

(19)



(11)

EP 3 803 122 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
09.04.2025 Patentblatt 2025/15

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F04C 2/107 ^(2006.01) **F04C 14/28** ^(2006.01)
F04B 51/00 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **19728623.0**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F04C 2/1073; F04B 51/00; F04C 14/28;
F04C 2270/16; F04C 2270/80; F04C 2270/86

(22) Anmeldetag: **29.05.2019**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2019/063983

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2019/233859 (12.12.2019 Gazette 2019/50)

(54) **VERFAHREN ZUR BESTIMMUNG ODER ÜBERWACHUNG DES ZUSTANDES EINER EXZENTERSCHNECKENPUMPE**

METHOD FOR DETERMINING OR MONITORING THE STATE OF AN ECCENTRIC SCREW PUMP

PROCÉDÉ POUR DÉTERMINER OU SURVEILLER L'ÉTAT D'UNE POMPE À VIS EXCENTRIQUE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **05.06.2018 DE 102018113347**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
14.04.2021 Patentblatt 2021/15

(73) Patentinhaber: **Seepex GmbH**
46240 Bottrop (DE)

(72) Erfinder:
• **SCHULZ, Johannes**
46242 Bottrop (DE)
• **PLAZAR, Sascha**
44628 Herne (DE)

(74) Vertreter: **Andrejewski - Honke**
Patent- und Rechtsanwälte Partnerschaft mbB
An der Reichsbank 8
45127 Essen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A1- 10 334 817 DE-A1- 102010 005 049
DE-C1- 19 625 947 US-A1- 2017 090 457

EP 3 803 122 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung oder Überwachung des Zustandes (z. B. Betriebszustandes, Verschleißzustandes oder Stöorzustandes) einer Exzentrerschneckenpumpe, welche einen Stator aus einem elastischen Material und einen mit einer Pumpenfrequenz in dem Stator rotierenden Rotor aufweist. Bei einer solchen Exzentrerschneckenpumpe ist der Rotor z. B. über zumindest eine Kuppelstange, welche auch als Gelenkwelle bezeichnet wird, mit einem Antrieb verbunden. Die Pumpe weist ein z. B. saugseitig an den Stator angeschlossenes Pumpengehäuse, z. B. Sauggehäuse auf, welches in der Regel eine Gehäuseöffnung, z. B. eine Einlassöffnung, für das zu fördernde Medium aufweist. Ferner weist die Pumpe ein an den Stator z. B. druckseitig angeschlossenes Pumpengehäuse, z. B. einen Druckstutzen und/oder eine druckseitige Leitung auf. Bei einer solchen Exzentrerschneckenpumpe handelt es sich um eine Pumpe aus der Gruppe der rotierenden Verdränger pumpen, die zur Förderung unterschiedlichster Medien und insbesondere hochviskoser Flüssigkeiten in unterschiedlichen Industriebereichen verwendet werden. Die zu fördernden Medien können dabei z. B. auch Feststoffanteile enthalten.

[0002] Der Stator besteht z. B. aus einem elastischen, vorzugsweise elastomeren Material und ist in der Regel von einem einteiligen oder mehrteiligen Statormantel bzw. Statorgehäuse umgeben. Das saugseitig an den Stator angeschlossene Pumpengehäuse wird in der Regel als Sauggehäuse bezeichnet und das druckseitig an den Stator angeschlossene Gehäuse als Druckstutzen. Grundsätzlich besteht aber auch die Möglichkeit, eine solche Pumpe in entgegengesetzter Förderrichtung zu betreiben. Die rotierende und zugleich die Exzentrizität gewährleistende Verbindung zwischen dem Antrieb bzw. der Verbindungswelle einerseits und dem Rotor andererseits erfolgt über die im Pumpengehäuse angeordnete Kuppelstange. Die Kuppelstange kann dabei z. B. über ein rotorseitiges Gelenk mit dem Rotor und über ein antriebsseitiges Gelenk mit der Antriebswelle oder Verbindungswelle verbunden sein. Grundsätzlich sind aber auch Ausführungsformen mit flexibler Kuppelstange ohne Gelenke vom Schutzzumfang erfasst.

[0003] Solche Exzentrerschneckenpumpen sind z. B. aus der DE 10 2014 112 552 A1, DE 10 2010 037 440 A1 und der WO 2009/024279 A1 bekannt.

[0004] In der Praxis unterliegen die Exzentrerschneckenpumpen bzw. deren Komponenten während des Betriebes einem Verschleiß, so dass in regelmäßigen Abständen Wartungsarbeiten oder Instandhaltungsmaßnahmen erforderlich sind. Typische Verschleißteile sind insbesondere der elastische Stator, aber auch der in dem elastischen Stator rotierende Rotor. Es ist daher bekannt, den Verschleiß dieser Komponenten während des Betriebes durch Ermittlung geeigneter Parameter zu überwachen. So besteht z. B. die Möglichkeit, den Durch-

fluss bzw. die Fördermenge zu registrieren und diese Werte mit den jeweiligen Drehzahlen des Rotors zu vergleichen. In ähnlicher Weise kann auch der Gegendruck der Pumpe im Vergleich zur Drehzahl ermittelt werden. Bei den insoweit bekannten Methoden erfolgt somit eine indirekte Ermittlung des Verschleißzustandes.

[0005] Alternativ ist aus der DE 20 2005 008 989 U1 eine Exzentrerschneckenpumpe bekannt, bei welcher dem Stator ein Messaufnehmer zugeordnet ist, mit dem Kompressionen und/oder Bewegungen des Stators bzw. des elastischen Materials im Zuge der Rotation des Rotors gemessen werden. Bei dem Messaufnehmer kann es sich z. B. um einen Druckaufnehmer oder einen Kraftaufnehmer handeln, der in den Stator integriert ist und Kompressionen des Stators registriert. Damit wird ein Messsignal in Abhängigkeit von der Zeit registriert und zur Ermittlung des Verschleißzustandes wird das ermittelte zeitabhängige Messsignal mit gespeicherten Referenzsignalen verglichen. Dabei wird ausgenutzt, dass mit zunehmendem Materialabtrag im Bereich des Stators auch der von dem Rotor im Zuge der Rotation auf den elastomeren Stator übertragene Druck bzw. die Kompression sinkt. Wird zu einem bestimmten Zeitpunkt ein Drucksignal ermittelt und registriert und dabei festgestellt, dass das Drucksignal wesentlich geringer als die zuvor gespeicherten Referenzsignale ist, so ist dieses ein zuverlässiges Indiz für einen entsprechenden Verschleiß des Stators. Aufgrund des periodischen Betriebes des Rotors handelt es sich bei dem in Abhängigkeit von der Zeit registrierten Messsignal um ein periodisches Signal. Während sich die Periode bzw. Frequenz dieses Signals bei vorgegebener Rotorfrequenz mit zunehmendem Verschleiß in der Regel nicht ändert, nimmt die Amplitude des periodischen Signals mit zunehmendem Verschleiß ab, da der auf den Drucksensor wirkende Druck oder der von dem Wegaufnehmer registrierte Weg entsprechend abnimmt. Das insoweit bekannte Prinzip basiert unmittelbar auf der periodischen Kompression des Stators im Zuge der Rotation des Rotors.

