

SCHWEIZERISCHE Eidgenossenschaft  
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 708 523 A2

(51) Int. Cl.: F01D 25/00 (2006.01)  
F01D 5/26 (2006.01)  
G01M 15/00 (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 01318/14

(22) Anmeldedatum: 01.09.2014

(43) Anmeldung veröffentlicht: 13.03.2015

(30) Priorität: 03.09.2013 US 14/016,930

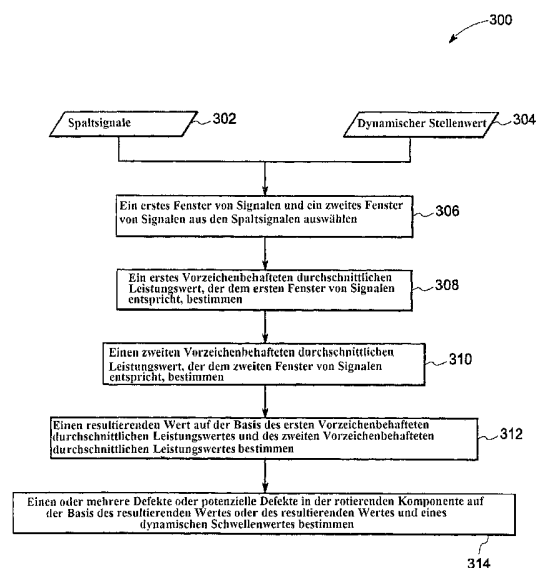
(71) Anmelder:  
General Electric Company, 1 River Road  
Schenectady, New York 12345 (US)

(72) Erfinder:  
Senthilkumar Datchanamoorthy,  
Bangalore, Karnataka 560066 (IN)  
Michael Allen Ball, Greenville, SC 29615-4614 (US)  
Aninda Bhattacharya, Bangalore, Karnataka 560066 (IN)  
Venkata Ramana Hemadribhotla,  
Bangalore, Karnataka 560066 (IN)

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

(54) System und Verfahren zur Überwachung einer rotierenden Komponente.

(57) Die Erfindung betrifft ein System und ein Verfahren zur Überwachung einer rotierenden Komponente einer Rotationsmaschine, wie z.B. einer Gas- oder Dampfturbine. Das Verfahren umfasst ein Auswählen eines ersten Fensters von Signalen und eines zweiten Fensters von Signalen aus Spaltsignalen, die Spaltabstände zwischen einer rotierenden Komponente und einem die rotierende Komponente umgebenden stationären Gehäuse kennzeichnen, Bestimmen eines zu dem ersten Fenster von Signalen zugehörigen ersten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswertes und eines zu dem zweiten Fenster von Signalen zugehörigen zweiten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswertes, Bestimmen eines resultierenden Wertes auf der Basis des ersten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswertes und des zweiten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswertes und Bestimmen eines oder mehrerer Defekte oder potenzieller Defekte in der rotierenden Komponente auf der Basis des resultierenden Wertes.



## Beschreibung

### Hintergrund zu der Erfindung

[0001] Rotationsmaschinen, wie z.B. Gas- und Dampfturbinen, werden in vielen Anwendungen verwendet. Typischerweise weisen Gasturbinen und Dampfturbinen Rotoren auf. Ein Rotor weist mehrere Laufschaufeln und eine Welle auf. In einigen Beispielen kann die Bewegung eines Fluids eine Rotation der mehreren Laufschaufeln hervorrufen, die eine Rotation der Welle zur Folge hat. Alternativ kann die Rotation der Welle eine Rotation der mehreren Laufschaufeln hervorrufen, was eine Bewegung des Fluids zur Folge hat.

[0002] Ein Rotor einer Turbine in einem Turbinenantrieb weist typischerweise eine Deckbandanordnung auf, die aus miteinander verbundenen Deckbandelementen ausgebildet ist. Ein typisches Deckbandelement ist ein Block oder eine Platte, die auf einer Spitze einer Schaufel ausgebildet und/oder montiert ist und die eingerichtet ist, um mit einem im Wesentlichen gleichen, auf einer benachbarten Schaufel montierten Deckbandelement aneinander anzuliegen. Mehrere Deckbandelemente, die an der Spitze der mehreren Schaufeln montiert sind, sind miteinander verbunden, um eine ringförmige rotierende Komponente um die mehreren Schaufeln zu bilden. Die ringförmige rotierende Komponente ist in einem Beispiel die Deckbandanordnung. Im Betrieb der mehreren Schaufeln rotiert die Deckbandanordnung ebenfalls gemeinsam mit den Schaufeln.

[0003] Ein Teil der Deckbandanordnung oder ein oder mehrere Deckbandelemente in der Deckbandanordnung können aufgrund von Metallermüdung oder anderer Ursachen beschädigt werden. Der Schaden kann Lücken in der Deckbandanordnung zur Folge haben. Beispielsweise kann ein Teil der Deckbandanordnung abfallen und/oder sich aus der ausgerichteten Position heraus verschieben, ein Teil der Deckbandanordnung kann in einer unerwünschten Weise ausgelenkt werden, und/oder es können andere Typen unerwünschter Effekte auftreten. Während es herkömmliche Systeme zur Überwachung des Spalts zwischen der Deckbandanordnung und einem Aussengehäuse, das die Deckbandanordnung umgibt, gibt, zeigen solche Überwachungssysteme keine Schäden und Defekte in der Deckbandanordnung auf.

### Kurze Beschreibung der Erfindung

[0004] Gemäss einem ersten Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren präsentiert. Das Verfahren enthält ein Auswählen eines ersten Fensters von Signalen und eines zweiten Fensters von Signalen aus Spaltsignalen, die Spalte zwischen einer rotierenden Komponente und einem die rotierende Komponente umgebenden stationären Gehäuse kennzeichnen, Bestimmen eines zu dem ersten Fenster von Signalen zugehörigen ersten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswertes und eines zu dem zweiten Fenster von Signalen zugehörigen zweiten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswertes, Bestimmen eines resultierenden Wertes auf der Basis des ersten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswertes und des zweiten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswertes und Bestimmen eines oder mehrerer Defekte oder potenzieller Defekte in der rotierenden Komponente auf der Basis des resultierenden Wertes.

[0005] In dem zuvor erwähnten Verfahren gemäss dem ersten Aspekt kann das zweite Fenster von Signalen eine Untermenge des ersten Fensters von Signalen sein.

[0006] Zusätzlich oder alternativ können das erste Fenster von Signalen und das zweite Fenster von Signalen Untermenüen der Spaltsignale sein.

[0007] In jedem beliebigen vorstehend erwähnten Verfahren gemäss dem ersten Aspekt kann das erste Fenster von Signalen eine Untermenge der Spalte zwischen der rotierenden Komponente und dem stationären Gehäuse während einer einzigen Umdrehung der rotierenden Komponente kennzeichnen.

[0008] Das erste Fenster von Signalen kann eine Untermenge der Spalte zwischen der rotierenden Komponente und dem stationären Gehäuse während einer bestimmten Anzahl von Umdrehungen der rotierenden Komponente kennzeichnen.

[0009] In jedem beliebigen vorstehend erwähnten Verfahren gemäss dem vorstehend erwähnten ersten Aspekt kann das zweite Fenster von Signalen eine Untermenge der Spalte zwischen einem Abschnitt des Umfangs der rotierenden Komponente und dem stationären Gehäuses kennzeichnen.

[0010] Jedes beliebige vorstehend erwähnte Verfahren gemäss dem ersten Aspekt kann ferner ein Erzeugen eines dynamischen Schwellenwerts auf der Basis der Spaltsignale aufweisen.

[0011] In dem vorstehend erwähnten Verfahren kann das Erzeugen des dynamischen Schwellenwerts ein Bestimmen der mittleren absoluten Abweichung der Spaltsignale aufweisen.

[0012] Zusätzlich oder alternativ kann das vorstehend erwähnten Verfahren ferner ein Bestimmen des einen oder der mehreren Defekte auf der Basis des resultierenden Wertes und des dynamischen Schwellenwertes aufweisen.

[0013] Jedes beliebige vorstehend erwähnte Verfahren gemäss dem ersten Aspekt kann ferner aufweisen: Empfangen von Rohsignalen, die Spalte zwischen der rotierenden Komponente und dem die rotierende Komponente umgebenden stationären Gehäuse kennzeichnen, von wenigstens einer Sensorvorrichtung; Erzeugen anfänglicher Signale durch Anwendung einer zeitsynchronen Mittelwertbildungstechnik auf die Rohsignale; und Erzeugen sekundärer Signale durch Anwendung eines Glättungsfilters auf die anfänglichen Signale, wobei die sekundären Signale die Spaltsignale sind.

**[0014]** Jedes beliebige vorstehend erwähnte Verfahren gemäss dem ersten Aspekt kann ferner aufweisen: wiederholtes Verschieben des ersten Fensters von Signalen und des zweiten Fensters von Signalen zur Bestimmung nachfolgender erster vorzeichenbehafteter durchschnittlicher Leistungswerte und nachfolgender zweiter vorzeichenbehafteter durchschnittlicher Leistungswerte; Bestimmen mehrerer nachfolgender resultierender Werte auf der Basis der nachfolgenden ersten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswerte und der nachfolgenden zweiten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswerte; Erzeugen eines resultierenden Wertesignals auf der Basis des resultierenden Wertes und der mehreren nachfolgenden resultierenden Werte; und Bestimmen des einen oder der mehreren Defekte oder der potenziellen Defekte in der rotierenden Komponente auf der Basis des resultierenden Wertesignals.

**[0015]** In jedem beliebigen vorstehend erwähnten Verfahren gemäss dem ersten Aspekt kann der resultierende Wert eine Differenz zwischen dem ersten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswert und dem zweiten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswert sein.

**[0016]** Gemäss einem weiteren Aspekt der Erfindung wird ein weiteres Verfahren präsentiert. Das Verfahren enthält ein Auswählen eines ersten Fensters von Signalen und eines zweiten Fensters von Signalen aus Spaltsignalen, die Spalte zwischen einer rotierenden Komponente und einem die rotierende Komponente umgebenden stationären Gehäuse kennzeichnen, Bestimmen eines ersten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswertes, der dem ersten Fenster von Signalen entspricht, und eines zweiten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswertes, der dem zweiten Fenster von Signalen entspricht, Bestimmen eines ersten resultierenden Wertes auf der Basis des ersten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswertes und des zweiten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswertes, wiederholtes Verschieben des ersten Fensters von Signalen und des zweiten Fensters von Signalen zur Bestimmung nachfolgender erster vorzeichenbehafteter durchschnittlicher Leistungswerte und nachfolgender zweiter vorzeichenbehafteter durchschnittlicher Leistungswerte, Bestimmen mehrerer nachfolgender resultierende Werte auf der Basis der ersten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswerte und der zweiten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswerte, Erzeugen eines resultierenden Wertesignals auf der Basis des ersten resultierenden Wertes und der mehreren nachfolgenden resultierenden Werte und Bestimmen eines oder mehrerer Defekte oder potenzieller Defekte in der rotierenden Komponente auf der Basis des resultierenden Wertesignals.

**[0017]** In dem zuvor beschriebenen Verfahren gemäss dem zweiten Aspekt kann das Bestimmen des einen oder der mehreren Defekte oder potenziellen Defekte in der rotierenden Komponente ferner ein Bestimmen des einen oder der mehreren Defekte oder potenziellen Defekte in der rotierenden Komponente auf der Basis des resultierenden Wertes und eines dynamischen Schwellenwertes aufweisen.

**[0018]** Das Verfahren gemäss dem zweiten Aspekt kann ferner das Bestimmen des dynamischen Schwellenwertes durch Bestimmung einer mittleren absoluten Abweichung des resultierenden Wertesignals aufweisen.

