

Verfahren zur Beurteilung eines Verschleisszustandes einer Baugruppe einer Strömungsmaschine, Baugruppe, sowie Strömungsmaschine

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Beurteilung eines Verschleisszustands
10 einer Baugruppe einer Strömungsmaschine, insbesondere Lageranordnung einer Pumpe oder Turbine, eine Baugruppe einer Strömungsmaschine, sowie eine Strömungsmaschine, insbesondere Pumpe oder Turbine gemäss dem Oberbegriff der unabhängigen Ansprüche 1, 11, und 15.

Lager kommen überall dort zur Anwendung, wo Kräfte, die in bestimmte
15 Richtungen wirken, kompensiert bzw. Bewegungen eines Objektes in unerwünschte Richtungen verhindert werden müssen. Bei Strömungsmaschinen, wie Pumpen oder Turbinen, werden bei Baugruppen mit rotierenden Komponenten im Wesentlichen zwei Arten von Lagern verwendet, nämlich sogenannte Radial- und Axiallager.

20 Die üblicherweise in Strömungsmaschinen eingesetzten Lager sind dabei, abhängig von der konkreten Anwendung, sehr häufig äusserst komplex aufgebaute Baugruppen deren Subkomponenten im Betrieb unterschiedlichen, mehr oder weniger starken Verschleissmechanismen ausgesetzt sind. Das trifft sowohl auf Radial- als auch auf Axiallager zu.

Insbesondere, aber nicht nur, mechanische Dichtungen und deren Einzelteile sind somit Verschleisssteile, die früher oder später ausfallen. Um dies möglichst zu verzögern und somit möglichst lange Standzeiten zu realisieren, bevor eine Wartung oder ein Austausch der Lager oder deren Komponenten, wie beispielweise Dichtungen, notwendig wird, sind im Stand der Technik eine ganze Reihe sehr unterschiedlicher Massnahmen bekannt, die der Fachmann an sich kennt.

Zur Aufnahme radialer Kräfte sind neben den Radiallagern, die im aller einfachsten Fall einfach aus einem Lagersattel und einer darin rotierbaren Welle bestehen können, wobei die Welle häufig, aber nicht notwendig, noch mit einer Wellendichtung zum Beispiel gegen eine äussere Atmosphäre abgedichtet sein kann, zur Aufnahme axialer Kräfte häufig auch sogenannte axiale Kippsegmentlager zum Einsatz, deren Aufbau aus dem Stand der Technik seit langem wohlbekannt ist. Das allgemeine Konstruktionsprinzip sieht dabei vor, dass in einem axialen Kippsegmentlager mehrere Lagersegmente in Form einer ringförmigen Gruppierung auf einem meist metallischen Trägerkörper um eine Lagerachse angeordnet sind und im Betriebszustand mit einem zirkulierenden Fluid als Schmiermittel geflutet werden. Die Lagersegmente als solche bestehen, in Abhängigkeit von der Anwendung, aus einem Metall, Kunststoff etc. und haben oft die Form eines trapezförmigen Quaders, auf dessen dem Trägerkörper zugewandter Seite sich ein Kippelement befindet, auf welchem das Lagersegment gelagert ist. Auf der dem Trägerkörper abgewandten Seite der Lagersegmente befindet sich eine Spurscheibe, mit welcher die axialen Kräfte der Welle auf das Lager übertragen werden, wodurch entsprechende Drucklasten auf die Lagersegmente wirken. Dieses Konstruktionsprinzip wird später anhand der Fig. 3a und Fig. 3b noch genauer erläutert werden.

Beginnt sich die Spurscheibe zu drehen, kommt es zwischen der Spurscheibe und den Lagersegmenten zur Scherung des Fluids und die Spurscheibe gleitet über die Lagersegmente hinweg. Die Ausbildung eines keilförmigen

- hydrodynamischen Schmiermittelfilms, der wesentlicher Bestandteil im Betrieb der axialen Lagerordnung ist, führt zu einem Kippen jedes Lagersegmentes, da diese auf einem Kippelement getragen werden. Besonders kritische Betriebsbereiche für die axialen Kippsegmentlager sind die Anlauf- und
- 5 Stoppphase, beispielsweise bei Pumpen, da hierbei teilweise sehr hohe axiale Kräfte wirken. In diesen Phasen hat sich der hydrodynamische Schmiermittelfilm noch nicht vollständig ausgebildet, sodass sich Spurscheibe und Lagersegment direkt, ohne wesentliche hydrodynamische Schmierung berühren und es zum Verschleiss kommt.
- 10 Im Allgemeinen sind die Lagersegmente lose und diskret in Bezug auf den Trägerkörper montiert, um Fehlausrichtungen zu vermeiden und das Kippen der Lagersegmente, was durch die Ausbildung des hydrodynamischen Schmiermittelfilms bewirkt wird, der drehenden Welle anzupassen. Die lose Montierung ist hierbei prinzipiell dadurch beschränkt, dass die Lagersegmente
- 15 innerhalb der Anordnung zu halten sind, wenn die Welle sich nicht dreht, also beispielsweise dadurch, dass die Lagersegmente durch ein flexibles Netz miteinander verbunden sind oder mittels eines Befestigungsmittels in einer Nut am Trägerkörper befestigt sind.
- In Abhängigkeit von der Einsatzumgebung werden dabei teilweise Fluide mit
- 20 einer niedrigen Viskosität eingesetzt, beispielsweise ein wasserbasiertes Schmiermittel beziehungsweise ein Öl-Gemisch. In diesem Fall ist der Verschleiss der Lagersegmente kein stetiger Prozess, sondern es kommt bei hohen Drucklasten oft innerhalb von Sekunden zur Beschädigung oder Zerstörung der Lagersegmente.
- 25 Dabei sind solche Lager, genau wie die Radiallager, natürlich zusätzlich immer auch stetigem Verschleiss ausgesetzt, der auch ohne plötzliche katastrophale Einwirkungen schliesslich dazu führt, dass das Lager oder Teile davon repariert oder ausgetauscht werden müssen.