[0006] Der Erfindung liegt das technische Problem zugrunde, ein Verfahren zu schaffen, mit dem sich auf einfache Weise der Zustand einer Exzentrerschneckenpumpe, z. B. ein Verschleißzustand, Betriebszustand oder Stöorzustand, zuverlässig ermitteln lässt.

[0007] Zur Lösung dieser Aufgabe lehrt die Erfindung ein Verfahren zur Bestimmung oder Überwachung des Zustandes einer Exzentrerschneckenpumpe, welche einen Stator und einen mit einer Pumpenfrequenz in dem Stator rotierenden Rotor aufweist,

wobei der zeitliche Verlauf eines Betriebsparameters der Pumpe zur Verfügung gestellt wird, welcher periodisch mit der Pumpenfrequenz oder einem Vielfachen der Pumpenfrequenz pulsiert und dessen Pulsationsamplitude vom Zustand der Exzentrerschneckenpumpe abhängt,

wobei (aus dem zeitlichen Verlauf des Betriebspa-

rameters) die Pulsationsamplitude ermittelt wird und durch Vergleich der Pulsationsamplitude mit einem oder mehreren Vergleichswerten der Zustand der Exzentrerschneckenpumpe bestimmt wird. Vergleichswerte können z. B. im Vorfeld bestimmt und in einem Speicher hinterlegt werden. Es ist aber auch möglich, die Vergleichswerte während des Betriebes zu ermitteln und in dem Speicher zu speichern. So können Vergleichswerte dynamisch auf der Grundlage einer Vielzahl während des (Normal-) Betriebes aufgenommener Werte ermittelt werden, z. B. mit Hilfe von statistischen oder neuronalen Verfahren im Sinne eines maschinellen Lernens. Somit kommen auch erlernte Vergleichswerte in Betracht bzw. ein (parametrisierter) Algorithmus, der zur Bestimmung eines Vergleichswertes herangezogen wird. Solche Vergleichswerte bzw. Algorithmen können z. B. beim Betrieb der Pumpe erlernt werden. Sie werden z. B. in einem flüchtigen Speicher (Register, RAM) gespeichert.

[0008] Erfindungsgemäß wird als Betriebsparameter der Betriebsdruck der Exzentrerschneckenpumpe zur Verfügung gestellt und die Pulsationsamplitude der Druckpulsation ermittelt. In einem idealen System variiert der Betriebsdruck der Exzentrerschneckenpumpe nicht mit der Rotation bzw. Rotationsfrequenz der Pumpe, d. h. eine ideale Exzentrerschneckenpumpe ist bezogen auf den Betriebsdruck frei von Druckpulsationen. In der Praxis sind Exzentrerschneckenpumpen zwar tatsächlich vergleichsweise pulsationsarm, dennoch weisen sie gewisse Druckpulsationen auf, die auf die sich ändernden Dichtlinien während einer Umdrehung und minimale Geometrieunterschiede von Rotor und Stator zurückzuführen sind. Die Erfindung hat erkannt, dass die Pulsationsamplitude der Druckpulsation sehr deutlich vom Verschleiß der maßgeblichen Komponenten einer Exzentrerschneckenpumpe, insbesondere Stator und/oder Rotor, abhängt. Zurückzuführen ist dieses darauf, dass sich bei zunehmendem Verschleiß von Rotor und/oder Stator die Dichtlinie und auch die Förderkammer ändert und dieses lässt sich im zeitlichen Druckverlauf deutlich erkennen und für eine Verschleißbestimmung oder Verschleißüberwachung ausnutzen. Dem während des Betriebs einer Exzentrerschneckenpumpe auf einer Zeitskala im Sekundenbereich oder Minutenbereich konstanten oder abfallenden oder ansteigenden Druck ist in der Praxis folglich eine periodisch variierende Druckpulsation überlagert und die Pulsationsamplitude dieser Druckpulsation nimmt mit zunehmendem Verschleiß des Stators und/oder des Rotors zu. Durch Bestimmung der Pulsationsamplitude zu einem bestimmten Zeitpunkt oder Überwachung der Pulsationsamplitude über einen bestimmten Zeitraum und einen Vergleich mit zuvor hinterlegten Vergleichswerten lässt sich auf einfache Weise der Verschleißzustand der Exzentrerschneckenpumpe, z. B. des Stators und/oder Rotors ermitteln/überwachen. Alternativ kann sich die Ermittlung bzw. Überwachung

des Zustandes einer Pumpe aber auch auf einen Störzustand der Pumpe beziehen, z. B. auf einen Trockenlauf oder einen Überdruck der Pumpe.

[0009] Aus dem zeitlichen Verlauf des Betriebsparameters, d. h. des Betriebsdruckes der Pumpe, kann unmittelbar die Pulsationsamplitude und folglich die Amplitude der Druckpulsation bestimmt und damit auf den Zustand, z. B. Verschleißzustand geschlossen werden. In einer bevorzugten Ausführungsform wird jedoch die Pulsationsamplitude nicht unmittelbar aus dem zeitlichen Druckverlauf ermittelt, sondern der zeitliche Verlauf des periodisch pulsierenden Betriebsparameters, z. B. der zeitliche Druckverlauf, wird zunächst in einen Frequenzverlauf transformiert, z. B. durch eine Fourier-Transformation. Aus diesem Frequenzverlauf lässt sich als Maß für den Verschleiß der Pumpe die Amplitude in der Pumpenfrequenz (d. h. ersten Harmonischen) oder einer Oberschwingung in diesem Frequenzverlauf, z. B. der ersten Oberschwingung (zweiten Harmonischen) oder der zweiten Oberschwingung (dritten Harmonischen) des Frequenzverlaufs ermitteln. Überraschend haben Versuche gezeigt, dass die Amplitudenentwicklung der Druckpulsation in der ersten Oberschwingung der Pumpenfrequenz sogar größer als in der Pumpenfrequenz selbst ist, so dass für die Auswertung bevorzugt aus dem Frequenzspektrum nicht die Amplitudenentwicklung der Pumpenfrequenz, sondern einer Oberschwingung der Pumpenfrequenz, z. B. der ersten oder zweiten Oberschwingung herangezogen wird. Im Einzelnen wird dazu auf die Figurenbeschreibung verwiesen.