**[0019]** Gemäss einem noch weiteren Aspekt der Erfindung wird ein weiteres Verfahren präsentiert. Das Verfahren weist auf: Auswählen eines breiteren Fensters von Signalen und eines schmälere Fensters von Signalen aus Spaltsignalen, die Spalte zwischen einer rotierenden Komponente und einem die rotierende Komponente umgebenden stationären Gehäuse kennzeichnen; Bestimmen eines zu dem breiteren Fenster von Signalen zugehörigen ersten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswertes und eines zu dem schmälere Fenster von Signalen zugehörigen zweiten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswertes, Bestimmen eines ersten resultierenden Wertes auf der Basis des ersten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswertes und des zweiten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswertes, wiederholtes Verschieben des breiteren Fensters von Signalen und des schmälere Fensters von Signalen zur Bestimmung nachfolgender erster vorzeichenbehafteter durchschnittlicher Leistungswerte und nachfolgender zweiter vorzeichenbehafteter durchschnittlicher Leistungswerte, Bestimmen mehrerer nachfolgender resultierende Werte auf der Basis der ersten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswerte und der zweiten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswerte; Erzeugen eines resultierenden Wertesignals auf der Basis des ersten resultierenden Wertes und der mehreren nachfolgenden resultierenden Werte; Erzeugen eines dynamischen Schwellenwertes durch Bestimmung einer mittleren absoluten Abweichung des resultierenden Wertesignals; und Bestimmen eines oder mehrerer Defekte oder potenzieller Defekte in der rotierenden Komponente auf der Basis des resultierenden Wertesignals und des dynamischen Schwellenwertes.

**[0020]** Gemäss einem weiteren Aspekt der Erfindung wird ein System präsentiert. Das System enthält ein Verarbeitungssubsystem, das ein erstes Fenster von Signalen und ein zweites Fenster von Signalen aus Spaltsignalen, die Spalte zwischen einer rotierenden Komponente und einem die rotierende Komponente umgebenden stationären Gehäuse kennzeichnen, auswählt, einen zu dem ersten Fenster von Signalen zugehörigen ersten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswert und einen zu dem zweiten Fenster von Signalen zugehörigen zweiten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswert bestimmt, einen resultierende Wert auf der Basis des ersten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswertes und des zweiten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswertes bestimmt und einen oder mehrere Defekte oder potenzielle Defekte in der rotierenden Komponente auf der Basis des resultierenden Wertes bestimmt.

**[0021]** In dem zuvor erwähnten System kann die rotierende Komponente eine Deckbandanordnung sein, und mehrere Deckbandelemente können aneinander anliegen, um eine unebene durchgängige externe Oberfläche der rotierenden Komponente zu bilden.

**[0022]** Das System jedes vorstehend erwähnten Typs kann ferner wenigstens eine Sensorvorrichtung aufweisen, die Rohsignale erzeugt, die Spalte zwischen der rotierenden Komponente und dem stationären Gehäuse kennzeichnen, wobei die wenigstens eine Sensorvorrichtung auf einer inneren Fläche des stationären Gehäuses angeordnet sein kann.

**[0023]** In dem System des zuvor erwähnten Typs kann das Verarbeitungssubsystem die Rohsignale verarbeiten, um zur Erzeugung der Spaltsignale aus den Rohsignalen Rauschen zu entfernen.

**[0024]** Die wenigstens eine Sensorvorrichtung kann eine Lasersonde, eine Radarsonde, eine Mikrowellensonde, eine Spaltsonde, eine Sonde mit variabler Reluktanz, eine Wirbelstromsonde, eine Ultraschallsonde, eine Staudrucksonde oder deren Kombinationen aufweisen.

### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0025]** Diese und andere Merkmale und Aspekte der Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden verständlicher, wenn die folgende detaillierte Beschreibung unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen gelesen wird, in denen gleiche Bezugszeichen gleiche Teile in allen Zeichnungen kennzeichnen, worin:

- Fig. 1 ist eine schematische Darstellung eines Systems zur Überwachung eines oder mehrerer Defekte oder potenzieller Defekte in einer rotierenden Komponente gemäss einer Ausführungsform der vorliegenden Techniken;
- Fig. 2 ist ein Flussdiagramm, das ein beispielhaftes Verfahren zur Bestimmung eines oder mehrerer Defekte oder potenzieller Defekte in einer rotierenden Komponente gemäss bestimmten Aspekten der vorliegenden Techniken veranschaulicht;
- Fig. 3 ist ein Flussdiagramm, das ein beispielhaftes Verfahren zur Bestimmung eines oder mehrerer Defekte oder potenzieller Defekte in einer rotierenden Komponente gemäss bestimmten Aspekten der vorliegenden Techniken veranschaulicht;
- Fig. 4a ist eine graphische Darstellung eines simulierten Signals, das Spalte zwischen einer Deckbandanordnung und einem stationären Gehäuse, das die Deckbandanordnung umgibt, kennzeichnet;
- Fig. 4b ist eine graphische Darstellung eines anfänglichen Signals, das Spalte zwischen einer Deckbandanordnung und einem stationären Gehäuse, das die Deckbandanordnung umgibt, kennzeichnet;
- Fig. 4c ist eine graphische Darstellung eines sekundären Signals, das Spalte zwischen einer Deckbandanordnung und einem stationären Gehäuse, das die Deckbandanordnung umgibt, kennzeichnet;
- Fig. 4d ist eine graphische Darstellung eines resultierenden Wertesignals; und
- Fig. 5a und Fig. 5b ist ein Flussdiagramm, das ein beispielhaftes Verfahren zur Bestimmung eines oder mehrerer Defekte in einer rotierenden Komponente gemäss einer Ausführungsform der vorliegenden Techniken veranschaulicht.

### Detaillierte Beschreibung der Erfindung

**[0026]** Wenn Elemente der verschiedenen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung eingeführt werden, sollen die Artikel «ein», «eine» und «der», «die», «das» bedeuten, dass es ein oder mehrere der Elemente gibt. Die Begriffe «aufweisen», «beinhalten» und «haben» sollen einschliessend sein und bedeuten, dass es zusätzliche oder andere als die aufgelisteten Elemente geben kann. Wie hierin verwendet, soll der Begriff «und/oder» jede und alle Kombinationen einer oder mehrerer Kombinationen der zugehörigen aufgelisteten Gegenstände umfassen.

**[0027]** Eine ungefähre Sprache, wie sie hier in der gesamten Beschreibung und den Ansprüchen verwendet wird, kann angewendet werden, um jede quantitative Darstellung zu modifizieren, die sich zulässigerweise ändern könnte, ohne eine Veränderung der Basisfunktion, auf die sie sich bezieht, zu bewirken. Entsprechend ist ein Wert, der durch einen Begriff, wie z.B. «ungefähr», modifiziert ist, nicht auf den genauen spezifizierten Wert beschränkt. In einigen Fällen kann die ungefähre Sprache der Genauigkeit eines Instrumentes zur Messung des Wertes entsprechen.

**[0028]** Die vorliegenden Systeme und Verfahren bestimmen einen oder mehrere Defekte, potenzielle Defekte in einer rotierenden Komponente einer Turbine und/oder potenzielle Ausfälle der Turbine. Die rotierende Komponente kann beispielsweise eine Deckbandanordnung sein. Wie hierin verwendet, wird der Begriff «Deckbandanordnung» verwendet, um sich auf einen im Wesentlichen durchgängigen ringförmigen Körper zu beziehen, der von gegeneinander anliegenden Blöcken oder Platten gebildet ist, wobei die Blöcke oder Platten an den Spitzen der Schaufeln oder Laufschaufeln eines

Rotors montiert sind. Jede Schaufelspitze kann beispielsweise einen Block oder eine Platte tragen, die eingerichtet ist, um mit benachbarten, im Wesentlichen identischen Blöcken oder Platten von benachbarten Schaufeln aneinander anzuliegen/ineinanderzugreifen. Die aneinander anliegenden und/oder ineinandergreifenden Blöcke oder Platten bilden typischerweise eine unebene äussere Oberfläche der Deckbandanordnung.

**[0029]** Wie hierin verwendet, bedeutet der Begriff «Rotor» eine Komponente einer Maschine, die eingerichtet ist, um bezüglich einer weiteren Komponente der Maschine zu rotieren. Ein Rotor kann beispielsweise mehrere Schaufeln oder Laufschaufeln aufweisen, die auf einer Nabe oder einer Welle montiert sind. Jede Schaufel enthält einen Schaufelblattquerschnitt auf, und die Nabe oder Welle ist zur Rotation bezüglich eines Gehäuses oder eines anderen Teils einer Maschine, in der der Rotor verwendet wird, montiert, wie man es vielleicht in einer Turbomaschine vorfinden könnte. Ein Fluid, das an den Schaufeln vorbeiströmt, kann eine Rotation der Nabe oder Welle herbeiführen, und eine Rotation der Nabe oder Welle kann eine Bewegung und/oder Kompression und/oder Ausdehnung eines Fluids, in dem die Schaufeln eingetaucht sind, herbeiführen.

**[0030]** Wie hier nachstehend detaillierter beschrieben, stellen die vorliegenden Systeme und Verfahren ein Überwachungssystem bereit, das eine rotierende Komponente überwacht, um einen oder mehrere Defekte oder potenzielle Defekte in der rotierenden Komponente zu erkennen. Die Überwachung legt in einem Beispiel Schwellenwerte für die Spaltsignale fest und kann bewerten, ob die rotierenden Komponenten für eine Wartung fällig sind, bevor ein Ausfall stattfindet. Wie hierin verwendet, bezieht sich das Überwachen von Defekten auf ein Verarbeiten zur Überwachung des Funktionszustands der rotierenden Komponenten, Erkennen von Defekten und Vorhersagen möglicher Ausfälle über Prognose. Das überwachende System kann z.B. einen oder mehrere Sensoren aufweisen, die Spaltsignale erzeugen, die Spalte zwischen der rotierenden Komponente und einem die rotierende Komponente umgebenden stationären Gehäuse kennzeichnen. Die rotierende Komponente ist beispielsweise eine Deckbandanordnung. Die Spaltsignale werden von einem Verarbeitungssubsystem empfangen und verarbeitet, um einen oder mehrere Defekte oder potenzielle Defekte in der rotierenden Komponente zu bestimmen. Das verarbeitende Subsystem ermittelt einen dynamischen Schwellenwert auf der Basis der Spaltsignale. Ferner bestimmt das Verarbeitungssubsystem den einen oder die mehrere Defekte auf der Basis des dynamischen Schwellenwertes und der Spaltsignale.

**[0031]** Fig. 1 ist eine schematische Darstellung eines Systems 10 zur Überwachung eines oder mehrerer Defekte, potenzieller Defekte in einer rotierenden Komponente oder Systemfehler gemäss einer Ausführungsform der vorliegenden Techniken. Das System 10 weist einen Rotor 12 auf. In der derzeit erwogenen Konfiguration ist der Rotor 12 eine Komponente einer (nicht gezeigten) Turbine in einer (nicht gezeigten) Gasturbine. Man beachte, dass während Fig. 1 in Bezug auf den Rotor 12 erklärt wird, der eine Komponente der (nicht gezeigten) Turbine ist, die derzeit erwogenen Ausführungsformen nicht auf die Turbine beschränkt sein sollten.

