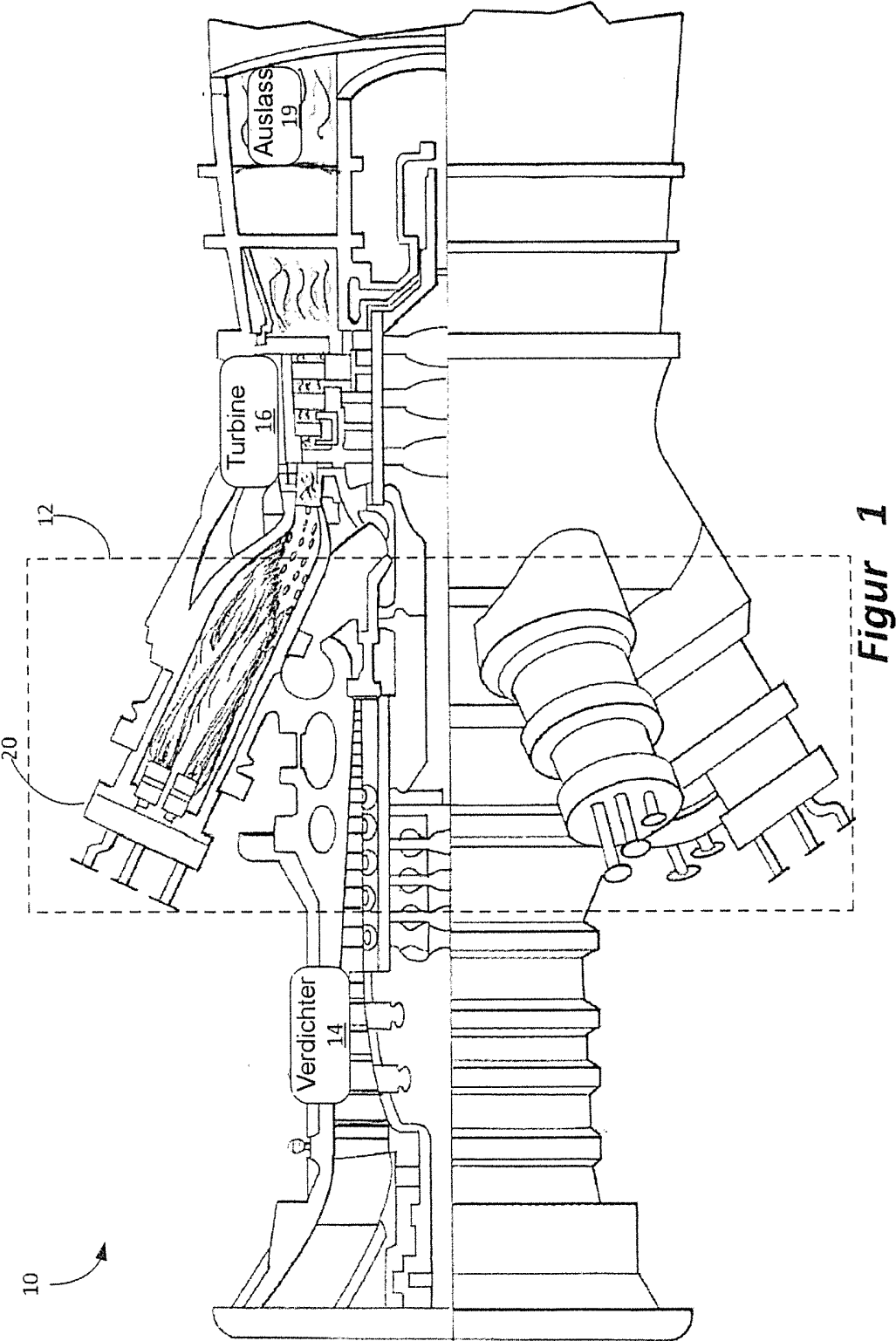
### Patentansprüche

- System, das aufweist:  
eine Wärmebildkamera, die in Richtung auf eine Region gerichtet ist, die einen Fluidkanal enthält, wobei die Wärmebildkamera konfiguriert ist, um ein Signal auszugeben, das ein Wärmebild der Region kennzeichnet; und  
eine Steuereinrichtung, die mit der Wärmebildkamera kommunikationsmässig verbunden ist, wobei die Steuereinrichtung aufweist:  
einen Prozessor; und  
einen Speicher, der mit dem Prozessor gekoppelt ist, wobei der Speicher auf diesem gespeicherte ausführbare Instruktionen aufweist, die, wenn sie durch den Prozessor ausgeführt werden, den Prozessor veranlassen, Operationen zu bewirken, die aufweisen:  
Analyse des Wärmebildes; und  
Bestimmung, dass wenigstens ein Abschnitt des Wärmebildes für einen verschlechterten Abschnitt eines Fluidkanals kennzeichnend ist.
- System nach Anspruch 1, wobei der Speicher ausführbare Instruktionen aufweist, die, wenn sie durch den Prozessor ausgeführt werden, den Prozessor veranlassen, Operationen zu bewirken, die ferner aufweisen:  
als Reaktion auf die Bestimmung, dass wenigstens ein Abschnitt eines Wärmebildes für einen verschlechterten Abschnitt des Fluidkanals kennzeichnend ist, Erzeugen einer Alarmmeldung, die Instruktionen zur Veränderung des Fluidflusses durch den Fluidkanal enthält.
- System nach Anspruch 1, wobei die Bestimmung, dass wenigstens ein Abschnitt des Wärmebildes einen verschlechterten Abschnitt des Fluidkanals kennzeichnet, auf einer Bildmustererkennung basiert.
- System nach Anspruch 1, wobei der verschlechterte Abschnitt des Fluidkanals wenigstens entweder einen undichten Abschnitt des Fluidkanals und/oder einen rissigen Abschnitt des Fluidkanals aufweist.