[0010] Die Erfindung besteht darin, den Betriebsdruck der Pumpe bzw. die Druckpulsationen unmittelbar durch eine Druckmessung, z. B. mit einem Druckmessgerät zu ermitteln. Die Ermittlung des Betriebsdruckes erfolgt auf der Druckseite des Stators, z. B. in oder an einem druckseitig an den Stator angeschlossenen Druckstutzen oder in oder an einer druckseitig an den Stator angeschlossenen Leitung.

[0011] Alternativ zum Betriebsdruck, jedoch vom Umfang der beigefügten Ansprüche ausgeschlossen, kann als Betriebsparameter z. B. auch das Drehmoment oder der Motorstrom des Pumpenantriebes zur Verfügung gestellt bzw. verwendet werden. In diesem Fall wird die Pulsationsamplitude der Drehmomentpulsation oder Motorstrompulsation ermittelt. So führt z. B. der Verschleiß an Stator und/oder Rotor bei einer Exzentrerschneckenpumpe typischerweise nicht nur zu Druckpulsationen, sondern ebenfalls zu pulsationsartigen Änderungen des Drehmomentes der Pumpe, weshalb die Drehmomentpulsation als Betriebsparameter genutzt werden kann. Weiterhin führen die pulsationsartigen Änderungen des Drehmomentes zu einer pulsierenden Leistungsaufnahme bzw. Stromaufnahme, so dass auch die Leistungsaufnahme bzw. Stromaufnahme als Betriebsparameter verwendet werden kann. Ebenso führen verschleißbedingte Änderungen an der Rotor-Stator-Geometrie der Pumpe zu periodischen bzw. pulsierenden Änderungen des Körperschalls, so dass auch der

Körperschall als Betriebsparameter verwendet werden kann.

[0012] Zum einen steht erfindungsgemäß die Ermittlung bzw. Überwachung eines Verschleißzustandes der Pumpe, z. B. von Rotor und/oder Stator im Vordergrund. Zum anderen kann aber auch ein bestimmter Betriebszustand oder Stöorzustand ermittelt oder überwacht werden, z. B. ein Trockenlauf, ein Überdruck, eine unzureichende oder übermäßige Klemmung eines verspannbaren Stators, Änderungen der Rotor/Stator-Geometrie, z. B. der Dichtlinie, oder auch ein Aufquellen des Stators bei Medienunverträglichkeit.

[0013] Als Alternative, die nicht in den Umfang der Ansprüche fällt, fasst die Erfindung im Übrigen auch die Analyse des zeitlichen Verlaufs anderer Betriebsparameter einer Pumpe um, die periodisch mit der Pumpenfrequenz pulsieren und deren Pulsationsamplitude vom Zustand der Exzentrerschneckenpumpe abhängt. Ein solcher Betriebsparameter kann in der beschriebenen Weise durch eine Messung zur Verfügung gestellt, d. h. gemessen werden. Alternativ ist es ebenso möglich, den jeweiligen Betriebsparameter nicht direkt zu messen, sondern aus direkt gemessenen Werten zu berechnen. Bevorzugt erfolgt in der bereits beschriebenen Weise eine Transformation des zeitlichen Verlaufs in ein Frequenzspektrum.

[0014] Das erfindungsgemäße Verfahren hat auch den Vorteil, dass das Auftreten der für den Verschleiß interessanten Frequenzen als Vielfache der Pumpenfrequenz, die bekannt ist oder sich leicht ermitteln lässt, eine einfache und wirkungsvolle Filterung der Daten von Einflüssen aus dem Prozess bzw. der Anlage ermöglicht.

[0015] Gegenstand der Erfindung ist auch eine Überwachungs Vorrichtung für eine Exzentrerschneckenpumpe bzw. eine Exzentrerschneckenpumpe mit einer solchen Überwachungs Vorrichtung zur Durchführung des beschriebenen Verfahrens. Eine solche Überwachungs Vorrichtung umfasst folglich Mittel, z. B. eine elektronische Auswerteeinheit, einen Rechner oder dergleichen, die geeignet (und dazu programmtechnisch eingerichtet) sind, das beschriebene Verfahren zur Bestimmung und Überwachung des Zustandes der Exzentrerschneckenpumpe durchzuführen. Eine solche Überwachungs Vorrichtung kann z. B. einen Sensor zur Messung des Betriebsparameters aufweisen oder mit einem solchen Sensor verbunden sein. Bei einem Sensor kann es sich z. B. um einen Drucksensor zur Ermittlung und kontinuierlichen Aufzeichnung des Betriebsdruckes der Exzentrerschneckenpumpe handeln. Außerdem kann die Überwachungs Vorrichtung eine optische und/oder eine akustische Anzeige aufweisen, mit der der ermittelte Zustand der Exzentrerschneckenpumpe angezeigt wird. Die Überwachungs Vorrichtung mit optischer oder akustischer Anzeige kann grundsätzlich unmittelbar in die Exzentrerschneckenpumpe integriert sein, so dass der Verschleißzustand oder ein Betriebs- oder Stöorzustand an der Exzentrerschneckenpumpe unmittelbar angezeigt werden kann. Bevorzugt wird jedoch eine separate Über-

wachungsvorrichtung zur Verfügung gestellt, die lediglich auf die Betriebsparameter der Exzentrerschneckenpumpe zugreifen muss. Insofern kann es sich bei der Überwachungs Vorrichtung auch um einen Rechner bzw. Computer handeln, der für die Durchführung des beschriebenen Verfahrens und folglich für die Bestimmung oder Überwachung des Zustandes der Exzentrerschneckenpumpe eingerichtet ist. Das erfindungsgemäße Verfahren kann z. B. als Computerprogramm bzw. Computerprogrammprodukt zur Verfügung gestellt werden, welches Befehle umfasst, mit denen auf einer solchen Überwachungs Vorrichtung, z. B. einem Computer/Rechner oder dergleichen, das beschriebene Verfahren ausgeführt wird. So lässt sich ein solches Computerprogramm z. B. auf einem handelsüblichen Rechner, Tablet oder auch Smartphone installieren und die für die Durchführung des Verfahrens erforderlichen Betriebsparameter bzw. der zeitliche Verlauf der Betriebsparameter lassen sich drahtgebunden oder drahtlos an das Gerät übermitteln und mit Hilfe des Computerprogramms lässt sich aus den übermittelten Betriebsparametern bzw. Betriebsdaten der Verschleißzustand ermitteln.