**[0032]** Wie in Fig. 1 gezeigt, weist der Rotor 12 eine Welle 14 und mehrere Laufschaufeln 16 auf (auf die hier nachstehend als Schaufel(n) Bezug genommen wird). Man beachte, dass, während in dieser Ausführungsform der Rotor 12 mit acht Schaufeln 16 gezeigt ist, der Rotor 12 eine beliebige Anzahl von Schaufeln aufweisen kann. Die Schaufeln 16 sind auf der Welle 14 montiert. Wie in Fig. 1 gezeigt, umfassen die Schaufeln 16 neben anderen (nicht durch Bezugszeichen gekennzeichneten) Schaufeln die Schaufeln 18, 20, 22. Die Spitzen der Schaufeln 16 halten mehrere Deckbandelemente 24. Jedes der Deckbandelemente 24 kann beispielsweise einen Block oder eine Platte sein, der bzw. die an der Spitze der entsprechenden Schaufel in den Schaufeln 16 montiert ist. In der derzeit erwogenen Konfiguration weisen die mehreren Deckbandelemente 24 neben anderen (nicht durch Bezugszeichen gekennzeichneten) Deckbandelementen, die Deckbandelemente 26, 28, 30 auf. Beispielsweise ist an der Spitze der Schaufel 18 das Deckbandelement 26 montiert, während an der Spitze der Schaufel 20 das Deckbandelement 28 montiert ist und an der Spitze der Schaufel 22 das Deckbandelement 30 montiert ist. Jedes der Deckbandelemente 24, einschliesslich der Deckbandelemente 26, 28, 30, weist ein vorderes Ende und ein hinteres Ende auf. Der Deckbandelement 26 weist z.B. ein vorderes Ende 32 und ein hinteres Ende 34 auf.

**[0033]** Das vordere Ende jedes der Deckbandelemente 24, einschliesslich der Deckbandelemente 26, 28, 30, ist eingerichtet oder hergestellt, um mit einem hinteren Ende eines im Wesentlichen ähnlichen anderen Deckbandelementes im Eingriff zu stehen, das an einer weiteren benachbarten Schaufel der Schaufeln 16 befestigt ist. In ähnlicher Weise ist das hintere Ende jedes der Deckbandelemente 24, einschliesslich der Deckbandelemente 26, 28, 30, eingerichtet oder hergestellt, um mit einem vorderen Ende eines im Wesentlichen ähnlichen anderen Deckbandelementes im Eingriff zu stehen, das an einer benachbarten Schaufel befestigt ist. Das vordere Ende 32 des Deckbandelementes 26 ist beispielsweise mit einem hinteren Ende 36 des Deckbandelementes 28 verbunden. In ähnlicher Weise ist das hintere Ende 34 des Deckbandelementes 26 mit einem vorderen Ende 38 des Deckbandelementes 30 verbunden. Entsprechend stehen die Deckbandelemente 24, einschliesslich der Deckbandelemente 26, 28, 30, gegenseitig im Eingriff, um eine Deckbandanordnung 40 zu bilden.

**[0034]** Wie in Fig. 1 gezeigt, ist die Deckbandanordnung 40 ein ringförmiger Körper, der durch die miteinander im Eingriff stehenden bzw. verbundenen Deckbandelemente 24, einschliesslich der Deckbandelemente 26, 28, 30, gebildet ist. Im Betrieb rotiert die Deckbandanordnung 40 gemeinsam mit den Schaufeln 16. In der derzeit erwogenen Konfiguration ist die Deckbandanordnung 40 eine rotierende Komponente 40. Der Begriff «rotierende Komponente» sollte jedoch nicht auf eine Deckbandanordnung beschränkt sein.

**[0035]** Die rotierende Komponente 40 ist von einem stationären Gehäuse 42 umschlossen oder umgeben. Das stationäre Gehäuse ist bezüglich des Erdbodens stationär. Dementsprechend rotiert das stationäre Gehäuse 42 nicht. In der derzeit erwogenen Konfiguration ist das stationäre Gehäuse 42 ein ringförmiger Körper, der die rotierende Komponente 40 umgibt. Ferner sind die rotierende Komponente 40 und das stationäre Gehäuse 42 durch einen Spalt oder einen Abstand voneinander getrennt.

**[0036]** Das System 10 weist ferner eine oder mehrere Sensorvorrichtungen 44, 46 auf. Die Sensorvorrichtung 44, 46 kann beispielsweise eine Lasersonde, eine Radarsonde, eine Mikrowellensonde, eine Spaltsonde, eine Sonde mit variabler Reluktanz, eine Wirbelstromsonde, eine Ultraschallsonde, eine Staudrucksonde oder ähnliches sein. Eine Anzahl von in dem System 10 verwendeten Sensorvorrichtungen kann von der Empfindlichkeit, die von dem System 10 erwartet wird, und verschiedenen anderen Faktoren abhängen. Die Sensorvorrichtungen 44, 46 sind an dem stationären Gehäuse 42 befestigt. In der derzeit erwogenen Konfiguration sind die Sensorvorrichtungen 44, 46 an der inneren Oberfläche des stationären Gehäuses 42 montiert. Die Sensorvorrichtungen 44, 46 sind beispielsweise der äusseren Oberfläche der rotierenden Komponente 40 zugewandt. In der derzeit erwogenen Konfiguration sind die Sensorvorrichtungen 44, 46 in einem Winkelabstand von 90 Grad montiert. Die Sensorvorrichtungen 44, 46 erzeugen Rohsignale 48, 50, die Spalte zwischen der rotierenden Komponente 40 und dem stationären Gehäuse 42 kennzeichnen. Insbesondere erzeugt die Sensorvorrichtung 44 die Signale 48, und die Sensorvorrichtung 46 erzeugt die Signale 50.

**[0037]** In einer Ausführungsform kennzeichnen die Rohsignale 48, 50 die Spalte zwischen einer inneren Spitze jeder der Sensorvorrichtungen 44, 46 und einer äusseren Oberfläche der rotierenden Komponente 40. Die Signale 48 kennzeichnen beispielsweise den Spaltabstand  $d$  zwischen der unteren Spitze der Sensorvorrichtung 44 und der äusseren Oberfläche der rotierenden Komponente 40. Man beachte, dass, wenn die Grössen der Sensorvorrichtungen 44, 46 vernachlässigbar sind, die Rohsignale 48, 50 Spaltabstände zwischen der rotierenden Komponente 40 und dem stationären Gehäuse 42 kennzeichnen. Wenn insbesondere die Grössen der Sensorvorrichtungen 44, 46 vernachlässigbar sind, kennzeichnen die Rohsignale 48, 50 die Spaltabstände zwischen der äusseren Oberfläche der rotierenden Komponente 40 und der inneren Oberfläche des stationären Gehäuses 42. Nachfolgend soll hier die Formulierung «Spalte zwischen einer rotierenden Komponente und einem stationären Gehäuse» «Spalte zwischen einer unteren Spitze einer Sensorvorrichtung (die Sensorvorrichtung ist an einem stationären Gehäuse befestigt, das eine rotierende Komponente umgibt) und einer äusseren Oberfläche der rotierenden Komponente» umfassen.

**[0038]** Das System 10 weist ferner ein Verarbeitungssubsystem 52 auf, das im Betrieb mit den Sensorvorrichtungen 44, 46 gekoppelt ist. In einer Ausführungsform kann das Verarbeitungssubsystem 52 beispielsweise in einer drahtlosen oder verdrahteten Kommunikationsverbindung mit den Sensorvorrichtungen 44, 46 stehen. Das Verarbeitungssubsystem 52 empfängt die Rohsignale 48, 50 von den Sensorvorrichtungen 44, 46. Ferner verarbeitet das Verarbeitungssubsystem 52 die Rohsignale 48, 50, um Rauschen aus den Rohsignalen 48, 50 zu entfernen. Das Verarbeitungssubsystem 52 verarbeitet ferner die Rohsignale 48, 50, um die Defekte oder die potenziellen Defekte in der rotierenden Komponente 40 zu bestimmen. Die Defekte oder die potenziellen Defekte können beispielsweise eine(n) oder mehrere Dellen oder Knicke in der rotierenden Komponente 40 oder einen freigesetzten Teil der rotierenden Komponente 40 aufweisen. In einer Ausführungsform kann der Defekt oder der potenzielle Defekt einen herausgelösten Teil eines der Deckbandelemente 24, 26, 28, 30 aufweisen.

**[0039]** Das Verarbeitungssubsystem 52 verarbeitet die Rohsignale 48, 50, um zur Erzeugung von (nicht gezeigten) verarbeiteten Signalen Rauschen aus den Rohsignalen 48, 50 zu entfernen. Ferner wählt das Subsystem 52 aus den Rohsignalen 48, 50 ein erstes Fenster von Signalen und ein zweites Fenster von Signalen aus. Das zweite Fenster von Signalen ist eine Untermenge des ersten Fensters von Signalen. Ferner ist das erste Fenster von Signalen breiter als das zweite Fenster von Signalen. Der Begriff «erstes Fenster von Signalen» soll hier nachfolgend als «breiteres Fenster von Signalen» bezeichnet werden. Der Begriff «zweites Fenster von Signalen» soll hier nachfolgend als «schmäleres Fenster von Signalen» bezeichnet werden. Nachfolgend bestimmt das Verarbeitungssubsystem 52 einen zu dem breiteren Fenster von Signalen zugehörigen ersten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswert und einen zu dem schmäleren Fenster von Signalen zugehörigen zweiten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswert. Das Verarbeitungssubsystem 52 bestimmt einen resultierenden Wert auf der Basis des ersten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswerts und des zweiten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswerts. Zusätzlich ermittelt das Verarbeitungssubsystem 52 die Defekte in der rotierenden Komponente auf der Basis des resultierenden Wertes. Die Bestimmung des einen oder der mehreren Defekte oder potenziellen Defekte in der rotierenden Komponente soll detaillierter unter Bezugnahme auf Fig. 2 und Fig. 3 erläutert werden.

**[0040]** Fig. 2 ist ein Flussdiagramm, das ein beispielhaftes Verfahren 200 zur Bestimmung eines oder mehrerer Defekte oder potenzieller Defekte in einer rotierenden Komponente gemäss bestimmten Aspekten der vorliegenden Techniken veranschaulicht. In 202 werden Rohsignale 204 erzeugt, die Spalte zwischen der rotierenden Komponente und einem stationären Gehäuse kennzeichnen. Die Rohsignale 204 können beispielsweise die Rohsignale 48, 50 sein. Die Rohsignale 204 können beispielsweise von den Sensorvorrichtungen 44, 46 (siehe Fig. 1) erzeugt werden. Die rotierende Komponente kann beispielsweise die rotierende Komponente 40 sein. Das stationäre Gehäuse kann beispielsweise das stationäre Gehäuse 42 sein.

**[0041]** In 206 werden die Rohsignale 204 von einem Verarbeitungssubsystem empfangen. Das Verarbeitungssubsystem kann beispielsweise das Verarbeitungssubsystem 52 sein (siehe Fig. 1). Ferner werden in 208 anfängliche Signale 210 erzeugt, indem eine zeitsynchrone Mittelwertbildungstechnik auf die Rohsignale 204 angewendet wird. Die Anwendung der zeitsynchronen Mittelwertbildungsmethode auf die Rohsignale 204 entfernt oder mittelt asynchrones Rauschen aus den Rohsignalen 204 heraus, um die anfänglichen Signale 210 zu erzeugen. Die anfänglichen Signale 210 kennzeichnen die Spaltabstände zwischen der rotierenden Komponente und dem stationären Gehäuse. Nachfolgend können in 212 sekundäre Signale 214 erzeugt werden, indem eine oder mehrere Filterungstechniken auf die anfänglichen Signale 210 angewendet werden. Die eine oder mehreren Filterungstechniken umfassen beispielsweise ein Savitzky-Golay-Glättungsfilter, ein Filter mit gleitendem Mittelwert, ein Filter mit gewichtetem gleitendem Mittelwert, ein Mittelwertfilter, ein Median-Filter, ein Wiener-Filter, ein Kaiman-Filter oder dergleichen. Die eine oder mehreren Filterungstechniken kann/können andere Glättungstechniken umfassen. Die Anwendung der einen oder mehreren Filtertechniken entfernt Rauschen aus den anfänglichen Signalen 210, um die sekundären Signale 214 zu erzeugen. Die sekundären Signale 214 kennzeichnen wiederum die Spaltabstände zwischen der rotierenden Komponente und dem stationären Gehäuse.