- System nach Anspruch 1, wobei der Speicher ausführbare Instruktionen aufweist, die, wenn sie durch den Prozessor ausgeführt werden, den Prozessor veranlassen, Operationen zu bewirken, die ferner aufweisen:  
als Reaktion auf die Bestimmung, dass wenigstens ein Abschnitt eines Wärmebildes für einen verschlechterten Abschnitt des Fluidkanals kennzeichnend ist, Erzeugen einer Alarmmeldung, die ein Bild einer üblichen Kamera von einer Stelle des verschlechterten Abschnitts des Fluidkanals aufweist.
- System nach Anspruch 1, wobei die Bestimmung, dass wenigstens ein Abschnitt des Wärmebildes für einen verschlechterten Abschnitt des Fluidkanals kennzeichnend ist, darauf basiert:  
ob eine Temperatur eines ersten Bereiches des Wärmebildes einen ersten Schwellenwert überschreitet; oder  
ob eine Temperatur des ersten Bereiches des Wärmebildes unter einen zweiten Schwellenwert fällt.
- System nach Anspruch 1, wobei die Bestimmung, dass wenigstens ein Abschnitt des Wärmebildes für einen verschlechterten Abschnitt des Fluidkanals kennzeichnend ist, darauf basiert, ob eine Änderungsrate der Temperatur eines ersten Bereiches des Wärmebildes einen Schwellenwert überschreitet.
- System nach Anspruch 1, wobei die Region ein Energieerzeugungssystem, das den Fluidkanal enthält, aufweist.
- Vorrichtung, die aufweist:  
einen Prozessor; und  
einen Speicher, der mit dem Prozessor verbunden ist, wobei der Speicher auf diesem gespeicherte ausführbare Instruktionen aufweist, die, wenn sie durch den Prozessor ausgeführt werden, den Prozessor veranlassen, Operationen zu bewirken, die aufweisen:

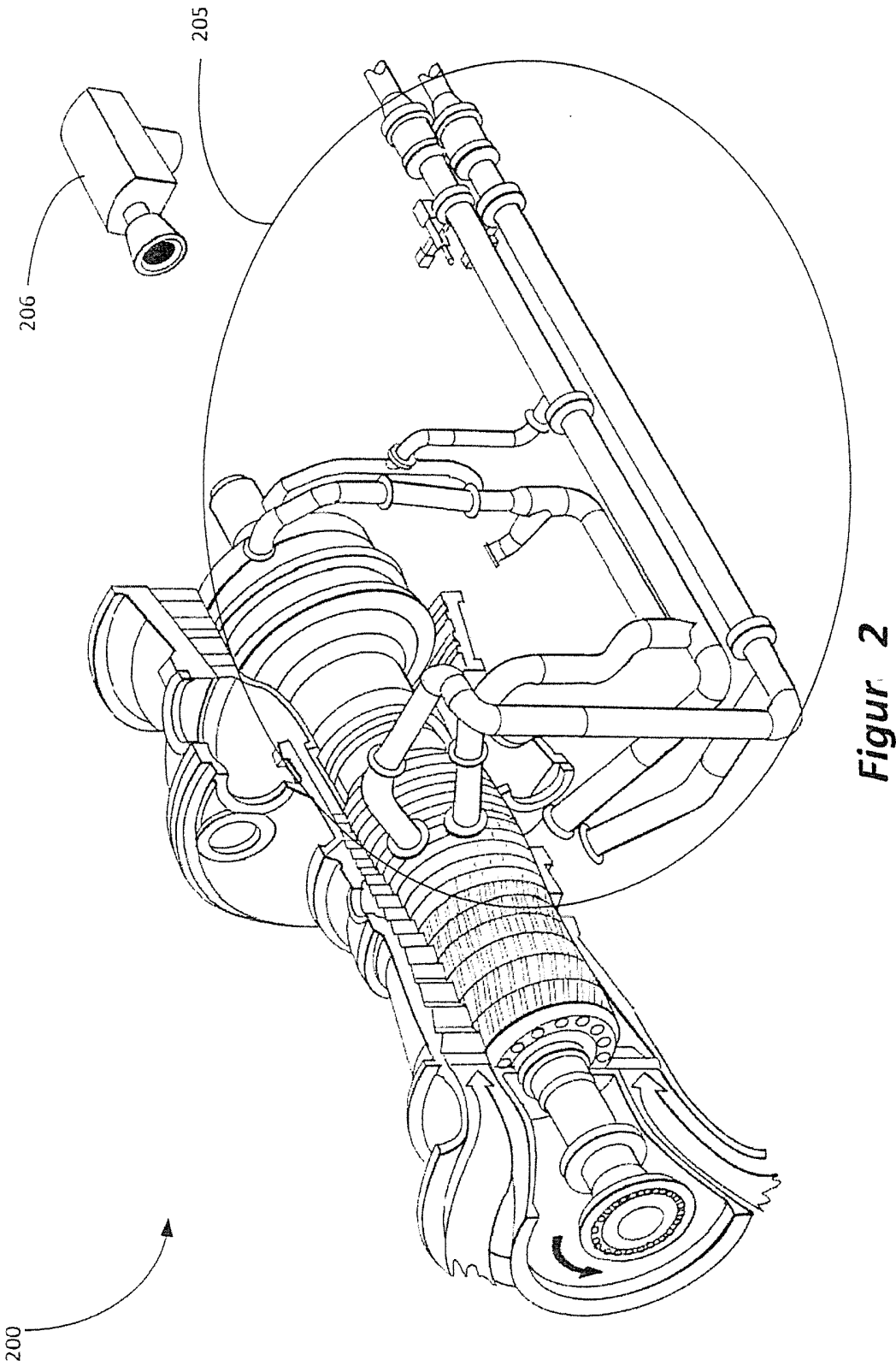
Empfangen eines Wärmebildes von einer Region, die einen Fluidkanal aufweist; und  
Bestimmen, dass das Wärmebild ein Bildmuster aufweist, das für einen verschlechterten Abschnitt des Fluidkanals kennzeichnend ist.

10. Verfahren, das aufweist:

Empfangen eines Wärmebildes einer Region, die einen Fluidkanal aufweist;  
Bestimmen, dass das Wärmebild ein Bildmuster aufweist, das für einen verschlechterten Abschnitt des Fluidkanals kennzeichnend ist; und  
als Reaktion auf die Bestimmung, dass das Wärmebild ein Bildmuster aufweist, das für einen verschlechterten Abschnitt des Fluidkanals kennzeichnend ist, Erzeugen einer Alarmmeldung.