Zusammengefasst kann somit festgestellt werden, dass insbesondere die rotierenden Komponenten, oder solche Komponenten, die mit rotierenden Teilen in Kontakt sind, Verschleisssteile sind, die früher oder später ausfallen. Damit ein solcher Ausfall nicht völlig überraschend auftritt und so eventuell

5 noch schlimmere Schäden an weiteren Komponenten der entsprechenden Maschine verursacht werden, ist es wichtig bereits vor dem endgültigen Ausfall eines solchen Verschleisssteils Informationen über den Verschleisszustand einer entsprechenden Baugruppe zu erhalten, so dass der Verschleisszustand bereits lange vor dem endgültigen Ausfall der Baugruppe

10 zuverlässig beurteilt werden kann und eventuell präventive Massnahmen ergriffen werden können.

Bisher sind aus dem Stand der Technik nur sehr unzureichende Methoden bekannt um den Verschleisszustand von Baugruppen von Strömungsmaschinen, zum Beispiel von Lagern oder Lagerdichtungen oder

15 Lagerwellen von Pumpen oder Turbinen, oder auch von axialen Kippsegmentlagern im Betriebszustand zu überwachen und zu beurteilen.

So ist es zum Beispiel bei Dichtungen von Radiallagern bekannt, eine Leckströmung an der Dichtung zu beobachten, die einen gewissen Einblick in den Verschleisszustand der Dichtung bzw. des entsprechenden Lagers geben

20 kann. Oftmals ist es aber auch gar nicht möglich die Leckströmung während des Betriebes der Maschine zu beobachten bzw. die Informationen die man durch Beobachtung der Leckströmung erhält sind zu vage und unbestimmt um zuverlässige Informationen über den Verschleisszustand der entsprechenden Komponenten zu erhalten.

25 Auch ist es prinzipiell bekannt, sowohl bei radialen als auch bei axialen Lagern beispielweise die Temperatur beteiligter Bauteilkomponenten oder von Lagerfluiden, wie z.B. die Temperatur von Öl zu überwachen, das im Betriebszustand mit den auf Verschleiss zu überwachenden Teilen in Berührung kommt. Dies kann beispielweise mit Thermoelementen oder mit

elektrischen Widerstandsthermometern einigermaßen zuverlässig erfolgen und erlaubt prinzipiell eine gute Überwachung und Beurteilung eines Verschleisszustands der interessierenden Baugruppe. Allerdings eignen sich diese Methoden in der Regel nur für Labor- und Testzwecke, da die

5 Temperatursensoren umständlich, häufig an sehr unzugänglichen Stellen platziert werden müssen. Darüber hinaus müssen die von solchen Temperatursensoren erzeugten Messsignale über elektrische Leitungen mit entsprechenden Mess- und Auswerteinstrumenten verbunden werden, so dass sich der Einsatz vorgenannter Temperatursensor für den Einsatz unter

10 gewöhnlichen Betriebsbedingungen in der Fläche in den meisten Fällen verbietet, wie dem Fachmann unmittelbar klar ist.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein zuverlässiges Verfahren zur Beurteilung eines Verschleisszustands einer Baugruppe einer Strömungsmaschine bereitzustellen, das die aus dem Stand der Technik

15 bekannten Probleme vermeidet und sich insbesondere auch für den Einsatz unter gewöhnlichen Betriebsbedingungen in der Fläche bzw. im Feld, also auch ausserhalb des Labors für den alltäglichen Betrieb eignet. Darüber hinaus ist es eine Aufgabe der Erfindung eine entsprechend modifizierte Baugruppe einer Strömungsmaschine vorzuschlagen, sowie eine

20 Strömungsmaschine, insbesondere Pumpe oder Turbine, mit einer solchen modifizierten Baugruppe. Insbesondere soll durch die Erfindung ein Verfahren und eine Vorrichtung bereitgestellt werden, so dass auch unter extremen Betriebsbedingungen, wie z.B. bei einer Pumpe, die tief unter dem Meeresspiegel installiert ist, eine zuverlässige Überwachung des

25 Verschleisszustands möglich ist.

Die diese Aufgabe lösenden Gegenstände der Erfindung sind durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche 1, 11, und 15 gekennzeichnet.