**[0042]** In dieser Ausführungsform wird in 216 wenigstens ein dynamischer Schwellenwert auf der Basis der sekundären Signale 214 erzeugt. In einer Ausführungsform wird der dynamische Schwellenwert erzeugt, indem eine mittlere absolute Abweichung der sekundären Signale 214 bestimmt wird. Der dynamische Schwellenwert kann beispielsweise bestimmt werden, indem die folgende Gleichung verwendet wird:

$$DT_i = \text{Median}_j(X_j) \pm 3 \times 1.4826(\text{Median}_i(|X_i - \text{Median}_j(X_j)|)) \quad (1),$$

wobei  $DT_i$  der dynamische Schwellenwert zum Zeitpunkt bzw. Zeitstempel  $i$  ist,  $X_i$  ein Datenpunkt der sekundären Signale 214 oder der anfänglichen Signale 210 oder der Rohsignale 204 ist, der zu dem Zeitpunkt  $i$  erzeugt wird,  $X_j$  mehrere Datenpunkte der sekundären Signale 214 oder der anfänglichen Signale 210 oder der Rohsignale 204 repräsentiert, die während eines Zeitraums  $j$  erzeugt werden, wobei  $j$  den Zeitpunkt  $i$  umfasst. Man beachte, dass in der derzeit erwogenen Konfiguration der dynamische Schwellenwert unter Verwendung der Rohsignale 204, der anfänglichen Signale 210 oder der sekundären Signale 214 erzeugt wird, die zur Erkennung der Defekte in der rotierenden Komponente verwendet werden. Dementsprechend wird der dynamische Schwellenwert in diesem Beispiel nicht unter Verwendung historischer Signale oder Daten erzeugt.

**[0043]** In 218 werden die Defekte oder die potenziellen Defekte in der rotierenden Komponente oder mögliche Systemfehler bestimmt. In einer Ausführungsform werden die Defekte oder die potenziellen Defekte auf der Basis des dynamischen Schwellenwerts und der sekundären Signale 214 bestimmt. Wenn z.B. die sekundären Signale 214 den dynamischen Schwellenwert schneiden, können ein oder mehrere Defekte in der rotierenden Komponente bestimmt werden. In einer weiteren Ausführungsform können die Defekte oder die potenziellen Defekte auf der Basis der anfänglichen Signale 210 und des dynamischen Schwellenwerts bestimmt werden. Wenn z.B. die anfänglichen Signale 210 den dynamischen Schwellenwert schneiden, können ein oder mehrere Defekte in der rotierenden Komponente bestimmt werden. In einer noch weiteren Ausführungsform können die Defekte oder die potenziellen Defekte auf der Basis des dynamischen Schwellenwerts und der Rohsignale 204 bestimmt werden. Wenn z.B. die Rohsignale 204 den dynamischen Schwellenwert schneiden, können ein oder mehrere Defekte oder potenzielle Defekte in der rotierenden Komponente bestimmt werden. Die Bestimmung des einen oder der mehreren Defekte oder potenziellen Defekte in der rotierenden Komponente gemäss einer Ausführungsform ist unter Bezugnahme auf Fig. 3 gezeigt.

**[0044]** Fig. 3 ist ein Flussdiagramm eines beispielhaften Verfahrens 300 zur Bestimmung eines oder mehrerer Defekte oder potenzieller Defekte in der rotierenden Komponente oder möglicher Systemfehler gemäss einer Ausführungsform der vorliegenden Techniken. In einer Ausführungsform erläutert Fig. 3 detaillierter die Bestimmung eines oder mehrerer Defekte oder potenzieller Defekte 218 aus Fig. 2. Das Verfahren beginnt mit Spaltsignalen 302 und einem dynamischen Schwellenwert 304. Die Spaltsignale 302 können beispielsweise die Rohsignale 48, 50 (siehe Fig. 1) oder die Rohsignale 204 (siehe Fig. 2) sein, die die Spaltabstände zwischen der rotierenden Komponente und dem stationären Gehäuse kennzeichnen. In einer Ausführungsform können die Spaltsignale 302 die anfänglichen Signale 210 (siehe Fig. 2) sein. In einer noch weiteren Ausführungsform können die Spaltsignale 302 die sekundären Signale 214 (siehe Fig. 2) sein. Der dynamische Schwellenwert 304 kann beispielsweise der im Schritt 216 in Fig. 2 erzeugte dynamische Schwellenwert sein.

**[0045]** In 306 werden ein erstes Fenster von Signalen und ein zweites Fenster von Signalen aus den Spaltsignalen 302 ausgewählt. Das erste Fenster von Signalen und das zweite Fenster von Signalen sind beispielsweise Untermengen der Spaltsignale 302. Das erste Fenster von Signalen ist beispielsweise breiter als das zweite Fenster von Signalen. Dementsprechend ist die Länge oder Zeitdauer des ersten Fensters von Signalen im Vergleich zu der Länge oder Zeitraumlänge des zweiten Fensters von Signalen grösser. Auf den Begriff «erstes Fenster von Signalen» soll nachfolgend als «breiteres Fenster von Signalen» Bezug genommen werden. Auf den Begriff «zweites Fenster von Signalen» soll nachfolgend als «schmäleres Fenster von Signalen» Bezug genommen werden. Das schmalere Fenster von Signalen ist beispielsweise eine Untermenge des breiteren Fensters von Signalen. In einer Ausführungsform kennzeichnet das breitere Fenster von Signalen eine Untermenge der Spalte zwischen der rotierenden Komponente und dem stationären Gehäuse während einer bestimmten Anzahl von Umdrehungen der rotierenden Komponente. In einer weiteren Ausführungsform kennzeichnet das breitere Fenster von Signalen eine Untermenge der Spalte zwischen der rotierenden Komponente und dem stationären Gehäuse während einer einzigen Umdrehung der rotierenden Komponente. Das breitere Fenster von Signalen kann bei-

spielsweise Spaltdaten aufweisen, die die gleiche Länge aufweisen, wie die Länge der Daten einer einzigen Umdrehung der rotierenden Komponente. Man beachte, dass ein Phasenlagesignal oder ein anderes ähnliches Signal verwendet werden kann, um die Vollendung einer Umdrehung der rotierenden Komponente zu erkennen. Darüber hinaus kennzeichnet das schmalere Fenster von Signalen eine Untermenge der Spalte zwischen einem Abschnitt des Umfangs der rotierenden Komponente und dem stationären Gehäuse. Der Abschnitt des Umfangs der rotierenden Komponente kann beispielsweise mit der Spitzenlänge einer Schaufel an mehreren von der rotierenden Komponente abgedeckten Schaufeln gleich sein. Man beachte, dass, während in der derzeit erwogenen Konfiguration ein einziges schmaleres Fenster von Signalen ausgewählt wird, in bestimmten Ausführungsformen mehrere schmalere Fenster von Signalen ausgewählt werden können. In einer Ausführungsform, in der die schmalere Fenster von Signalen ausgewählt werden, sind ein oder mehrere der schmalere Fenster von Signalen Untermengen des breiteren Fensters von Signalen.

**[0046]** Darüber hinaus wird in 308 ein erster vorzeichenbehafteter durchschnittlicher Leistungswert, der dem breiteren Fenster von Signalen entspricht, bestimmt. Der erste vorzeichenbehaftete durchschnittliche Leistungswert wird auf Basis des breiteren Fensters von Signalen bestimmt. In 310 wird ein zweiter vorzeichenbehafteter durchschnittlicher Leistungswert, der dem schmaleren Fenster von Signalen entspricht, bestimmt. Der zweite vorzeichenbehaftete durchschnittliche Leistungswert wird auf Basis des schmaleren Fensters von Signalen bestimmt. Der erste vorzeichenbehaftete durchschnittliche Leistungswert und der zweite vorzeichenbehaftete durchschnittliche Leistungswert können z.B. unter Verwendung der folgenden Gleichung bestimmt werden:

$$\text{Vorzeichenbehaftete durchschnittliche Leistung} = \text{Avg.}(\text{sign}(v(t)) * v^2(t)) \quad (2),$$

wobei  $v(t)$  einen momentanen Spannungswert des breiteren Fensters von Signalen oder des schmaleren Fensters von Signalen kennzeichnet. Man beachte, dass, wenn die mehreren schmalere Fenster von Signalen ausgewählt werden, mehrere zweite vorzeichenbehaftete durchschnittliche Leistungswerte bestimmt werden.

**[0047]** In 312 wird ein resultierender Wert bestimmt. In einer Ausführungsform wird der resultierende Wert auf der Basis des ersten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswerts und des zweiten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswerts bestimmt. Der resultierende Wert wird beispielsweise bestimmt, indem der erste vorzeichenbehaftete durchschnittliche Leistungswert von dem zweiten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswert abgezogen wird oder umgekehrt. Der resultierende Wert kann beispielsweise bestimmt werden, indem die folgende Gleichung verwendet wird:

$$\text{Resultierender Wert} = \text{Avg.}(\text{sign}(v(t)|_{w_1}) * v^2(t)|_{w_1}) - \text{Avg.}(\text{sign}(v(t)|_{w_2}) * v^2(t)|_{w_2}) \quad (3)$$

wobei  $v(t)|_{w_1}$  momentane Spannungswerte für die breiteren Fenster von Signalen kennzeichnet und  $v(t)|_{w_2}$  momentane Spannungswerte für die schmalere Fenster von Signalen kennzeichnet. Man beachte, dass, wenn mehrere der zweiten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswerte bestimmt werden, mehrere resultierende Werte auf der Basis der ersten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswerte und der zweiten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswerte bestimmt werden.

**[0048]** Nachfolgend werden in 314 ein oder mehrere Defekte oder potenzielle Defekte in der rotierenden Komponente oder Systemfehler bestimmt. In einer Ausführungsform werden die Defekte oder potenzielle Defekte auf der Basis des resultierenden Wertes bestimmt. Wenn beispielsweise der resultierende Wert etwa Null beträgt, kann bestimmt werden, dass keine Defekte in der rotierenden Komponente vorliegen. In einer weiteren Ausführungsform können die Defekte auf der Basis des resultierenden Wertes und des dynamischen Schwellenwerts 304 bestimmt werden. Wenn z.B. der dynamische Schwellenwert 304 den resultierende Wert schneidet oder durchläuft, kann bestimmt werden, dass in der rotierenden Komponente ein oder mehrere Defekte vorliegen.

**[0049]** Fig. 4a ist eine graphische Darstellung 400 eines simulierten Signals 402, das Spaltabstände zwischen einer Deckbandanordnung und einem die Deckbandanordnung umgebenden stationären Gehäuse kennzeichnet. Das Signal 402 ist ähnlich den Rohsignalen 48, 50, auf die in Fig. 1 Bezug genommen wird, und den Rohsignalen 204, auf die in Fig. 2 Bezug genommen wird. Die X-Achse 404 des Graphen 400 kennzeichnet den Zeitpunkt bzw. -stempel, und die Y-Achse 406 des Graphen 400 kennzeichnet die Spannung des Signals 402. Das Signal 402 weist Rauschen auf. Deshalb wird eine zeitsynchrone Mittelwertbildungstechnik auf das Signal 402 angewendet, um ein in Fig. 4b gezeigtes anfängliches Signal 408 zu erzeugen.