[0016] Im Übrigen erfasst die Erfindung jedoch nicht nur die Ermittlung des Verschleißzustandes der Exzentrerschneckenpumpe, sondern alternativ auch die Bestimmung und Überwachung eines Betriebs- oder Stöorzustandes, z. B. eines Trockenlaufs der Exzentrerschneckenpumpe. Denn die Pulsationsamplitude des Betriebsparameters, z. B. der Druckpulsationen, ändert sich auch bei einem Trockenlauf der Pumpe gegenüber einem Normalbetrieb, so dass erfindungsgemäß auch ein Trockenlaufschutz für eine Exzentrerschneckenpumpe realisiert werden kann. Im Übrigen kommt auch die Ermittlung bzw. die Überwachung anderer Betriebszustände, z. B. Stöorzustände in Betracht, insbesondere die Überwachung von Geometrieänderungen von Rotor und/oder Stator.

[0017] Die erfindungsgemäße Überwachungs Vorrichtung weist bevorzugt einen Speicher auf, in dem die für die Auswertung erforderlichen Vergleichswerte für die Pulsationsamplituden gespeichert werden, so dass die ermittelten Pulsationsamplituden mit den gespeicherten Pulsationsamplituden zur Feststellung eines Verschleißzustandes oder auch Betriebszustandes der Pumpe verglichen werden. Mit der Überwachungseinrichtung kann im Übrigen auch die erwähnte dynamische Bestimmung und Speicherung von Vergleichswerten erfolgen, so dass entsprechende Algorithmen für eine solche dynamische Bestimmung, z. B. im Sinne eines maschinellen Lernens ebenfalls in der Überwachungseinrichtung enthalten sein können. Die Überwachungs Vorrichtung weist im Übrigen bevorzugt eine elektronische Auswerteeinheit auf, die dazu eingerichtet ist, die zur Verfügung gestellten Signale, z. B. Signale einer Messeinrichtung, mit der erforderlichen Frequenzauflösung zu erfassen und zu verwerten. Auch der Sensor muss hinsichtlich der Zeitauf Auflösung in der Lage sein, den Betriebsparameter mit der Pumpenfrequenz zu erfassen.

[0018] Es besteht im Übrigen die Möglichkeit, die mit dem erfindungsgemäßen Verfahren gewonnenen Informationen zum Zustand (Verschleißzustand oder Stöorzustand) in unterschiedlicher Weise zu nutzen. Zum einen kann eine bloße Information im Sinne einer Visualisierung stattfinden, so dass bei Bedarf Wartungsmaßnahmen durchgeführt werden können. Es besteht aber optional auch die Möglichkeit, die Exzentrerschneckenpumpe in Abhängigkeit von dem ermittelten Zustand, z. B. Verschleißzustand, zu betreiben und folglich den Betrieb der Exzentrerschneckenpumpe an die ermittelten Informationen anzupassen.

[0019] Damit besteht z. B. die Möglichkeit, die Erfindung bei einer Exzentrerschneckenpumpe mit automatisierter Zustellung zu realisieren, die z. B. in der DE 10 2014 112 552 A1 beschrieben wird.

[0020] Es ist darüber hinaus möglich, dass der Zeitpunkt des durch das System bestimmten einsetzenden Verschleißes als Startpunkt für eine auf anderen Messgrößen basierende Verschleißverlaufsvorhersage dient.

[0021] Im Folgenden wird die Erfindung anhand von lediglich Ausführungsbeispielen darstellenden Zeichnungen erläutert. Es zeigen

Fig. 1 eine Exzentrerschneckenpumpe mit einer Überwachungsvorrichtung zur Überwachung des Zustandes, z. B. Verschleißzustandes,

Fig. 2a bis 2c den zeitlichen Verlauf von Druckpulsationen der Exzentrerschneckenpumpe,

Fig. 3a bis 3c die Druckpulsation nach Fig. 2a bis 2c in einem Frequenzspektrum,

Fig. 4 die zeitliche Entwicklung der Pulsationsamplituden.

[0022] In Fig. 1 ist eine übliche Exzentrerschneckenpumpe dargestellt, die einen Stator 1 aus einem elastischen Material und einen in dem Stator 1 rotierenden Rotor 2 aufweist, wobei der Stator 1 von einem Statormantel 3 umgeben ist. Ferner weist die Pumpe ein Sauggehäuse 4 sowie einen Anschlussstutzen 5 auf, welcher auch als Druckstutzen 5 bezeichnet wird. Die Pumpe weist außerdem einen Pumpenantrieb 6 auf, der über eine Kuppelstange 7 auf den Rotor 2 arbeitet. Die Kuppelstange 7 ist über ein antriebsseitiges Kupplungsgelenk 8 an den Antrieb 6 bzw. eine Antriebswelle und über ein rotorseitiges Kupplungsgelenk 9 an den Rotor 2 angeschlossen.

[0023] In dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist im Bereich des Druckstutzens 5 ein Drucksensor 11 vorgesehen, mit dem der Betriebsdruck der Exzentrerschneckenpumpe gemessen wird. Die Exzentrerschneckenpumpe bzw. der Sensor 11 ist mit einer Überwachungsvorrichtung 10 verbunden, mit der sich der Verschleiß-

zustand der Exzentrerschneckenpumpe bestimmen oder überwachen lässt. Diese Überwachungsvorrichtung 10 arbeitet auf der Grundlage der Analyse von Druckpulsationen. Denn auch wenn eine Exzentrerschneckenpumpe verhältnismäßig pulsationsarm ist, so treten in der Praxis Druckpulsationen auf, d. h. der zeitliche Verlauf des Betriebsdruckes der Exzentrerschneckenpumpe pulsiert periodisch mit der Pumpenfrequenz. Dem während des Betriebes in der Regel auf einer Zeitskala im Sekunden- oder Minutenbereich konstanten Betriebsdruck ist folglich bei einer Analyse in einem höher frequenten Bereich eine periodische Pulsation überlagert, wobei die Pulsationsamplitude vom Verschleißzustand des Stators und/oder des Rotors abhängt, nämlich mit dem Verschleißzustand zunimmt. Dieses ergibt sich aus einer vergleichenden Betrachtung der Figuren 2a bis 2c. Diese Figuren zeigen den zeitlichen Verlauf der Druckpulsation Δp zu einem ersten Zeitpunkt T1 in Fig. 2a mit geringem Verschleiß und zu einem zweiten Zeitpunkt T2 mit mittlerem Verschleiß in Fig. 2b sowie einem dritten Zeitpunkt T3 mit hohem Verschleiß in Fig. 2c. Es ist erkennbar, dass die Pulsationsamplitude Δp mit zunehmender Betriebsdauer der Pumpe und folglich zunehmendem Verschleiß signifikant zunimmt.