Die abhängigen Ansprüche beziehen sich auf besonders vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Beurteilung eines Verschleisszustands einer Baugruppe einer Strömungsmaschine, insbesondere Lageranordnung einer Pumpe oder Turbine, wobei zur Ermittlung einer Verschleisskenngrösse mittels eines Signalgebers ein mechanisches Abfragesignal mit einer

5 vorgebbaren Signalform erzeugt wird, und mit einem mit der Baugruppe in Kontakt stehenden Sensor ein aus dem Abfragesignal generiertes Antwortsignal detektiert wird. Erfindungsgemäss wird das Antwortsignal in Abhängigkeit von einer Variation einer physikalischen Betriebsgrösse der Baugruppe nach einem charakteristischen Muster verändert, aus der

10 Veränderung des Antwortsignals wird die Verschleisskenngrösse bestimmt, und der Verschleisszustand wird unter Verwendung der Verschleisskenngrösse beurteilt.

Erfindungsgemäss wird somit der Verschleisszustand der Baugruppe nicht, wie aus dem Stand der Technik bekannt, z.B. mit einem konventionellen

15 Temperatursensor, wie einem Thermoelement oder einem Widerstandsthermometer beurteilt. Es kommt vielmehr ein Signalgeber zum Einsatz, der ein mechanisches Abfragesignal erzeugt aus dem ein Antwortsignal generiert wird, wobei das Antwortsignal in Abhängigkeit vom Verschleisszustand der Baugruppe in charakteristischer Weise verändert wird.

20 Das Antwortsignal wird sodann vom Sensor detektiert, so dass schliesslich aus der charakteristischen Musterveränderung, die das Antwortsignal im Vergleich zum Abfragesignal aufweist, die Verschleisskenngrösse bestimmbar ist und so der Verschleisszustand der Baugruppe bzw. seiner Komponenten oder Subkomponenten beurteilt werden kann.

25 Spezielle Beispiele von erfindungsgemäss eingesetzten Sensoren sind dem Fachmann auch unter dem Begriff SAW-Sensor (Surface Acoustic Wave Sensor) oder auch unter der deutschsprachigen Abkürzung OFW-Sensor (Oberflächenwellen Sensor) an sich bekannt. Solche Sensoren sind bevorzugt auf Basis eines piezoelektrischen oder piezoresistiven Materials hergestellt,

30 das, wie dem Fachmann hinreichend bekannt ist, bei Einwirkung von

mechanischen Belastungen, wie z.B. Dehnung, Stauchung, Druck, Kraft, Drehmoment usw. aufgrund seiner speziellen kristallinen Struktur entsprechende elektrische Signale erzeugen kann. Das heisst, eine mechanische Spannung, der beispielsweise ein piezoelektrischer Kristall

5 unterworfen wird, ändert dessen elektrische Polarisierung bzw. Ladungsverschiebung. Umgekehrt verursacht ein an den Kristall angelegtes elektrisches Feld in ihm eine mechanische Verzerrung bzw. Auslenkung.

Aufgrund dieser Eigenschaften eignen sich piezoelektrische Materialien bei geeigneter Eichung auch indirekt zur Temperaturmessung bzw. zur

10 Bestimmung von Temperaturänderungen. Ein enormer Vorteil solcher SAW Sensoren, die aus piezoelektrischen Materialien aufgebaut sind, liegt unter anderem darin, dass sie verhältnismässig klein ausgeführt werden können, oft in Dimensionen von wenigen Millimetern oder gar noch kleiner. Da der piezoelektrische Effekt letztlich auf Polarisationsphänomene im Kristallgitter

15 zurückzuführen ist, kann ein solches Sensormodul unter Aufwendung minimaler elektrischer Energie betrieben und ausgelesen werden, da der wesentliche Effekt, nämlich die Änderung der Polarisierung oder Ladungsverschiebung im Kristall durch Anlegen einer mechanischen Spannung bzw. die Dehnungsphänomene des Kristallgitters beim Anlegen

20 eines äusseren elektrischen Feldes fast völlig stromlos vonstatten gehen und somit fast keine elektrische Energie verbrauchen.

Daher ist es möglich, solche Sensormodule sowohl drahtlos mittels einer elektromagnetischen Welle über eine geeignete Antenne anzusteuern und zu Betreiben und als auch wieder drahtlos über eine Antenne auszulesen. Das

25 hat den enormen Vorteil, dass solche Sensoren nicht zwingend verdrahtet werden müssen und somit sogar völlig problemlos auch in rotierende Komponenten eingebaut werden können. Selbstverständlich können die Sensormodule in speziellen Fällen auch verdrahtet werden.

Dabei sind solche Sensormodule gleichzeitig robust, extrem langlebig und kaum fehleranfällig und zudem zu sehr günstigen Preisen von einer Vielzahl von Herstellern direkt kommerziell verfügbar.