**[0050]** Fig. 4b ist eine graphische Darstellung 410 des anfänglichen Signals 408, das Spaltabstände zwischen der Deckbandanordnung und dem stationären Gehäuse, das die Deckbandanordnung umgibt, kennzeichnet. Wie aus dem anfänglichen Signal 408 ersichtlich, weist das anfängliche Signal 408 im Vergleich zu dem Signal 402 weniger Rauschen auf. Darüber hinaus wird ein Savitzky-Golay-Filter auf das anfängliche Signal 408 angewendet, um ein in Fig. 4c gezeigtes sekundäres Signal 412 zu erzeugen. Das anfängliche Signal 408 kann z.B. durch die anfänglichen Signale 210 gebildet sein (siehe Fig. 2).

**[0051]** Fig. 4c ist eine graphische Darstellung 414 des sekundären Signals 412, das Spaltabstände zwischen der Deckbandanordnung und dem die Deckbandanordnung umgebenden stationären Gehäuse kennzeichnet. Das sekundäre Signal 412 ist beispielsweise dem sekundären Signal 214 ähnlich, auf das in Fig. 2 Bezug genommen wird. Die X-Achse 416 des sekundären Signals 412 kennzeichnet den Zeitpunkt bzw. -stempel, und die Y-Achse 418 des sekundären Signals 412



kennzeichnet die Spannung des sekundären Signals 412. In der derzeit erwogenen Konfiguration wird ein erstes Fenster von Signalen 420 ausgewählt (auf das hier nachfolgend als ein breiteres Fenster von Signalen Bezug genommen wird). Insbesondere wird eine Untermenge der sekundären Signale 412 mit einer Zeitraumlänge  $T_1$  ausgewählt. Die Zeitraumlänge  $T_1$  ist beispielsweise einer Länge der Spaltsignale ähnlich, die während einer Umdrehung der rotierenden Komponente erzeugt werden. Darüber hinaus wird ein zweites Fenster von Signalen 422 ausgewählt (auf das hier nachfolgend als ein schmäleres Fenster von Signalen Bezug genommen wird). Insbesondere wird eine Untermenge der sekundären Signale 412 mit einer Zeitraumlänge  $T_2$  ausgewählt. Wie in Fig. 4c gezeigt, ist die Zeitraumlänge  $T_2$  kleiner als die Zeitraumlänge  $T_1$ . Dementsprechend ist die Zeitraumlänge  $T_1$  des breiteren Fensters der Signale 420 grösser als die Zeitraumlänge  $T_2$  des schmäleren Fensters der Signale 422. Wie in Fig. 4c gezeigt, ist das schmalere Fenster von Signalen 422 eine Untermenge des breiteren Fensters von Signalen 420. Es wird ein zu dem breiteren Fenster von Signalen 420 zugehöriger erster vorzeichenbehafteter durchschnittlicher Leistungswert bestimmt, und es wird ein zu dem schmäleren Fenster von Signalen 422 zugehöriger zweiter vorzeichenbehafteter durchschnittlicher Leistungswert bestimmt. In der derzeit erwogenen Konfiguration wird ein (nicht gezeigter) erster resultierender Wert auf der Basis des ersten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswerts und des zweiten Vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswerts bestimmt.

**[0052]** Ausserdem wird das breitere Fenster von Signalen 420 um einen bestimmten Zeitraum  $T_3$  verschoben/bewegt. Zur Vereinfachung des Verständnisses wird auf das verschobene breitere Fenster von Signalen mit dem Bezugsnummer 424 Bezug genommen. In dieser Ausführungsform weist das Verschieben oder Bewegen des breiteren Fensters von Signalen 420 das Auswählen einer anderen Untermenge von Signalen auf, die eine ähnliche Zeitraumlänge hat wie eine Zeitraumlänge eines vorherigen breiteren Fensters von Signalen. Die Zeitraumlänge des breiteren Fensters von Signalen 420 und des verschobenen breiteren Fensters von Signalen 424 beträgt beispielsweise  $T_1$ . Darüber hinaus wird das schmalere Fenster von Signalen 422 um den Zeitraum  $T_3$  verschoben/bewegt. Zur Vereinfachung des Verständnisses wird auf das verschobene schmalere Fenster von Signalen mit dem Bezugszeichen 426 Bezug genommen. Es werden ein nachfolgender erster vorzeichenbehafteter durchschnittlicher Leistungswert, der dem verschobenen breiteren Fenster von Signalen 424 entspricht, und ein nachfolgender zweiter vorzeichenbehafteter durchschnittlicher Leistungswert, der dem verschobenen schmäleren Fenster von Signalen 426 entspricht, bestimmt. Darüber hinaus wird ein nachfolgender resultierender Wert auf der Basis des zu dem verschobenen breiteren Fenster von Signalen 424 zugehörigen nachfolgenden ersten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswerts und des zu dem verschobenen schmäleren Fenster von Signalen 426 zugehörigen nachfolgenden zweiten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswerts bestimmt.

**[0053]** Nachfolgend werden das verschobene breitere Fenster von Signalen 424 und das verschobene schmalere Fenster von Signalen 426 wiederholt verschoben. Der Prozess des Verschiebens des breiteren Fensters von Signalen und des schmäleren Fensters von Signalen wird zur Bestimmung der zu den verschobenen breiteren Fenstern von Signalen zugehörigen nachfolgenden ersten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswerte und der zu den verschobenen schmäleren Fenstern von Signalen zugehörigen nachfolgenden zweiten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswerte mehrere Male wiederholt. Darüber hinaus werden zu den verschobenen breiteren Fenstern von Signalen und den verschobenen schmäleren Fenstern von Signalen zugehörige nachfolgende resultierende Werte ermittelt. Die nachfolgenden resultierenden Werte werden beispielsweise auf der Basis der nachfolgenden ersten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswerte und der nachfolgenden zweiten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswerte bestimmt. Ein nachfolgender resultierender Wert wird z.B. auf der Basis einer jeweiligen nachfolgenden ersten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswertes und eines jeweiligen nachfolgenden zweiten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswertes bestimmt. Die nachfolgenden resultierenden Werte, einschliesslich des ersten resultierenden Wertes, werden beispielsweise auf einen Graphen abgebildet, um ein resultierendes Wertesignal 426 zu erzeugen. Das resultierende Wertesignal 426, das unter Verwendung des ersten resultierenden Wertes und der nachfolgenden resultierenden Werte erzeugt wird, ist in Fig. 4d gezeigt.

**[0054]** Indem nun auf Fig. 4d Bezug genommen wird, ist eine graphische Darstellung 428 des resultierenden Wertesignals 426 gezeigt. Die X-Achse 430 des Graphen 428 kennzeichnet einen Zeitpunkt bzw. Zeitstempel, und die Y-Achse 432 des Graphen 428 kennzeichnet die Leistung des resultierenden Wertesignals 426. Darüber hinaus kennzeichnet das Bezugszeichen 434 einen dynamischen Schwellenwert. Ferner wird in der derzeit erwogenen Konfiguration der dynamische Schwellenwert 434 generiert, indem eine mittlere absolute Abweichung des resultierenden Wertesignals 426 bestimmt wird. Wie in Fig. 4d gezeigt, schneidet der dynamische Schwellenwert 434 das resultierende Wertesignal 426 in einem ersten Punkt 436 und einem zweiten Punkt 438, und deshalb können ein oder mehrere Defekte oder potenzielle Defekte in der rotierenden Komponente oder potenzielle Systemfehler definiert werden.

**[0055]** Fig. 5a und Fig. 5b zeigen ein Flussdiagramm, das ein beispielhaftes Verfahren 500 zur Bestimmung eines oder mehrerer Defekte oder potenzieller Defekte in einer rotierenden Komponente oder potenzieller Systemfehler gemäss einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Techniken veranschaulicht. In einer Ausführungsform erläutert Fig. 5 die Bestimmung des einen oder der mehreren Defekte oder potenziellen Defekte 218 aus Fig. 2 in grösseren Einzelheiten. Die Spaltsignale 502 können beispielsweise die Rohsignale 204 (siehe Fig. 2) sein, die die Spaltabstände zwischen der rotierenden Komponente und dem stationären Gehäuse (siehe Fig. 2) kennzeichnen. In einer Ausführungsform können die Spaltsignale 502 die anfänglichen Signale 210 sein (siehe Fig. 2). In einer noch weiteren Ausführungsform können die Spaltsignale 502 die sekundären Signale 214 sein (siehe Fig. 2). In einer noch weiteren Ausführungsform können die Spaltsignale 502 die Spaltsignale 302 (siehe Fig. 3) oder die Rohsignale 48, 50 (siehe Fig. 2) sein.

**[0056]** In 504 können ein erstes Fenster von Signalen und ein zweites Fenster von Signalen aus den Spaltsignalen 502 ausgewählt werden. In 506 werden ein zu dem ersten Fenster von Signalen zugehöriger erster vorzeichenbehafteter durchschnittlicher Leistungswert und ein zu dem zweiten Fenster von Signalen zugehöriger zweiter vorzeichenbehafteter durchschnittlicher Leistungswert bestimmt. Nachfolgend wird in 508 ein erster resultierender Wert auf der Basis des zu dem ersten Fenster von Signalen zugehörigen ersten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswerts und des zu dem zweiten Fenster von Signalen zugehörigen zweiten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswerts bestimmt. Wie vorstehend bemerkt, wird der erste resultierende Wert durch Subtraktion des zu dem zweiten Fenster von Signalen zugehörigen zweiten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswerts von dem zu dem ersten Fenster von Signalen zugehörigen ersten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswert bestimmt. In 510 wird der erste resultierende Wert zu der Liste resultierender Werte 512 hinzugefügt. Darüber hinaus wird in 514 eine Überprüfung durchgeführt um festzustellen, ob das erste Fenster von Signalen und das zweite Fenster von Signalen für eine bestimmte Anzahl von Malen verschoben/bewegt wurden. Wenn in 514 festgestellt wird, dass das erste Fenster von Signalen und das zweite Fenster von Signalen nicht eine bestimmte Anzahl von Malen verschoben/bewegt wurden, geht die Steuerung zu 516 über. In 516 werden das erste Fenster von Signalen und das zweite Fenster von Signalen um einen bestimmten Zeitraum verschoben. Das erste Fenster von Signalen und das zweite Fenster von Signalen können beispielsweise in einer ähnlichen Weise, wie Bezugnehmend auf Fig. 4c beschrieben, verschoben werden.

**[0057]** In 518 können ein zu dem verschobenen ersten Fenster von Signalen zugehöriger nachfolgender erster vorzeichenbehafteter durchschnittlicher Leistungswert und ein zu dem verschobenen zweiten Fenster von Signalen zugehöriger nachfolgender zweiter vorzeichenbehafteter durchschnittlicher Leistungswert bestimmt werden. Nachfolgend wird in 520 auf der Basis des zu dem verschobenen ersten Fenster von Signalen zugehörigen nachfolgenden ersten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswerts und des zu dem verschobenen zweiten Fenster von Signalen zugehörigen nachfolgenden zweiten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswerts ein nachfolgender resultierender Wert bestimmt. Nachfolgend wird in 510 der nachfolgende resultierende Wert zu der Liste resultierender Werte 512 hinzugefügt. Ferner geht die Steuerung zu 514 über. Erneut wird in 514 eine Überprüfung durchgeführt um festzustellen, ob das erste Fenster von Signalen und das zweite Fenster von Signalen die bestimmte Anzahl von Malen verschoben/bewegt wurden. Entsprechend werden 516–520 und 510 die bestimmte Anzahl von Malen wiederholt, bis das erste Fenster von Signalen und das zweite Fenster von Signalen die bestimmte Anzahl von Malen verschoben wurden. Dementsprechend weist die resultierende Wertliste 512 aufgrund mehrerer Wiederholungen von 516–520 und 510 mehrere resultierende Werte, einschliesslich des ersten resultierenden Wertes und des nachfolgenden resultierenden Wertes, auf.