Figur 1



Figur 2

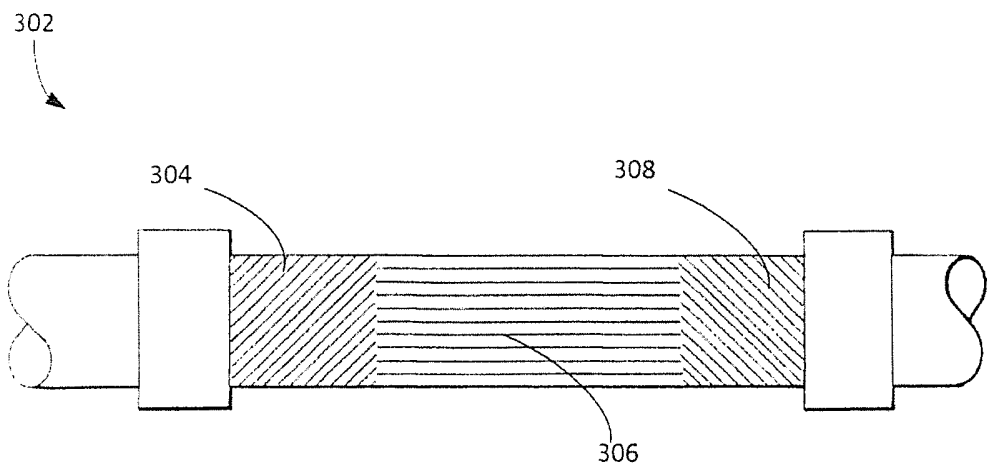


Figure 3

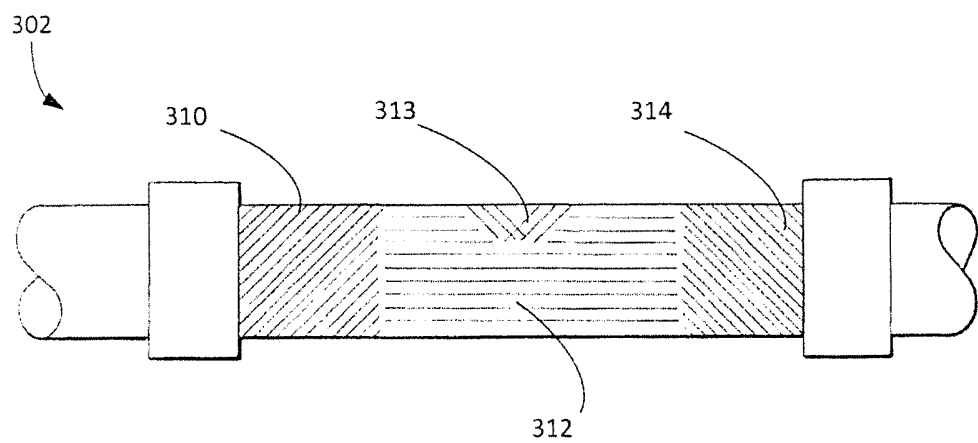