Zur Beurteilung eines Verschleisszustands einer Baugruppe einer

- 5 Strömungsmaschine, insbesondere zur Beurteilung des Verschleisszustandes einer Lageranordnung bzw. zur Beurteilung des Verschleisszustandes von Komponenten oder Subkomponenten, wie unter anderem von Dichtungen an Lageranordnungen, hat sich die Überwachung der Temperatur bzw. die zeitliche Veränderung der Temperatur im Betriebszustand als besonders
- 10 zuverlässige und einfach zu handhabende Messgrösse herausgestellt. Weitere prominente Vertreter von Baugruppenkomponenten, die durch die Erfindung selbstverständlich auch abgedeckt sind, sind z.B. Gleitringdichtungen, Dichtspalte und andere dem Fachmann bekannte Komponenten oder Subkomponenten, die Verschleiss gefährdet sind und
- 15 daher überwacht werden müssen

Wird nämlich die Temperatur, bevorzugt in Abhängigkeit von der Zeit an geeigneten Stellen in der Baugruppe überwacht, können zum einen sich langsam entwickelnde Schädigungen, beispielweise an einem Lager oder an einer Dichtung des Lagers oder an einer anderen Komponente oder

- 20 Subkomponente des Lagers sehr frühzeitig erkannt und überwacht werden. Werden solche Temperaturverläufe geeignet auf die relevanten Kenngrössen geeicht, kann beispielweise sehr frühzeitig eine Reparatur oder ein Ersatz des Lagers vorgenommen werden, bevor die entsprechende Komponente endgültig versagt. Aber auch sehr spontane, eventuell katastrophale
- 25 Schädigungen können praktisch unmittelbar in ihrem Entstehen detektiert werden, so dass eine entsprechende Maschine beispielsweise sofort abgeschaltet oder in ihrer Leistung reduziert werden kann, bevor schlimmere und zusätzliche Schäden an der entsprechende Maschine auftreten können.

Dabei versteht der Fachmann ohne weiteres, dass sich durch automatisches Auslesen der verwendeten Sensoreinheiten die Überwachung insbesondere auch leicht automatisieren lässt, so dass z.B. eine entsprechende Meldung ausgelöst werden kann, wenn eine Wartung oder Reparatur notwendig ist
5 oder im schlimmsten Fall kann natürlich auch eine Notabschaltung oder dergleichen automatisch initiiert werden.

- Dabei ist es problemlos möglich, durch Platzierung einer Mehrzahl von Sensoreinheiten an verschiedenen Orten an oder in der Baugruppe auch verschiedene Komponenten oder Subkomponenten der Baugruppe
10 gleichzeitig und unabhängig voneinander zu überwachen, wodurch sich ein eventuell auftretender Fehler bzw. besorgniserregendes Verschleissereignis auch sehr zuverlässig lokalisieren lässt, so dass letztlich auch die Wartungs- und Reparaturkosten deutlich gesenkt werden können, weil der Ort des Fehlers oder Verschleissereignisses z.B. automatisch durch eine
15 entsprechende programmgesteuerte Maschine ermittelt und einem Wartungsteam mitgeteilt werden kann und sogar der Ausmass des Fehlers oder des Verschleisses dem Wartungsteam mitgeteilt werden kann, so dass sofort die richtigen und notwendigen Massnahmen, ohne unnötigen Zeitverlust für die Fehlersuche, ergriffen werden können.
- 20 Somit können auch Baugruppen, die an sehr unzugänglichen Stellen in der Maschine untergebracht sind, oder Maschinen, die an sehr unzugänglichen Stellen installiert sind, z.B. tief unter der Meeresoberfläche, bequem, eventuell mit der entsprechenden Netzwerktechnik, sogar online von einem zentralen Wartungszentrum überwacht werden.
- 25 Bei einem für die Praxis besonders wichtigen Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemässen Verfahrens sind der Signalgeber und der Sensor in einem Sensormodul integriert, wodurch der gesamte Raum, den der Signalgeber und der Sensor gemeinsam einnehmen besonders gut minimiert werden kann, so dass das gesamte Sensormodul besonders platzsparend

und auch sehr einfach an der zu überwachenden Baugruppe installiert werden kann.

Auch ist es möglich, dass der Signalgeber zusätzlich, d.h. gleichzeitig auch als Sensor zur Detektion des Antwortsignals verwendet wird, was eine weitere

- 5 Miniaturisierung des Sensormoduls erlaubt. Ein spezielles Ausführungsbeispiel eines solchen Sensormoduls wird weiter unten noch ausführlich anhand der Fig. 1b beschrieben.

Wie bereits erwähnt wird dabei das Abfragesignal dem Signalgeber besonders bevorzugt drahtlos von einer geeigneten Signalquelle z.B. über

- 10 Funk auf einer geeigneten Trägerfrequenz übermittelt wird, wobei natürlich auch das Antwortsignal entsprechend drahtlos an eine Auswerteeinheit zur Auswertung und Ermittlung des Verschleisszustandes übermittelt werden kann.