**[0058]** Wenn in 514 festgestellt wird, dass das erste Fenster von Signalen und das zweite Fenster von Signalen nicht eine bestimmte Anzahl Male verschoben wurden, geht die Steuerung zu 522 über. Bezug nehmend nun auf Fig. 5b wird in 522 ein resultierendes Wertesignal unter Verwendung der resultierende Wertliste 512 erzeugt. Insbesondere wird das resultierende Wertesignal unter Verwendung der mehreren resultierende Werte in der resultierende Wertliste 512 erzeugt. Das resultierende Wertesignal ist beispielsweise dem in Fig. 4d gezeigten resultierenden Wertesignal 426 ähnlich. Nachfolgend werden in 524 die Defekte oder potenziellen Defekte in der rotierenden Komponente oder Systemfehler auf der Basis des resultierenden Wertesignals und eines dynamischen Schwellenwerts 526 bestimmt. In der derzeit erwogenen Konfiguration wird der dynamische Schwellenwert 526 erzeugt, indem eine mittlere absolute Abweichung des resultierenden Wertesignals bestimmt wird. In bestimmten Ausführungsformen kann der dynamische Schwellenwert 526 erzeugt werden, indem eine mittlere absolute Abweichung der Spaltsignale 502 bestimmt wird. Der dynamische Schwellenwert 526 kann beispielsweise dem dynamischen Schwellenwert 434 (siehe Fig. 4d) oder dem in 216 in Fig. 2 erzeugten dynamischen Schwellenwert ähnlich sein. Man beachte, dass, während Fig. 5a und Fig. 5b das beispielhafte Verfahren 500 zeigen, in dem das Verfahren in 524 endet, das Verfahren 500 jedoch während eines Betriebs der rotierenden Komponente fortlaufend ausgeführt werden kann. Dementsprechend kann das Verfahren 500 fortlaufend ausgeführt werden, um den einen oder die mehreren Defekte, die potenziellen Defekte in der rotierenden Komponente oder die Systemfehler in Echtzeit zu überwachen.

**[0059]** Während hierin lediglich bestimmte Merkmale der Erfindung veranschaulicht und beschrieben sind, werden Fachleuten vielfältige Modifikationen und Änderungen einfallen. Es soll deshalb verständlich sein, dass die beigefügten Ansprüche alle solche Modifikationen und Änderungen abdecken sollen, die den wahren Rahmen der Erfindung fallen.

**[0060]** Es wird ein Verfahren präsentiert. Das Verfahren enthält ein Auswählen eines ersten Fensters von Signalen und eines zweiten Fensters von Signalen aus Spaltsignalen, die Spaltabstände zwischen einer rotierenden Komponente und einem die rotierende Komponente umgebenden stationären Gehäuse kennzeichnen, Bestimmen eines zu dem ersten Fenster von Signalen zugehörigen ersten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswertes und eines zu dem zweiten Fenster von Signalen zugehörigen zweiten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswertes, Bestimmen eines resultierenden Wertes auf der Basis des ersten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswertes und des zweiten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswertes und Bestimmen eines oder mehrerer Defekte oder potenzieller Defekte in der rotierenden Komponente auf der Basis des resultierenden Wertes.

## Patentansprüche

1. Verfahren, das aufweist:

Auswählen eines ersten Fensters von Signalen und eines zweiten Fensters von Signalen aus Spaltsignalen, die Spaltabstände zwischen einer rotierenden Komponente und einem die rotierende Komponente umgebenden stationären Gehäuse kennzeichnen;

Bestimmen eines zu dem ersten Fenster von Signalen zugehörigen ersten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswertes und eines zu dem zweiten Fenster von Signalen zugehörigen zweiten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswertes;

Bestimmen eines resultierenden Wertes auf der Basis des ersten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswertes und des zweiten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswertes; und

Bestimmen eines oder mehrerer Defekte oder potenzieller Defekte in der rotierenden Komponente auf der Basis des resultierenden Wertes.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das zweite Fenster von Signalen eine Untermenge des ersten Fensters von Signalen ist; und/oder wobei das erste Fenster von Signalen und das zweite Fenster von Signalen Untermengen der Spaltsignale sind.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei das erste Fenster von Signalen eine Untermenge Spaltabstände zwischen der rotierenden Komponente und dem stationären Gehäuse während einer einzigen Umdrehung der rotierenden Komponente kennzeichnet; und/oder wobei das erste Fenster von Signalen eine Untermenge der Spaltabstände zwischen der rotierenden Komponente und dem stationären Gehäuse während einer bestimmten Anzahl von Umdrehungen der rotierenden Komponente kennzeichnet; und/oder wobei das zweite Fenster von Signalen eine Untermenge der Spaltabstände zwischen einem Abschnitt des Umfangs der rotierenden Komponente und dem stationären Gehäuse kennzeichnet.
4. Verfahren nach einem beliebigen der vorstehenden Ansprüche, das ferner ein Erzeugen eines dynamischen Schwellenwertes auf der Basis der Spaltsignale aufweist, wobei das Erzeugen des dynamischen Schwellenwertes vorzugsweise ein Bestimmen der mittleren absoluten Abweichung der Spaltsignale aufweist; und/oder das ferner ein Bestimmen des einen oder der mehreren Defekte auf der Basis des resultierenden Wertes und des dynamischen Schwellenwertes aufweist.
5. Verfahren nach einem beliebigen der vorstehenden Ansprüche, das ferner aufweist:  
Empfangen von Rohsignalen, die die Spaltabstände zwischen der rotierenden Komponente und dem die rotierende Komponente umgebenden stationären Gehäuse kennzeichnen, von wenigstens einer Sensorvorrichtung;  
Erzeugen anfänglicher Signale durch Anwendung einer zeitsynchronen Mittelwertbildungstechnik auf die Rohsignale; und  
Erzeugen sekundärer Signale durch Anwendung eines Glättungsfilters auf die anfänglichen Signale, wobei die sekundären Signale die Spaltsignale sind.
6. Verfahren nach einem beliebigen der vorstehenden Ansprüche, das ferner aufweist:  
wiederholtes Verschieben des ersten Fensters von Signalen und des zweiten Fensters von Signalen zur Bestimmung nachfolgender erster vorzeichenbehafteter durchschnittlicher Leistungswerte und nachfolgender zweiter vorzeichenbehafteter durchschnittlicher Leistungswerte;  
Bestimmen mehrerer nachfolgender resultierender Werte auf der Basis der nachfolgenden ersten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswerte und der nachfolgenden zweiten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswerte;  
Erzeugen eines resultierenden Wertesignals auf der Basis des resultierenden Wertes und der mehreren nachfolgenden resultierenden Werte; und  
Bestimmen des einen oder der mehreren Defekte oder der potenziellen Defekte in der rotierenden Komponente auf der Basis des resultierenden Wertesignals.
7. Verfahren, das aufweist:  
Auswählen eines ersten Fensters von Signalen und eines zweiten Fensters von Signalen aus Spaltsignalen, die Spaltabstände zwischen einer rotierenden Komponente und einem die rotierende Komponente umgebenden stationären Gehäuse kennzeichnen;  
Bestimmen eines zu dem ersten Fenster von Signalen zugehörigen ersten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswertes und eines zu einem zweiten Fenster von Signalen zugehörigen zweiten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswertes;  
Bestimmen eines ersten resultierenden Wertes auf der Basis des ersten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswertes und des zweiten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswertes;  
wiederholtes Verschieben des ersten Fensters von Signalen und des zweiten Fensters von Signalen zur Bestimmung nachfolgender erster vorzeichenbehafteter durchschnittlicher Leistungswerte und nachfolgender zweiter vorzeichenbehafteter durchschnittlicher Leistungswerte;  
Bestimmen mehrerer nachfolgender resultierender Werte auf der Basis der nachfolgenden ersten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswerte und der nachfolgenden zweiten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswerte;  
Erzeugen eines resultierenden Wertesignals auf der Basis des ersten resultierenden Wertes und der mehreren nachfolgenden resultierenden Werte; und

Bestimmen eines oder mehrerer Defekte oder potenzieller Defekte in der rotierenden Komponente auf der Basis des resultierenden Wertesignals.

8. Verfahren, das aufweist:

Auswählen eines breiteren Fensters von Signalen und eines schmälere Fensters von Signalen aus Spaltsignalen, die Spaltabstände zwischen einer rotierenden Komponente und einem die rotierende Komponente umgebenden stationären Gehäuse kennzeichnen;

Bestimmen eines ersten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswertes, das zu dem breiteren Fenster von Signalen gehört, und eines zweiten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswertes, das zu dem schmälere Fenster von Signalen gehört;

Bestimmen eines ersten resultierenden Wertes auf der Basis des ersten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswertes und des zweiten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswertes;

wiederholtes Verschieben des breiteren Fensters von Signalen und des schmälere Fensters von Signalen zur Bestimmung nachfolgender erster vorzeichenbehafteter durchschnittlicher Leistungswerte und nachfolgender zweiter vorzeichenbehafteter durchschnittlicher Leistungswerte;

Bestimmen mehrerer nachfolgender resultierende Werte auf der Basis der nachfolgenden ersten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswerte und der nachfolgenden zweiten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswerte;

Erzeugen eines resultierenden Wertesignals auf der Basis des ersten resultierenden Wertes und der mehreren nachfolgenden resultierende Werte;

Erzeugen eines dynamischen Schwellenwerts durch Bestimmung einer mittleren absoluten Abweichung des resultierenden Wertesignals; und

Bestimmen eines oder mehrerer Defekte oder potenzieller Defekte in der rotierenden Komponente auf der Basis des resultierenden Wertesignals und des dynamischen Schwellenwerts.

9. System, das aufweist:

ein Verarbeitungssystem, das:

ein erstes Fenster von Signalen und ein zweites Fenster von Signalen aus Spaltsignalen, die Spaltabstände zwischen einer rotierenden Komponente und einem die rotierende Komponente umgebenden stationären Gehäuse kennzeichnen, auswählt;

einen zu dem ersten Fenster von Signalen zugehörigen ersten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswert und einen zu einem zweiten Fenster von Signalen zugehörigen zweiten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswert bestimmt;

einen resultierende Wert auf der Basis des ersten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswertes und des zweiten vorzeichenbehafteten durchschnittlichen Leistungswerts bestimmt; und

einen oder mehrere Defekte oder potenzielle Defekte in der rotierenden Komponente auf der Basis des resultierenden Wertes bestimmt.

10. System gemäss Anspruch 9, wobei die rotierende Komponente eine Deckbandanordnung ist und mehrere Deckbandelemente miteinander verbunden sind, um eine unebene durchgängige externe Oberfläche der rotierenden Komponente zu bilden; und/oder das ferner wenigstens eine Sensorvorrichtung aufweist, die Rohsignale erzeugt, die Spaltabstände zwischen der rotierenden Komponente und dem die rotierende Komponente umgebenden stationären Gehäuse kennzeichnen, und wobei die wenigstens eine Sensorvorrichtung auf einer inneren Fläche des stationären Gehäuses angeordnet ist.