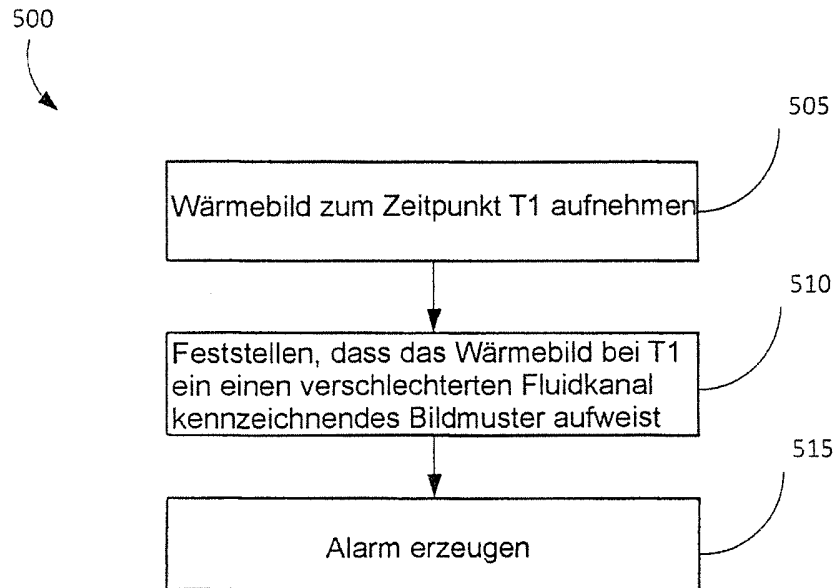
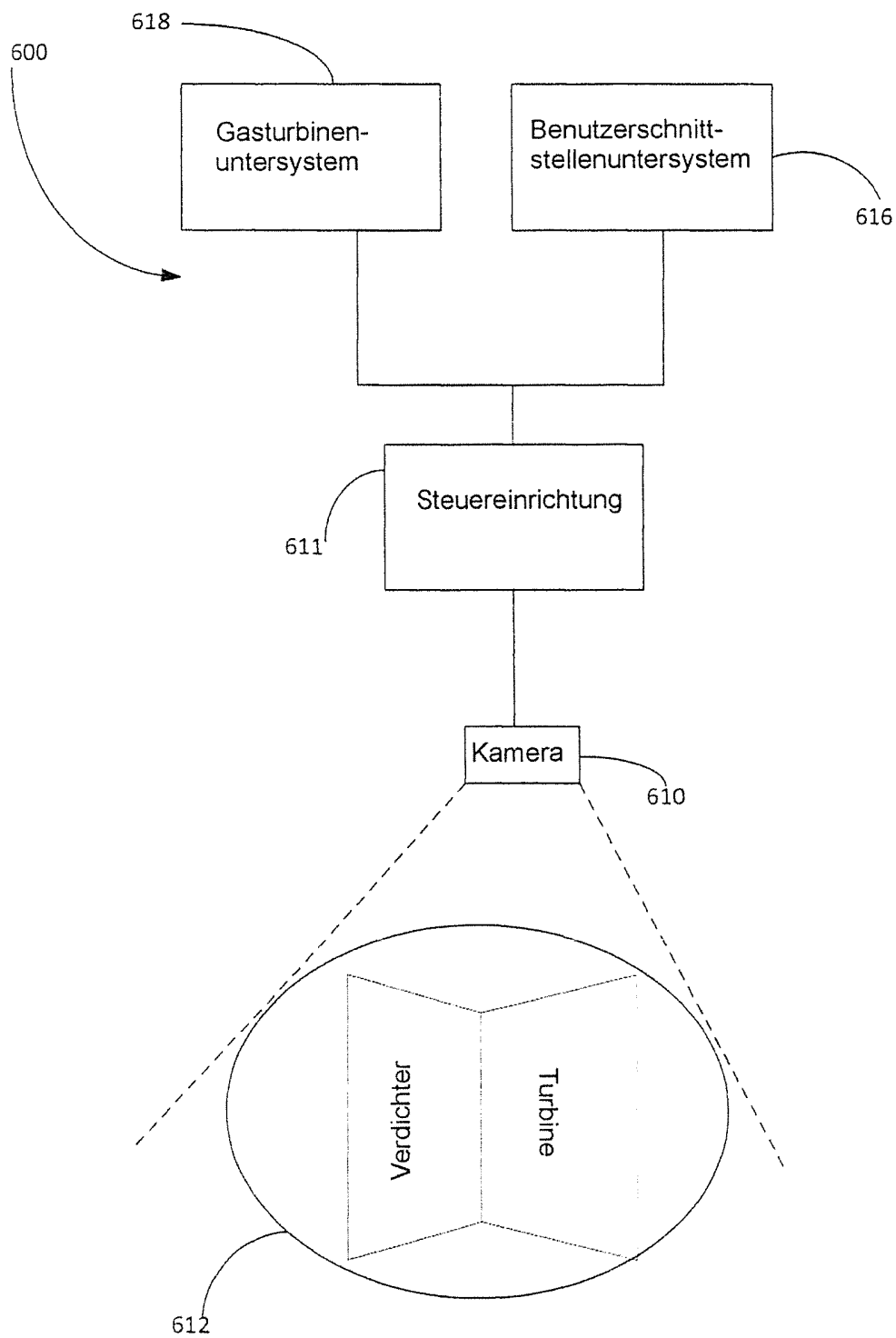