Wie bereits ausführlich weiter oben beschrieben sind der Signalgeber und /

- 15 oder der Sensor und / oder das Sensormodul zumindest teilweise aus einem geeigneten piezoelektrischen oder piezoresistiven Material, insbesondere aus einen piezoelektrischen oder piezoresistiven Einkristall gefertigt.

Dabei kann die physikalische Betriebsgrösse, die mit dem Sensormodul überwacht wird und aus der schliesslich die Verschleisskenngrosse abgeleitet

- 20 wird, aus der sich der Verschleisszustand erkennen lässt, jede geeignete physikalische Grösse sein, die mit dem Verschleisszustand in Zusammenhang steht, insbesondere ein Druck, eine Kraft, ein Drehmoment, eine Drehzahl, ein Fluss eines fluiden Mediums, ganz besonders bevorzugt eine Temperatur und / oder eine räumliche oder zeitliche Verteilung dieser
25 Grössen sein.

Insbesondere, aber nicht nur dann, wenn es sich bei der zu beobachtenden Baugruppe um eine Komponente oder eine Subkomponente eines Lagers handelt, kann der Signalgeber und / oder der Sensor und / oder das

Sensormodul besonders vorteilhaft in einer rotierenden Komponente oder Subkomponente der Baugruppe und / oder an einer stationären Komponente oder Subkomponente der Baugruppe vorgesehen werden.

Das erfindungsgemässe Verfahren eignet sich dabei grundsätzlich zur

- 5 Beurteilung des Verschleisszustandes einer jeglichen Baugruppe einer Strömungsmaschine, wird aber in der Praxis ganz besonders vorteilhaft zur Beurteilung eines Verschleisszustands einer Lageranordnung einer Strömungsmaschine verwendet, wobei die Lageranordnung besonders bevorzugt ein mechanisches Wellenlager umfassend eine in einem
- 10 stationären Lagersattel angeordnete rotierbare Welle ist, oder aber auch ein axiales Kippsegmentlager umfassend ein in einem Trägerkörper angeordnetes Kippelement mit einer Mehrzahl von Segmentkörpern sein kann.

Bevorzugt wird das erfindungsgemässe Verfahren zur Beurteilung des

- 15 Verschleisszustandes bei einer Lageranordnung umfassend eine Gleitringdichtung und ein axiales Kippsegmentlager mit einem in einem Trägerkörper angeordneten Lagersegment, insbesondere umfassend ein Kippelement mit einem Segmentkörper, verwendet.

Bei derartigen Anordnungen umfassend eine Gleitringdichtung und ein axiales

- 20 Kippsegmentlager können eventuell Temperaturspitzen auftreten, die praktisch unmittelbar in ihrem Entstehen detektiert werden, so dass eine entsprechende Maschine beispielsweise sofort abgeschaltet oder in ihrer Leistung reduziert werden kann, bevor schlimmere und gegebenenfalls zusätzliche Schäden an der entsprechenden Maschine auftreten können.
- 25 Derartige Temperaturspitzen treten beispielsweise bei Verwendung von Wälzlagern üblicherweise nicht auf.

Wie ebenfalls bereits erwähnt kann die Überwachung und Beurteilung des Verschleisszustands auch ganz oder teilweise automatisiert werden, so dass

die Strömungsmaschine unter Verwendung des Antwortsignals entsprechend gesteuert und / oder geregelt sein kann.

Die vorliegende Erfindung betrifft weiter eine Baugruppe einer Strömungsmaschine, insbesondere eine Lageranordnung einer Pumpe oder einer Turbine, mit welcher Baugruppe sich das Verfahren der Erfindung durchführen lässt. Dabei ist zur Ermittlung einer Verschleisskenngrosse an der Baugruppe ein Signalgeber zur Erzeugung eines mechanisches Abfragesignals, sowie ein mit der Baugruppe in Kontakt stehender Sensor zur Detektion eines aus dem Abfragesignal generierten Antwortsignals vorgesehen, so dass aus einer Veränderung des Antwortsignals eine Verschleisskenngrosse bestimmbar ist, und der Verschleisszustands unter Verwendung der Verschleisskenngrosse beurteilbar ist.

Bevorzugt, aber nicht notwendig, ist bei einer erfindungsgemässen Baugruppe der Signalgeber und / oder der Sensor und / oder das Sensormodul in einem rotierenden und / oder an einer stationären Subkomponente der Baugruppe vorgesehen ist, wobei in der Praxis die Baugruppe häufig eine Lageranordnung in Form eines mechanischen Wellenlagers umfassend eine in einem stationären Lagersattel angeordnete rotierbare Welle ist, wobei der Signalgeber und / oder der Sensor und / oder das Sensormodul beispielsweise an der rotierbaren Welle und / oder an einer Lagerkomponente des stationären Lagersattel vorgesehen ist.

Bei einem anderen bevorzugten Ausführungsbeispiel ist die Baugruppe eine Lageranordnung in Form eines axialen Kippsegmentlagers umfassend ein in einem Trägerkörper angeordnetes Lagersegment, wobei der Signalgeber und / oder der Sensor und / oder das Sensormodul am Trägerkörper und / oder am Kippsegment und / oder an einem Segmentkörper des Kippsegments vorgesehen ist.