[0024] Noch deutlicher wird dieser Effekt in dem in den Figuren 3a bis 3c dargestellten Frequenzspektralen. Die Figuren 3a bis 3c zeigen die Amplitudenentwicklung A der Druckpulsationen in einem Frequenzbereich, wobei sich die Funktionen gemäß Figuren 3a bis 3c jeweils durch Fourier-Transformation aus den Funktionen nach Fig. 2a bis 2c ergeben. In dem Ausführungsbeispiel wurde die Pumpe mit einer Pumpenfrequenz von 100 Umdrehungen pro Minute und folglich einer Pumpenfrequenz von 1,7 Hz betrieben. In den Figuren 3a bis 3c sind die Pulsationsamplituden für die Pumpenfrequenz bei etwa 1,7 Hz und die erste Oberschwingung bei etwa 3,3 Hz sowie die zweite Oberschwingung bei etwa 5 Hz und die dritte Oberschwingung bei etwa 6,7 Hz erkennbar. Dabei wird deutlich, dass sich die Druckpulsationen besonders signifikant anhand der ersten Oberschwingung des Frequenzspektrums analysieren lassen.

[0025] Die Amplitudenentwicklung der Druckpulsationen, die in den Figuren 3a bis 3c für lediglich drei Werte dargestellt ist, ist in Fig. 4 in Abhängigkeit von der Betriebszeit aufgetragen, wobei in einem Versuch durch ein geeignetes Medium ein besonders starker Verschleiß über eine bestimmte Betriebszeit erzeugt wurde. Es ist erkennbar, dass die Pulsationsamplitude sowohl für die Pumpenfrequenz als auch für die ersten drei Oberschwingung mit steigender Betriebszeit ansteigt, so dass auf diese Weise eine Bestimmung und Überwachung des Verschleißes der Exzentrerschneckenpumpe möglich wird, insbesondere indem die ermittelten Werte mit zuvor aufgenommenen Vergleichswerten verglichen werden.

[0026] Dazu dient die in Fig. 1 lediglich angedeutete Überwachungseinrichtung, welche die Sensordaten er-

fasst und mit einer Auswerteelektronik auswertet, die in der Lage ist, die Sensorsignale "hochfrequent" d. h. in einem kHz-Bereich auslesen zu können. Aus den ermittelten Daten werden dann die Frequenzspektren erzeugt und durch Vergleich mit zuvor gespeicherten/ermittelten Daten der Verschleißzustand oder auch ein Stöorzustand bestimmt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung oder Überwachung des Zustandes einer Exzentrerschneckenpumpe, welche einen Stator und einen mit einer Pumpenfrequenz in dem Stator rotierenden Rotor aufweist,

wobei der zeitliche Verlauf eines Betriebsparameters der Pumpe zur Verfügung gestellt wird, welcher periodisch mit der Pumpenfrequenz oder einem Vielfachen der Pumpenfrequenz pulsiert und dessen Pulsationsamplitude vom Zustand der Exzentrerschneckenpumpe abhängt, wobei die Pulsationsamplitude ermittelt wird und durch Vergleich der Pulsationsamplitude mit einem oder mehreren Vergleichswerten der Zustand der Exzentrerschneckenpumpe bestimmt wird, wobei als Zustand ein Verschleißzustand der Exzentrerschneckenpumpe bestimmt oder überwacht wird, wobei als Betriebsparameter der Betriebsdruck durch eine Messung auf der Druckseite des Stators zur Verfügung gestellt und die Pulsationsamplitude der Druckpulsation ermittelt wird, wobei die Pulsationsamplitude der Druckpulsation von dem Verschleißzustand des Stators und/oder des Rotors abhängt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Pulsationsamplitude mit dem Verschleißzustand des Stators und/oder des Rotors zunimmt.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei der Betriebsdruck bzw. die Druckpulsation unmittelbar durch eine Druckmessung mit einem Druckmessgerät ermittelt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der Betriebsdruck in oder an einem druckseitig an den Stator angeschlossenen Druckstutzen oder in oder an einer druckseitig an den Stator angeschlossenen Leitung gemessen wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der zeitliche Verlauf des periodisch pulsierenden Betriebsparameters, nämlich der zeitliche Druckver-

lauf, in einen Frequenzverlauf transformiert wird, z. B. durch Fourier-Transformation, wobei aus dem Frequenzverlauf die Amplitude in der Pumpenfrequenz oder einer Oberschwingung des Frequenzverlaufs, z. B. der ersten Oberschwingung, als Pulsationsamplitude ermittelt wird.

6. Überwachungsvorrichtung für eine Exzentrerschneckenpumpe, umfassend Mittel, die geeignet sind, das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5 durchzuführen.
7. Überwachungsvorrichtung nach Anspruch 6, umfassend zumindest einen Sensor zur Messung des Betriebsparameters und/oder umfassend eine optische und/oder akustische Anzeige, mit der der ermittelte Zustand der Exzentrerschneckenpumpe angezeigt wird.
8. Überwachungsvorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, umfassend einen Speicher, in dem Vergleichswerte gespeichert werden, mit denen die ermittelten Pulsationsamplituden verglichen werden.
9. Computerprogramm, umfassend Befehle, die bewirken, dass die Überwachungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 8 das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5 ausführt.
10. Exzentrerschneckenpumpe mit einer Überwachungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 8.

Claims

1. A method for determining or monitoring the state of a progressive cavity pump which has a stator and a rotor which is rotating in the stator with a pump frequency,

wherein the time curve of an operating parameter of the pump is provided, which operating parameter pulses periodically with the pump frequency or a multiple of the pump frequency and the pulsation amplitude of the operating parameter depends on the state of the progressive cavity pump, wherein the pulsation amplitude is ascertained and the state of the progressive cavity pump is determined by comparing the pulsation amplitude with one or more comparison values, wherein the state that is determined or monitored is a state of wear of the progressive cavity pump, wherein the operating pressure is provided as operating parameter by a measurement on the pressure side of the stator and the pulsation

- amplitude of the pressure pulsation is ascertained,
wherein the pulsation amplitude of the pressure pulsation depends on the state of wear of the stator and/or the rotor.
2. The method according to Claim 1, wherein the pulsation amplitude increases with the state of wear of the stator and/or the rotor.
 3. Method according to either of Claims 1 and 2, wherein the operating pressure or the pressure pulsation is ascertained directly by a pressure measurement using a pressure measuring device.
 4. The method according to one of Claims 1 to 3, wherein the operating pressure is measured in or at a pressure connection that is connected to the stator on the pressure side or in or at a line that is connected to the stator on the pressure side.
 5. The method according to one of Claims 1 to 4, wherein the time curve of the periodically pulsating operating parameter, namely the pressure curve over time, is transformed into a frequency curve, e.g. by Fourier transformation, wherein the amplitude in the pump frequency or a harmonic of the frequency curve, e.g. the first harmonic, is ascertained from the frequency curve as pulsation amplitude.
 6. A monitoring device for a progressive cavity pump, comprising means which are suitable for carrying out the method according to one of Claims 1 to 5.
 7. The monitoring device according to Claim 6, comprising at least one sensor for measuring the operating parameter and/or comprising an optical and/or acoustic indicator, using which the ascertained state of the progressive cavity pump is indicated.
 8. The monitoring device according to Claim 6 or 7, comprising a memory in which comparison values are stored, with which comparison values the ascertained pulsation amplitudes are compared.
 9. A computer program, comprising commands which cause the monitoring device according to one of Claims 6 to 8 to carry out the method according to one of Claims 1 to 5.
 10. A progressive cavity pump having a monitoring device according to one of Claims 6 to 8.