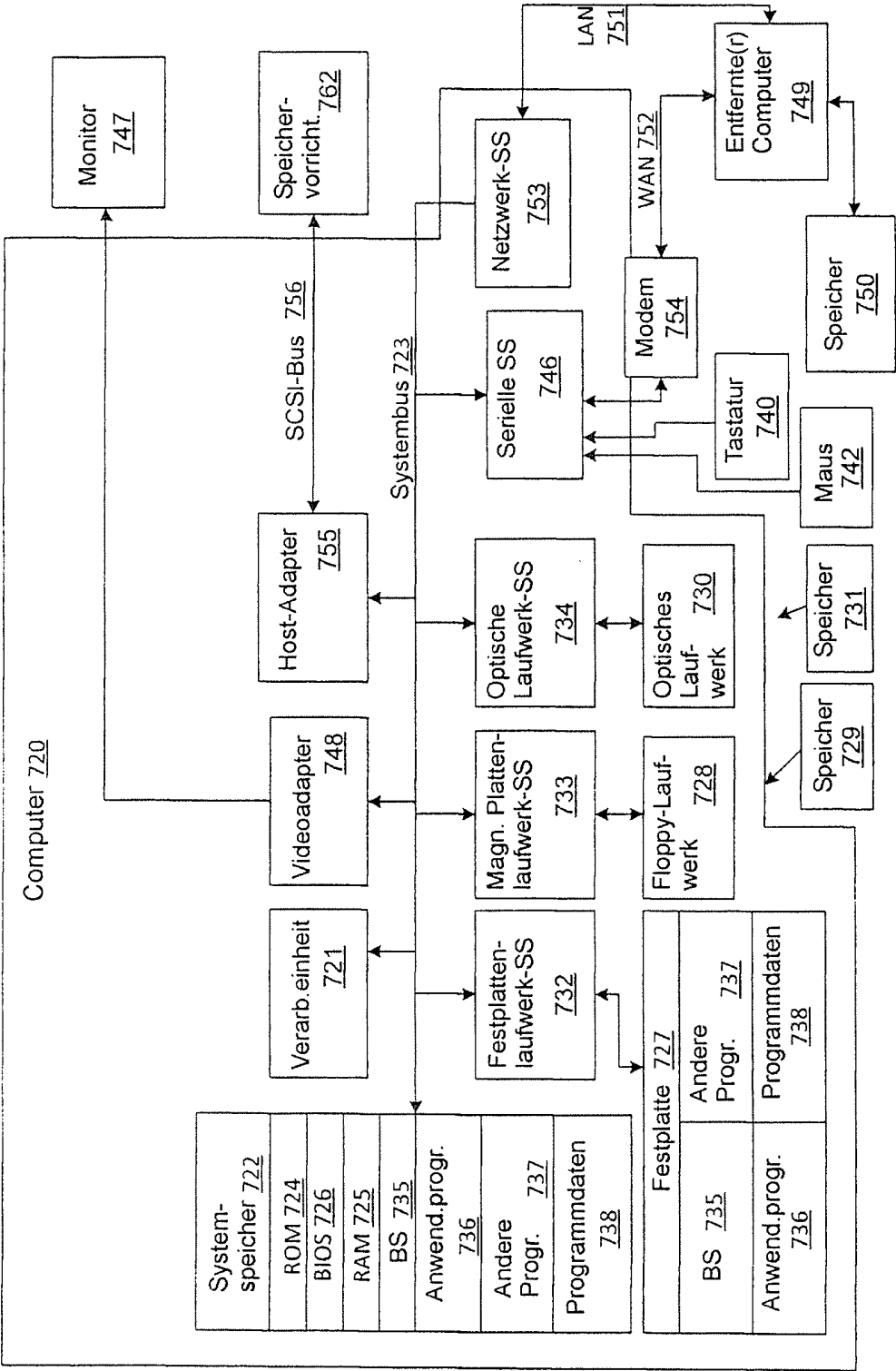
Figure 4



**Figur 5**



**Figur 6**



Figur 7