Bevorzugt umfasst die Baugruppe eine Lageranordnung mit einer Gleitringdichtung und einem axialen Kippsegmentlager mit einem in einem

Trägerkörper angeordneten Lagersegment, wobei das Lagersegment insbesondere ein Kippelement mit einem Segmentkörper umfasst.

Ausserdem betrifft die Erfindung auch eine Strömungsmaschine, insbesondere eine Pumpe oder eine Turbine mit einer Baugruppe gemäss der
5 vorliegenden Erfindung, so dass der Verschleisszustand einer Baugruppe der Strömungsmaschine gemäss einem Verfahren der Erfindung insbesondere im Betriebszustand beurteilt werden kann.

Im Folgenden wird die Erfindung an Hand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen in schematischer Darstellung:

- 10 Fig. 1a ein einfaches schematisches Ausführungsbeispiel eines Sensormoduls zur Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens;
- Fig. 1b ein Ausführungsbeispiel eines drahtlos gekoppelten Sensormoduls;
- 15 Fig. 2 ein erfindungsgemässes mechanisches Wellenlager;
- Fig. 3a ein erfindungsgemässes axiales Kippsegmentlager;
- Fig. 3b einen Trägerkörper des Kippsegmentlagers der Fig. 3a.

Anhand der Fig. 1a und Fig. 1b soll zur Illustrierung des Funktionsprinzips eines für die Erfindung geeigneten Sensormoduls je ein einfaches
20 schematisches Ausführungsbeispiel eines Sensormoduls kurz erläutert werden.

Sensormodule gemäss Fig. 1a bzw. Fig. 1b zur Durchführung eines erfindungsgemässen Verfahrens sind als solches aus dem Stand der Technik, beispielweise unter dem Stichwort SAW-Sensoren (Surface Acoustic Wave
25 Sensor) oder auch unter der deutschsprachigen Bezeichnung OFW-Sensoren

(Oberflächenwellen Sensoren) an sich bekannt und als solches auch nicht unmittelbar Gegenstand der vorliegenden Erfindung.

Das Sensormodul S gemäss dem sehr einfachen und stark schematisch dargestellten Ausführungsbeispiel gemäss Fig. 1a umfasst einen auf

5 piezoelektrischer Basis arbeitenden Signalgeber 2, der im Betriebszustand ein mechanisches Abfragesignal 21 in Form einer mechanischen Oberflächenwelle mit einer vorgebbaren Signalform auf dem Sensormodul S erzeugt. Der piezoelektrische Signalgeber 2 wird dabei von der Signalquelle 200 mit einem entsprechenden elektrischen bzw. elektromagnetischen Signal

10 gespeist. Das Abfragesignal 21 läuft als mechanische Oberflächenwelle auf der Oberfläche F des Sensormoduls S zum Sensor 3. Beispielsweise aufgrund einer Temperaturänderung, die auf das Sensormodul S eingewirkt hat, weil sich beispielsweise aufgrund von Verschleiss die Reibung in einer Lageranordnung 11, 111, 112 erhöht hat, an dem das Sensormodul S

15 angebracht ist, erfährt das Sensormodul S eine kleine Längenänderung aufgrund thermischer Dehnung. Das führt dazu, dass das Sensormodul S mechanisch nicht mehr resonant auf die Oberflächenwelle des Abfragesignals abgestimmt ist, wodurch das über den piezoelektrischen Effekt bzw. inversen piezoelektrischen Effekt durch den Sensor 3 erzeugte Antwortsignal 31 in

20 Bezug auf das Abfragesignal 21 nach einem charakteristischen Muster, das von der Art und dem Grad der mechanischen Verstimmung abhängt, verändert wird. Das Antwortsignal 31 wird vom Sensor 3 einer Auswerteeinheit 300 zugeführt, mit welcher dann aus der Veränderung des Antwortsignals 31, eventuell unter Zuhilfenahme von vorgängig

25 durchgeführten Eichmessungen, eine Verschleisskenngrösse bestimmt werden kann, und der Verschleisszustands unter Verwendung der Verschleisskenngrösse beurteilt werden kann.

Fig. 1b zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Sensormoduls S, bei welchem der Signalgeber 2 gleichzeitig als Sensor 3 arbeitet.

Beim Beispiel der Fig. 1b wird das Abfragesignal 21 drahtlos über eine Funkverbindung in Form einer oszillierenden elektromagnetischen Welle in eine Antenne T des Sensormoduls S eingespeist und dem piezoelektrischen Signalgeber 2 zugeführt. Der piezoelektrische Signalgeber 2 erzeugt über den
5 piezoelektrischen Effekt bzw. den inversen piezoelektrischen Effekt eine mechanische Oberflächenwelle, die über die Oberfläche F des Sensormoduls S läuft, zumindest teilweise an den Reflektionszentren RZ reflektiert wird und so zurück zum Signalgeber 2 gespiegelt wird, wobei der Signalgeber 2 jetzt unter Ausnutzung des piezoelektrischen Effekts bzw. des inversen
10 piezoelektrischen Effekts als Sensor 3 arbeitet und das Antwortsignal 31 wieder in die Antenne T einspeist, die das in charakteristischer Weise veränderte Antwortsignal 31 drahtlos einer Auswerteeinheit übermittelt, in der wiederum der Verschleisszustand ermittelt bzw. beurteilt werden kann.