Revendications

1. Procédé de détermination ou de contrôle de l'état

d'une pompe à vis excentrée, laquelle comporte un stator et un rotor tournant dans le stator avec une fréquence de pompage,

- sachant que le profil temporel d'un paramètre de fonctionnement de la pompe est mis à disposition, lequel est périodiquement pulsé avec la fréquence de pompage ou un multiple de la fréquence de pompage et dont l'amplitude de pulsion dépend de l'état de la pompe à vis excentrée,
sachant que l'amplitude de pulsion est déterminée et que l'état de la pompe à vis excentrée est défini par comparaison de l'amplitude de pulsion avec une ou plusieurs valeurs de comparaison, sachant qu'un état d'usure de la pompe à vis excentrée est déterminé ou contrôlé en tant qu'état,
sachant que la pression de fonctionnement est mise à disposition en tant que paramètre de fonctionnement par une mesure sur le côté pression du stator et que l'amplitude de pulsion de la pulsion de pression est déterminée,
sachant que l'amplitude de pulsion de la pulsion de pression dépend de l'état d'usure du stator et/ou du rotor.
2. Procédé selon la revendication 1, sachant que l'amplitude de pulsion augmente avec l'état d'usure du stator et/ou du rotor.
3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, sachant que la pression de fonctionnement ou la pulsion de pression est déterminée directement par une mesure de pression avec un manomètre.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, sachant que la pression de fonctionnement est mesurée dans ou sur une tubulure de pression raccordée côté pression au stator ou dans ou sur une conduite raccordée côté pression au stator.
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, sachant que le profil temporel du paramètre de fonctionnement à pulsions périodiques, notamment le profil de pression temporel, est transformé en un profil de fréquence, par ex. : par la transformée de Fourier, sachant que l'amplitude dans la fréquence de pompage ou d'une harmonique du profil de fréquence, par ex. de la première harmonique, est déterminée en tant qu'amplitude de pulsation à partir du profil de fréquence.
6. Dispositif de contrôle pour une pompe à vis excentrée, comprenant des moyens qui sont adaptés pour effectuer le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5.

7. Dispositif de contrôle selon la revendication 6, comprenant au moins un capteur pour mesurer le paramètre de fonctionnement et/ou comprenant un affichage optique et/ou acoustique avec lequel l'état déterminé de la pompe à vis excentrée est affiché. 5
8. Dispositif de contrôle selon la revendication 6 ou 7, comprenant une mémoire dans laquelle sont mémorisées des valeurs de comparaison avec lesquelles sont comparées les amplitudes de pulsion déterminées. 10
9. Programme informatique comprenant des ordres, qui agissent de telle manière que le dispositif de contrôle selon l'une quelconque des revendications 6 à 8 exécute le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5. 15
10. Pompe à vis excentrée avec un dispositif de contrôle selon l'une quelconque des revendications 6 à 8. 20