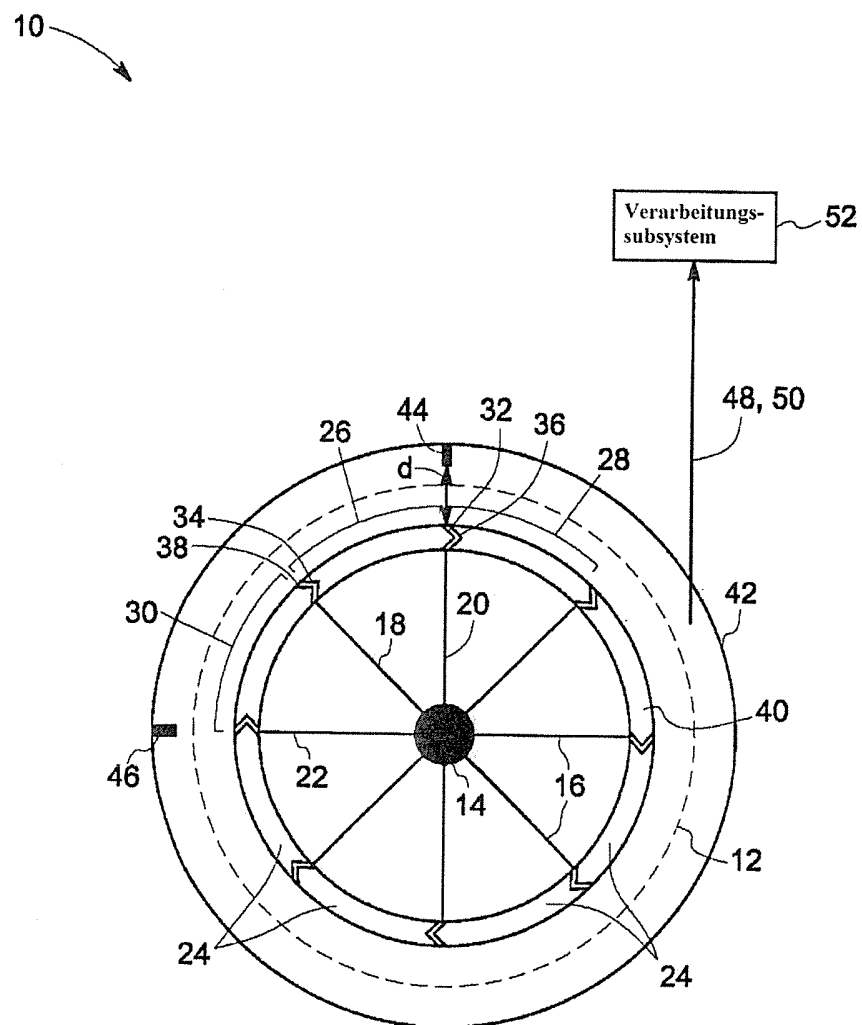


FIG. 1

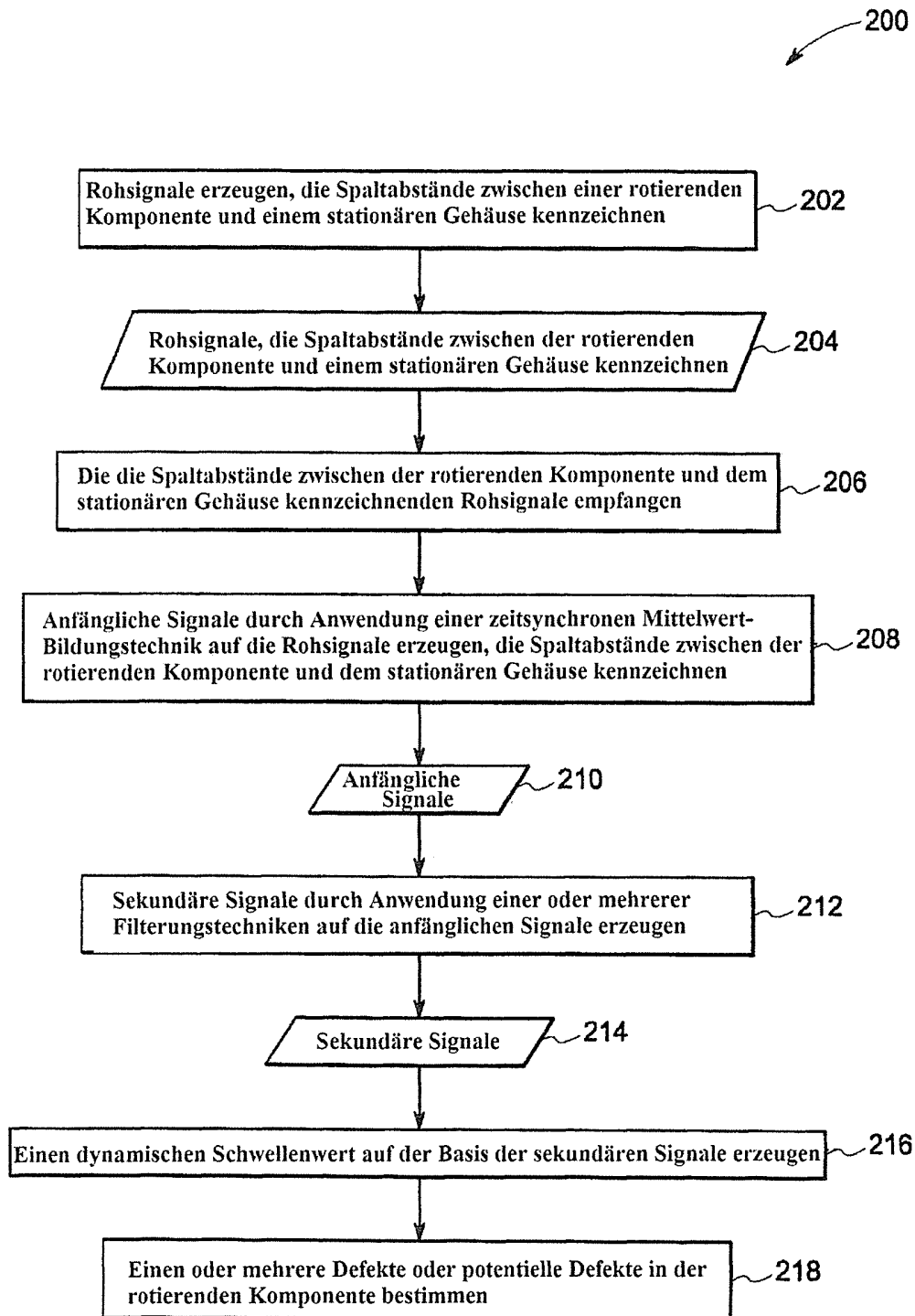


FIG. 2

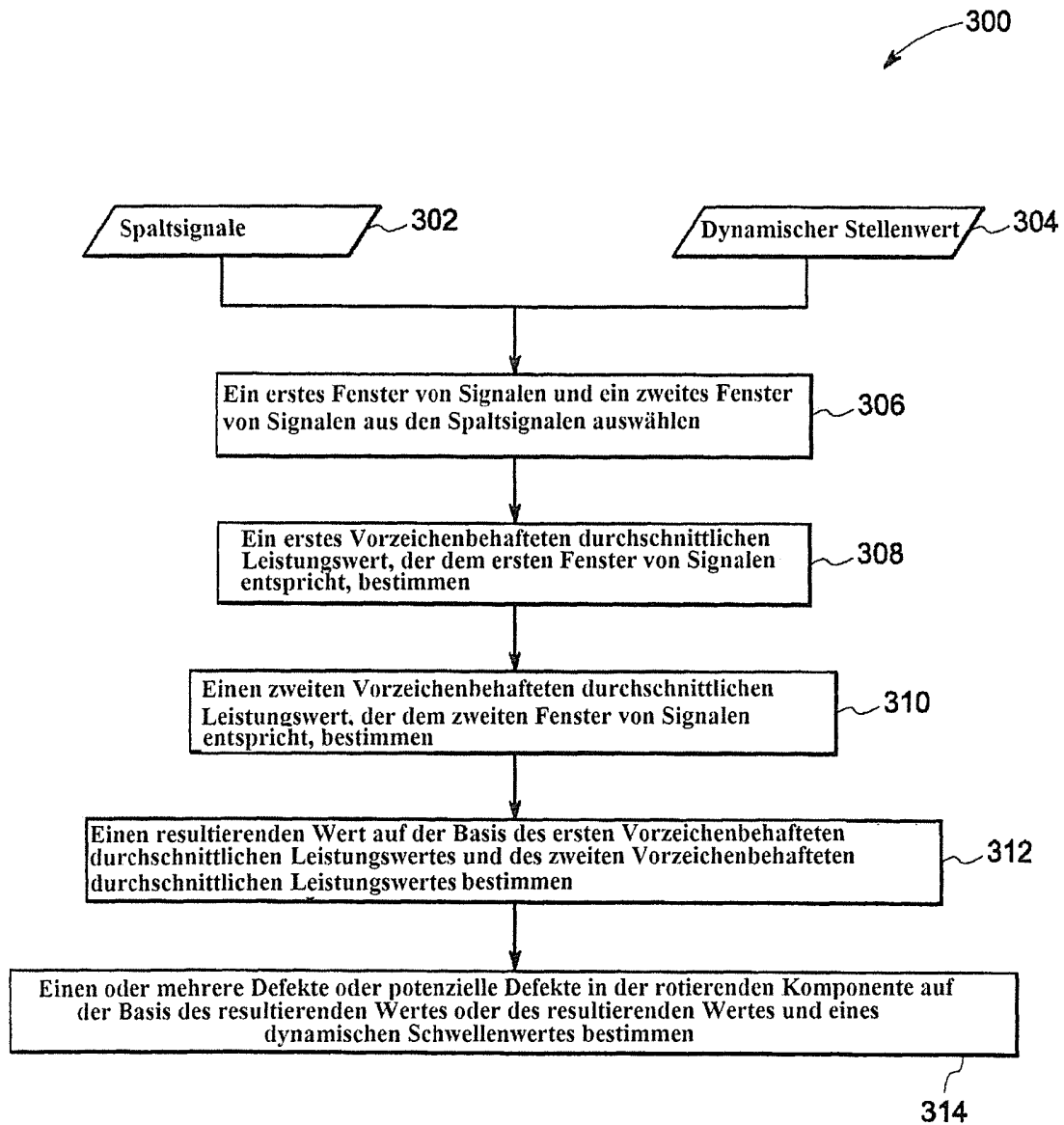


FIG. 3

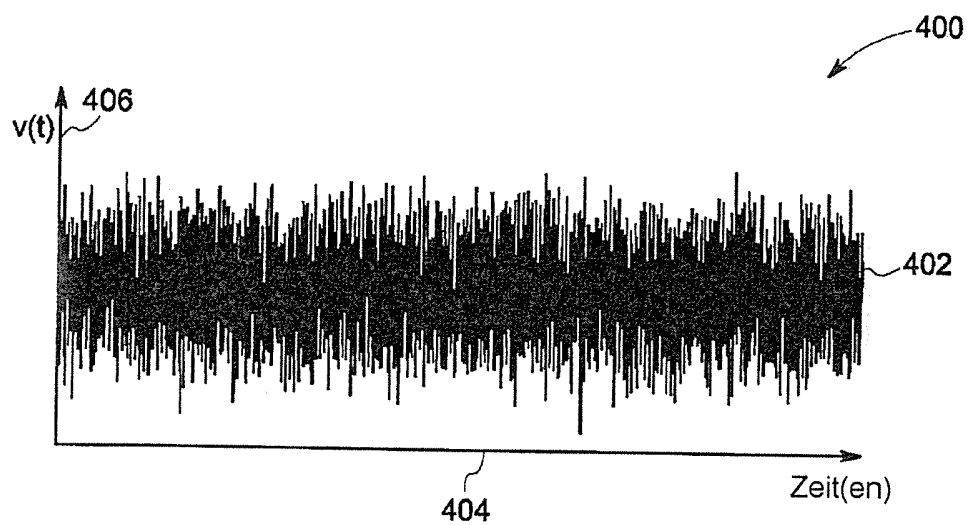


FIG. 4(a)