Die zuvor nur grob skizzierte prinzipiell Funktionsweise von SAW- bzw. OFW-
15 Sensoren ist dem Fachmann in all seinen verschiedenen Varianten wohlbekannt und kann auch in der einschlägigen Fachliteratur noch detaillierter nachgelesen werden.

Fig. 2 zeigt in stark schematischer Darstellung eine an sich bekannte Baugruppe 1 als Lageranordnung 11, die hier in Form eines
20 erfindungsgemässen mechanischen Wellenlagers 111 ausgeführt ist, und in der beispielhaft zwei Sensormodule S vorgesehen sind. Eines der Sensormodule S ist dabei im statischen, nicht rotierenden Lagersattel 1111 vorgesehen, während ein zweites Sensormodul S in der im Betriebszustand um die Wellenachse A rotierenden Welle 1112 platziert ist. Durch die
25 Verwendung von zwei oder gar mehr Sensormodulen S gemäss Fig. 2, die an verschiedenen Orten der Baugruppe 1, bevorzugt gleichzeitig in rotierenden und in nicht rotierenden Komponenten vorgesehen sind, ist, wie oben bereits im Detail beschrieben, unter anderem eine besonders zuverlässige Bestimmung des Verschleisszustandes möglich und auch der Ort der
30 auftretenden Verschleissphänomene zuverlässig und rechtzeitig detektierbar.

Die Fig. 3a zeigt schliesslich ein erfindungsgemässes axiales Kippsegmentlager 112 einer Strömungsmaschine, die hier im Speziellen eine Pumpe ist. Das Kippsegmentlager 112 unterscheidet sich von den aus dem Stand der Technik bekannten axialen Kippsegmentlagern im Wesentlichen
5 dadurch, dass bei dem hier dargestellten Kippsegmentlager 112 an statischen und rotierenden Komponenten des Kippsegmentlagers 112 Sensormodule S vorgesehen sind.

Das axiale Kippsegmentlager 112 der Fig. 3a umfasst einen Trägerkörper 1122 mit Kippelementen 1121. An der Pumpenwelle 1112, die im
10 Betriebszustand um die Wellenachse A rotiert, sind insgesamt zwei Trägerkörper 1122 derart konzentrisch um die Pumpenwelle 1112 angeordnet, dass sich die Kippelemente 1121 bzw. die auf den Kippelementen 1121 vorgesehenen Segmentkörper 1123 der beiden Trägerkörper 1122 gegenüberliegen. Zwischen den beiden Trägerkörpern
15 1122 ist eine Spurscheibe SP angeordnet, welche die axiale Drucklast in an sich bekannter Weise auf die Segmentkörper 1123 überträgt.

Fig. 3b zeigt zur Verdeutlichung einen der beiden Trägerkörper 1122 des axialen Kippsegmentlagers 112 gemäss Fig. 3a etwas genauer im Detail. Die Segmentkörper 1123 werden mittels eines Befestigungsmittels B,
20 beispielsweise mittels einer Schraubenmutter, die den Segmentkörper 1123 in einer Nut N an einem äusseren Rand des Segmentkörpers 1123 hält, am Trägerkörper 1122 beweglich gehalten.

Gemäss der vorliegenden Erfindung sind bei dem speziellen Ausführungsbeispiel der Fig. 3a bzw. Fig. 3b mehrere Sensormodule S
25 vorgesehen, die, wie gut zu erkennen ist, sowohl an der im Betriebszustand rotierenden Pumpenwelle 1112, als auch an der Spurscheibe SP und im vorliegenden Beispiel sogar zusätzlich noch an drei Segmentkörpern 1123 im gleichen Abstand vorgesehen sind, so dass auftretende Verschleissphänomene optimal und rechtzeitig feststellbar und auch im

Kippsegmentlager 112 lokalisierbar sind. Die Sensormodule S sind dabei bevorzugt, aber nicht notwendig, in die entsprechende Komponente eingearbeitet, z.B. in einer entsprechenden Aussparung vorgesehen oder z.B. auch in das Material der Komponente mit eingegossen, so dass die

5 Sensormodule S das Zusammenwirken der beteiligten Komponenten im Betriebszustand nicht behindern.

Es versteht sich, dass alle im Rahmen dieser Anmeldung beschriebenen Ausführungsbeispiele der Erfindung nur beispielhaft bzw. exemplarisch zu verstehen sind und die Erfindung insbesondere, aber nicht nur, alle

10 geeigneten Kombinationen der beschriebenen Ausführungsbeispiele umfasst, sowie einfache Weiterbildungen der Erfindung, die sich dem Fachmann ohne weiteres erfinderisches Zutun ebenfalls zwanglos ergeben.