25

30

35

40

45

50

55

Fig.1

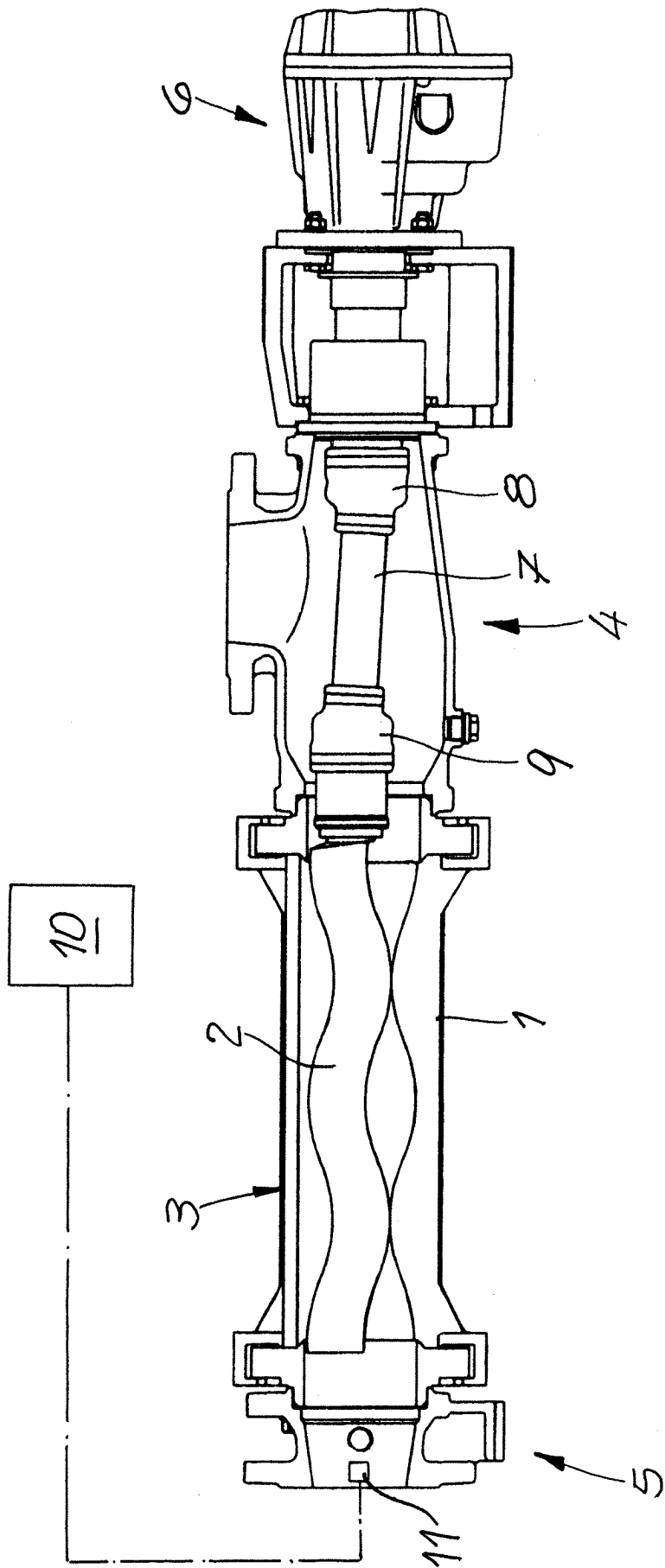


Fig. 2A

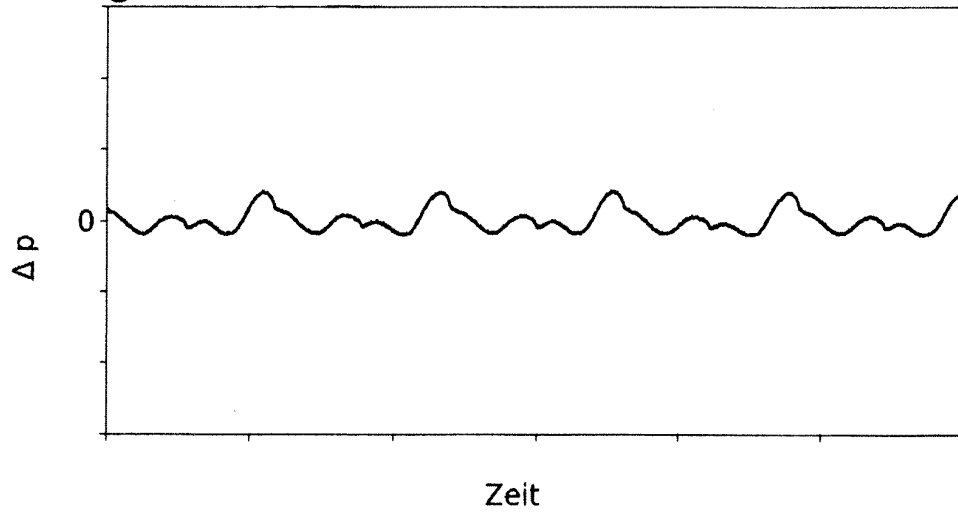


Fig. 2B

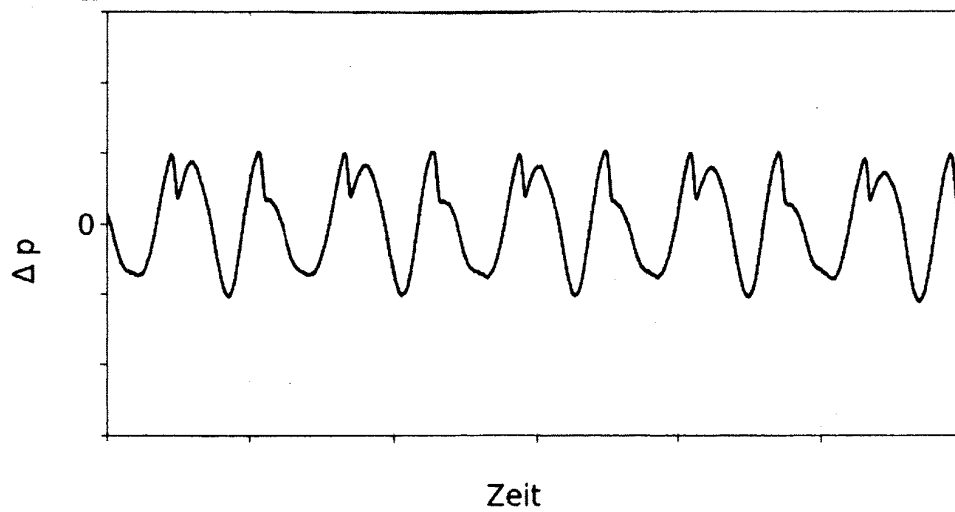


Fig. 2C

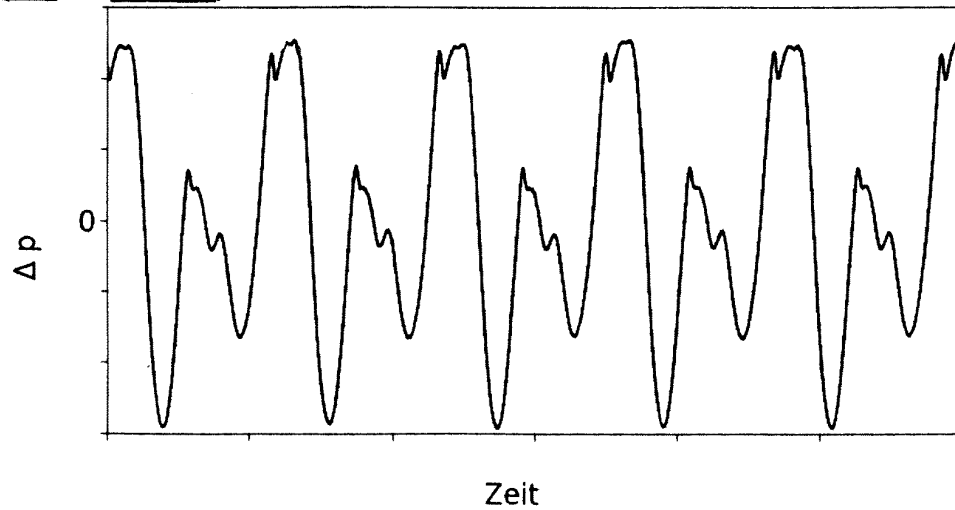


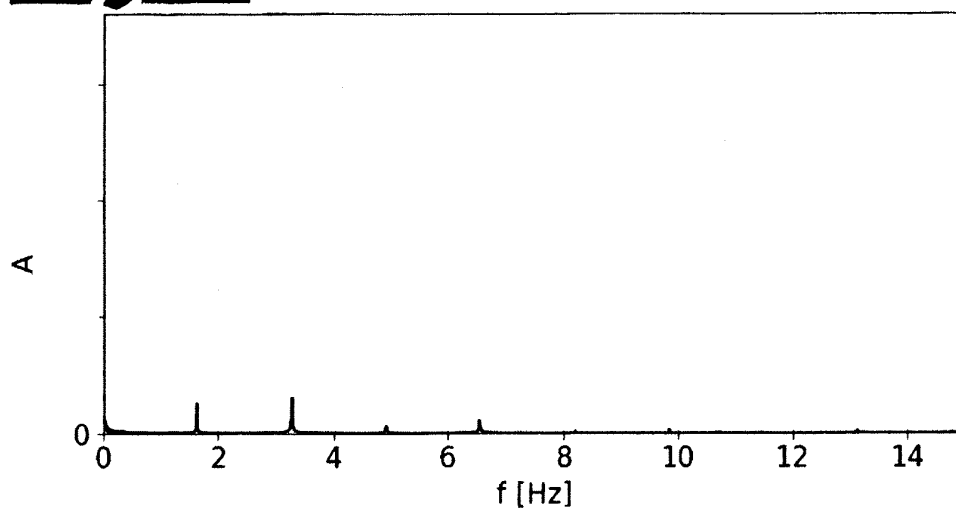
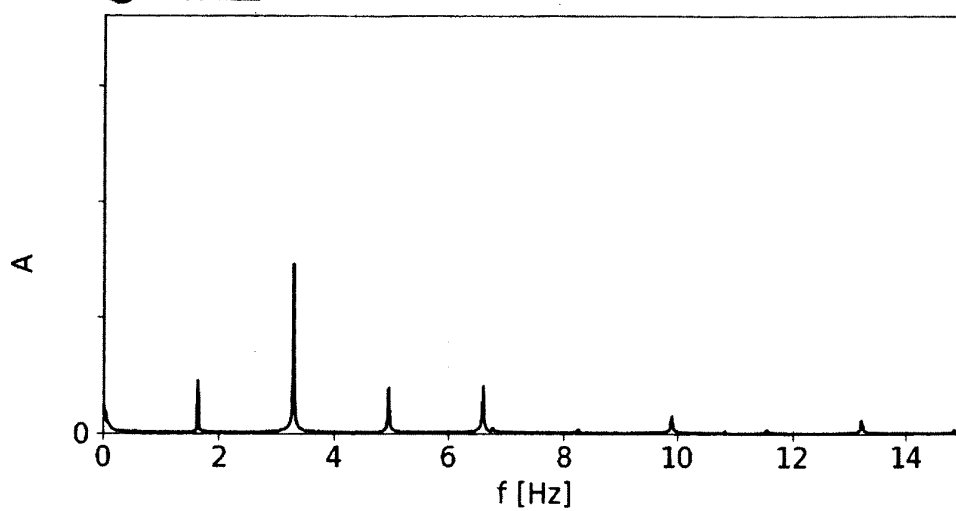