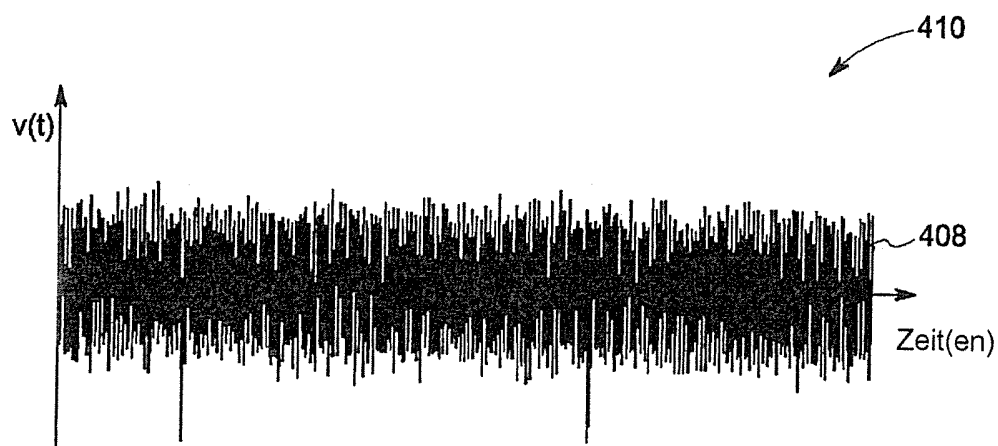


FIG. 4(b)



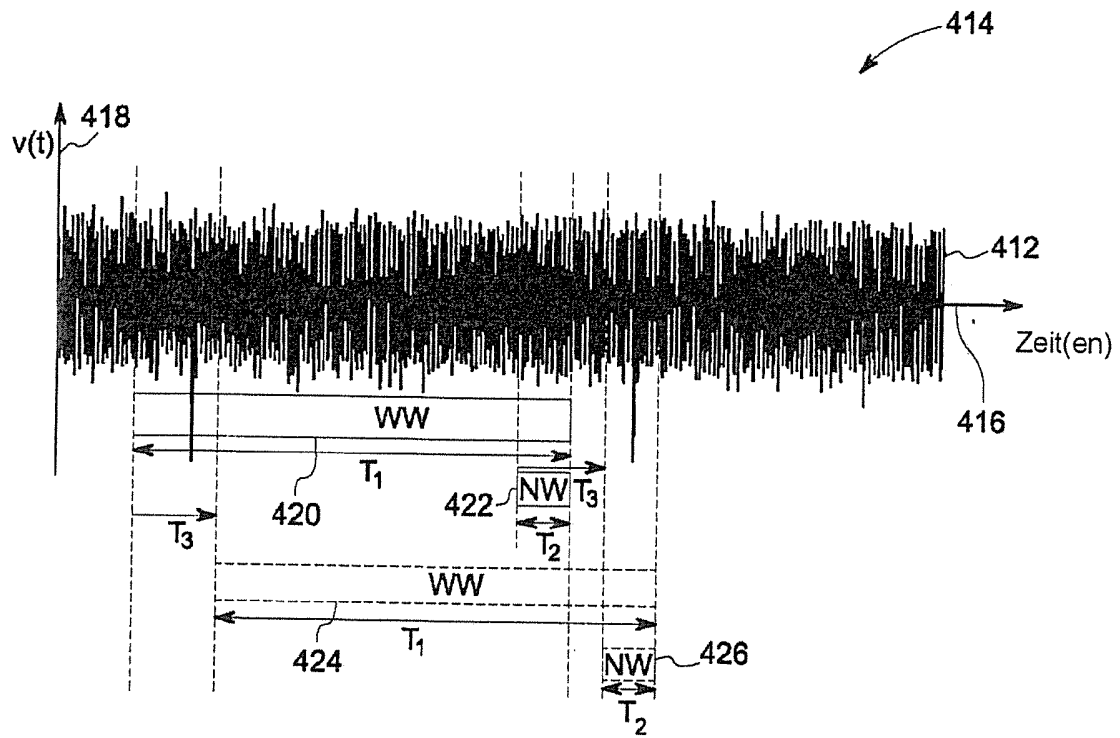


FIG. 4(c)

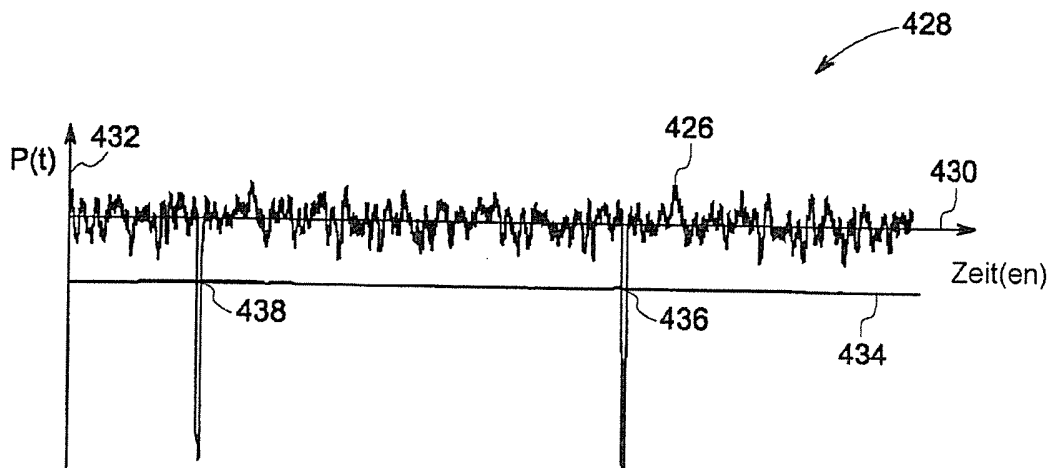


FIG. 4(d)

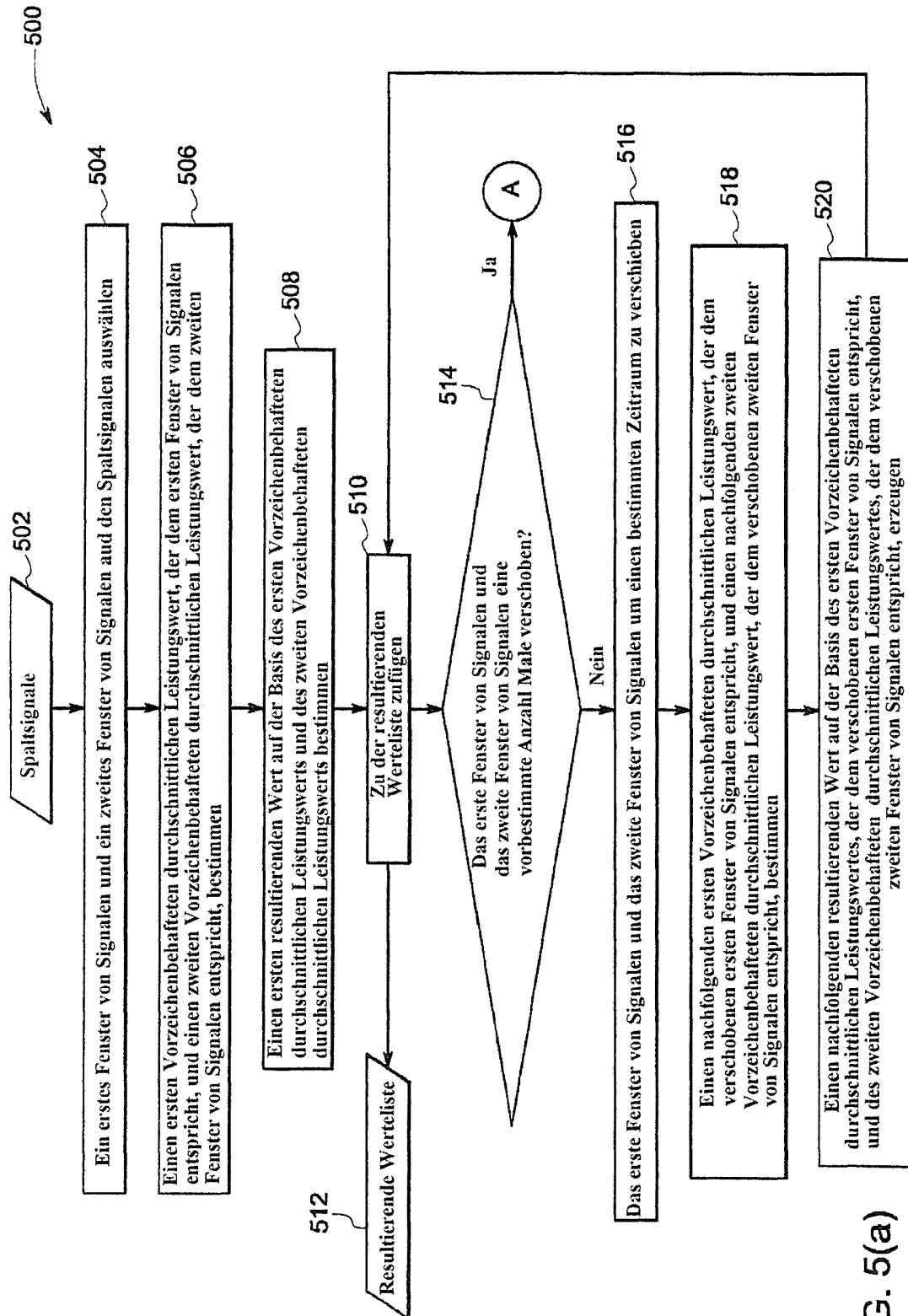


FIG. 5(a)

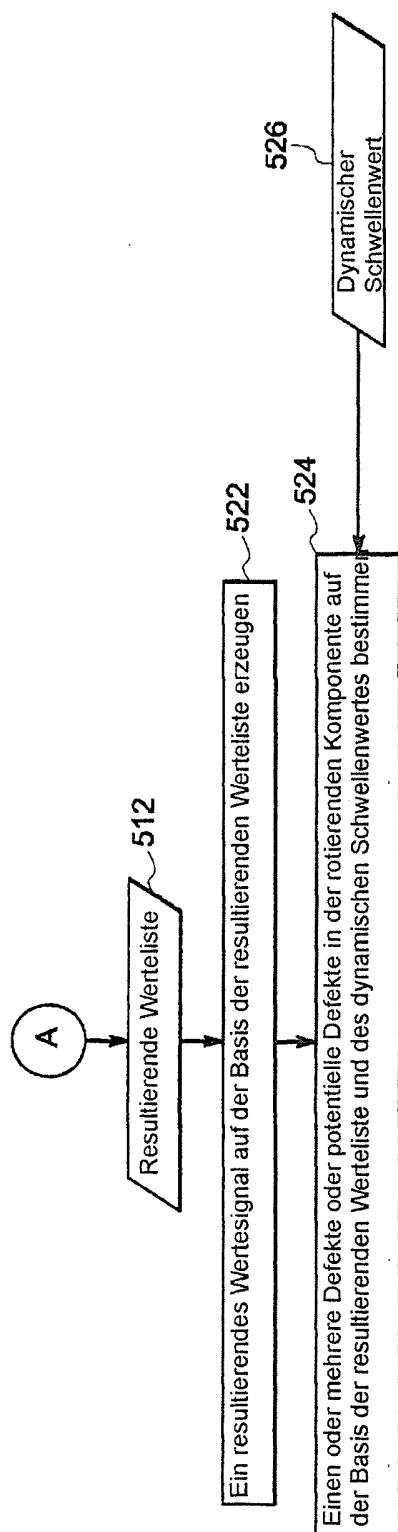


FIG. 5(b)