5 Patentansprüche

1. Verfahren zur Beurteilung eines Verschleisszustands einer Baugruppe (1, 11, 111, 112) einer Strömungsmaschine, insbesondere Lageranordnung (11, 111, 112) einer Pumpe oder Turbine, wobei zur Ermittlung einer Verschleisskenngrösse mittels eines Signalgebers (2) ein mechanisches
10 Abfragesignal (21) mit einer vorgebbaren Signalform erzeugt wird, und mit einem mit der Baugruppe (1, 11, 111, 112) in Kontakt stehenden Sensor (3) ein aus dem Abfragesignal (21) generiertes Antwortsignal (31) detektiert wird, dadurch gekennzeichnet, dass das Antwortsignal (31) in Abhängigkeit von einer Variation einer physikalischen Betriebsgrösse der
15 Baugruppe (1, 11, 111, 112) nach einem charakteristischen Muster verändert wird, aus der Veränderung des Antwortsignals (31) die Verschleisskenngrösse bestimmt wird, und der Verschleisszustands unter Verwendung der Verschleisskenngrösse beurteilt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Signalgeber (2) und der Sensor (3)
20 in einem Sensormodul (S) integriert werden.
3. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Signalgeber (2) zusätzlich als Sensor (3) zur Detektion des Antwortsignals verwendet wird.
4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das
25 Abfragesignal (21) dem Signalgeber (2) drahtlos von einer Signalquelle

(200) übermittelt wird und / oder wobei das Antwortsignal (31) drahtlos an eine Auswerteeinheit (300) übermittelt wird.

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Signalgeber (2) und / oder der Sensor (3) und / oder das Sensormodul (S)
5 ein piezoelektrisches Material, insbesondere einen piezoelektrischen Einkristall umfassen.
6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die physikalische Betriebsgrösse eine Temperatur, ein Druck, eine Kraft, ein Drehmoment, eine Drehzahl, ein Fluss eines fluiden Mediums und / oder
10 eine räumliche oder zeitliche Verteilung dieser Grössen ist.
7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Signalgeber (2) und / oder der Sensor (3) und / oder das Sensormodul (S) in einer rotierenden Subkomponente der Baugruppe und / oder an einer stationären Subkomponente der Baugruppe (1, 11, 111, 112) vorgesehen
15 wird.
8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Lageranordnung (11) ein mechanisches Wellenlager (111) umfassend eine in einem stationären Lagersattel (1111) angeordnete rotierbare Welle (1112) ist.
- 20 9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Lageranordnung (11) ein axiales Kippsegmentlager (112) umfassend ein in einem Trägerkörper (1122) angeordnetes Kippsegment (1121) mit Segmentkörper (1123) ist.
10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die
25 Strömungsmaschine (1) unter Verwendung des Antwortsignals (31) gesteuert und / oder geregelt wird.

11. Baugruppe einer Strömungsmaschine, insbesondere Lageranordnung (11, 111, 112) einer Pumpe oder Turbine, zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass zur Ermittlung einer Verschleisskenngrosse an der Baugruppe ein
- 5 Signalgeber (2) zur Erzeugung eines mechanisches Abfragesignals (21) vorgesehen ist, und ein mit der Baugruppe in Kontakt stehender Sensor (3) zur Detektion eines aus dem Abfragesignal (21) generierten Antwortsignals vorgesehen ist, so dass aus einer Veränderung des Antwortsignals (31) eine Verschleisskenngrosse bestimmbar ist, und der
- 10 Verschleisszustands unter Verwendung der Verschleisskenngrosse beurteilbar ist.
12. Baugruppe nach Anspruch 11, wobei der Signalgeber (2) und / oder der Sensor (3) und / oder das Sensormodul (S) in einem rotierenden und / oder an einer stationären Subkomponente der Baugruppe vorgesehen ist.
- 15 13. Baugruppe nach einem der Ansprüche 11 oder 12, wobei die Baugruppe eine Lageranordnung (11) in Form eines mechanischen Wellenlagers (111) umfassend eine in einem stationären Lagersattel (1111) angeordnete rotierbare Welle (1112) ist, wobei der Signalgeber (2) und / oder der Sensor (3) und / oder das Sensormodul (S) an der rotierbaren
- 20 Welle (1112) und / oder an einer Lagerkomponente des stationären Lagersattel (1111) vorgesehen ist.
14. Baugruppe nach einem der Ansprüche 11 bis 13, wobei die Baugruppe eine Lageranordnung (11) in Form eines axialen Kippsegmentlagers (112) umfassend ein in einem Trägerkörper (1122) angeordnetes Lagersegment
- 25 (1121) ist, wobei der Signalgeber (2) und / oder der Sensor (3) und / oder das Sensormodul (S) am Trägerkörper (1122) und / oder am Kippelement (1121) und / oder an einem Segmentkörper (1123) des Kippelements (1121) vorgesehen ist.

15. Strömungsmaschine, insbesondere Pumpe oder Turbine mit einer Baugruppe nach einem der Ansprüche 11 bis 14 zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 10.