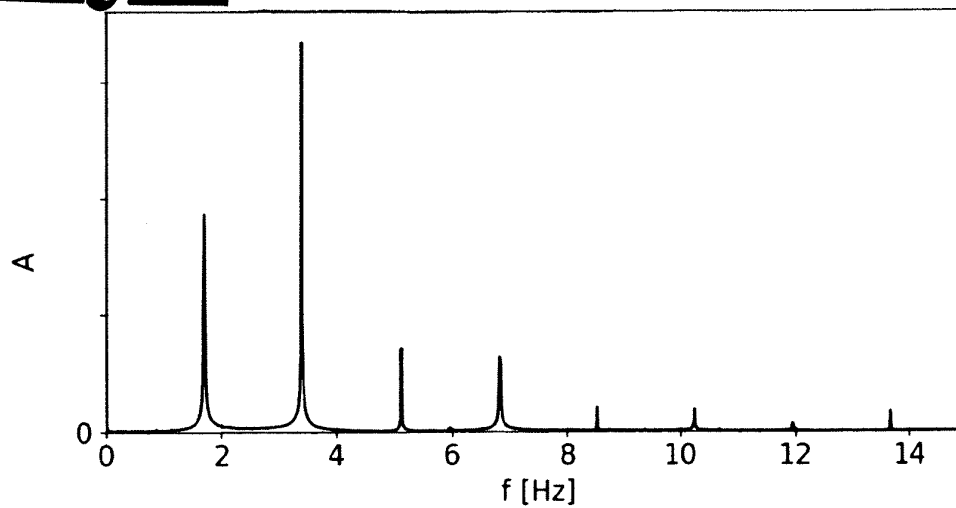
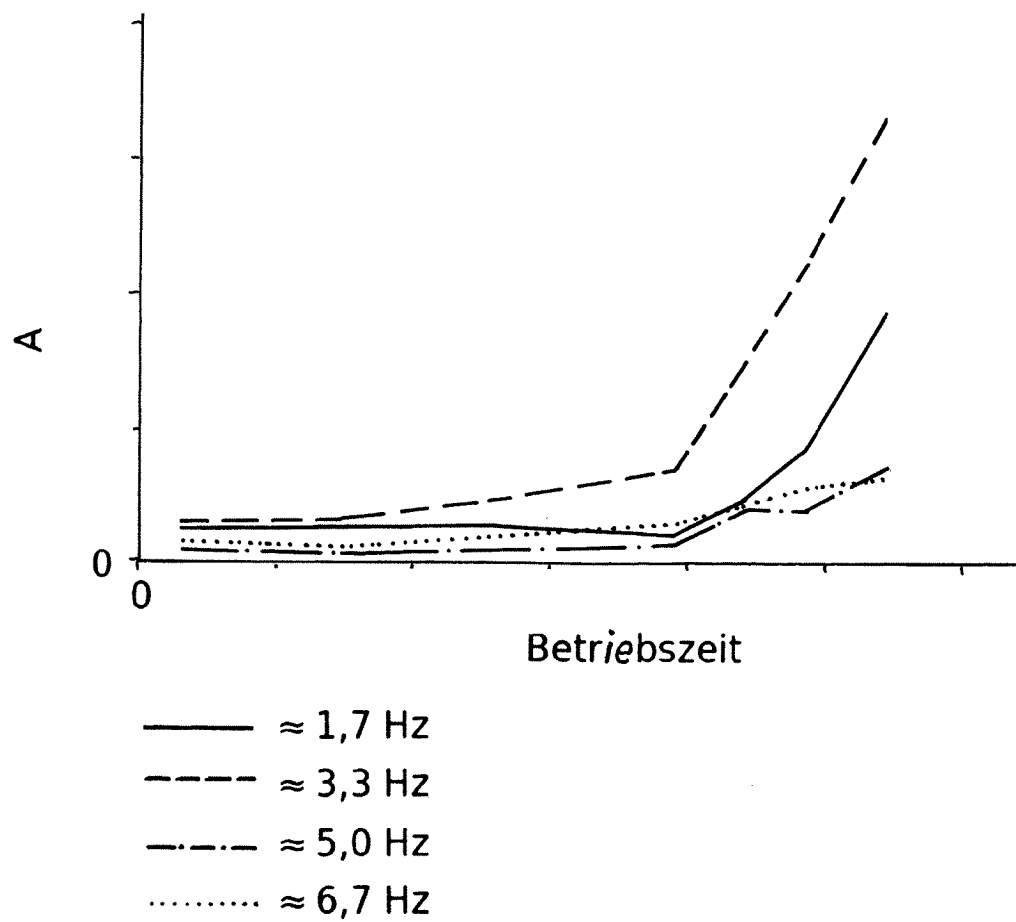
Fig. 3A**Fig. 3B****Fig. 3C**

Fig. 4



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102014112552 A1 [0003] [0019]
- DE 102010037440 A1 [0003]
- WO 2009024279 A1 [0003]
- DE 202005008989 U1 [0005]