

(19)



(11)

**EP 2 538 085 A2**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**26.12.2012 Patentblatt 2012/52**

(51) Int Cl.:  
**F04D 15/00** <sup>(2006.01)</sup> **F04D 15/02** <sup>(2006.01)</sup>  
**F04D 29/66** <sup>(2006.01)</sup>

(21) Anmeldenummer: **12173106.1**

(22) Anmeldetag: **22.06.2012**

(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**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME**

(71) Anmelder: **KSB Aktiengesellschaft**  
**67227 Frankenthal (DE)**

(72) Erfinder:  
• **Bosbach, Franz**  
**67251 Freinsheim (DE)**  
• **Emde, Christoph**  
**1727 Luxemburg (LU)**

(30) Priorität: **22.06.2011 DE 102011105649**  
**21.06.2012 DE 102012210518**

**(54) Pumpenanordnung und Verfahren**

(57) Die Erfindung betrifft eine Pumpenanordnung mit einer Pumpvorrichtung (1), insbesondere mit einer Kreiselpumpe, wobei die Pumpvorrichtung (1) ein wenigstens eine Ansaugöffnung (2), ein Laufradgehäuseteil (3) und eine Ausströmöffnung (4) umfassendes Gehäuse (5), eine wenigstens teilweise in dem Gehäuse (5) angeordnete und um eine Drehachse (A) in eine Drehbewegung versetzbare Antriebswelle (8) und wenigstens

ein im Laufradgehäuseteil (3) angeordnetes und an der Antriebswelle (8) befestigtes Laufrad (6) aufweist. Erfindungsgemäß ist eine Diagnoseeinheit (16) zur Ermittlung des Betriebszustands der Pumpvorrichtung (1) vorgesehen, wobei die Diagnoseeinheit (16) mit einer nahe der Ansaugöffnung (2) oder der Ausströmöffnung (4) der Pumpvorrichtung (1) angeordneten Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung (14) verbunden ist.

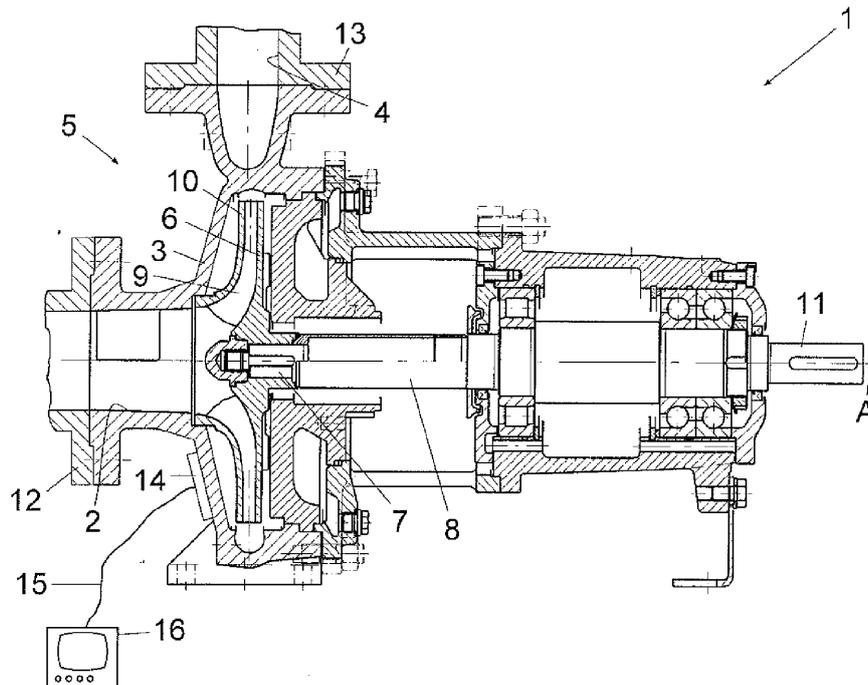


Fig. 1

**EP 2 538 085 A2**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Pumpenanordnung mit einer Pumpvorrichtung, insbesondere mit einer Kreiselpumpe, wobei die Pumpvorrichtung ein wenigstens eine Ansaugöffnung, ein Laufradgehäuseteil und eine Ausströmöffnung umfassendes Gehäuse, eine wenigstens teilweise in dem Gehäuse angeordnete und um eine Drehachse in eine Drehbewegung versetzbare Antriebswelle und wenigstens ein im Laufradgehäuseteil angeordnetes und an der Antriebswelle befestigtes Laufrad aufweist.

**[0002]** Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zur Ermittlung des Betriebszustands einer derartigen Pumpenanordnung.

**[0003]** Eine derartige Pumpenanordnung ist beispielsweise aus der DE 10 2005 023 269 A1 bekannt. Durch einen auf der Außenwand des Rohres befestigten Ultraschall-Strömungssensor wird die während des Betriebs der Kreiselpumpe vorhandene Strömung überwacht. Dies geschieht dadurch, dass ein Ultraschallsignal in die strömende Flüssigkeit gesendet, dort reflektiert und im Sensor wieder aufgefangen wird. Ein aus dem Signal gebildeter Messwert gibt Aufschluss über die Strömungsgeschwindigkeit. Da die Strömung im Rohr nicht nur von etwaigen Verstopfungen an der Injektordüse, sondern Veränderungen im gesamten Förderbereich der Kreiselpumpe beeinflusst wird, erfasst der Strömungssensor auch an anderer Stelle, also beispielsweise im Ansaugbereich auftretende Störungen. Über ein Sensorkabel übermittelt der Strömungssensor den jeweiligen Betriebszustand an ein Anzeigegerät, welches in seiner Anzeigefunktion ähnlich gestaltet ist wie eine Verkehrsampel: Konstant grünes Licht deutet auf einen einwandfreien Betrieb hin, gelb blinkendes Licht zeigt eine Teilverstopfung an und konstant rotes Licht warnt bei einer Betriebsstörung, die vor allem durch eine Verstopfung ausgelöst worden sein kann.

**[0004]** Beim Betrieb einer gattungsgemäßen Pumpenanordnung kann es, insbesondere an der Oberfläche des Laufrades der Pumpvorrichtung, insbesondere einer Kreiselpumpe, zu Verschleiß, insbesondere dem sogenannten Kavitationsfraß kommen. Teile des Laufrades können durch die hohen mechanischen Beanspruchungen in mikroskopisch kleinen Teilen deformiert werden. Nach einiger Zeit können aus der Oberfläche größere Partikel herausbrechen, wodurch der Wirkungsgrad der Pumpe stark gemindert wird.

**[0005]** Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, den Betriebszustand, insbesondere den Verschleißzustand innenliegender Bauteile, insbesondere des Laufrades, ohne Öffnung der Pumpvorrichtung zu untersuchen, um teure Stillstandszeiten der betroffenen Anlage zu vermeiden. Ferner soll ein Verfahren zur Ermittlung des Betriebszustands einer Pumpenanordnung geschaffen werden.

**[0006]** Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Diagnoseeinheit zur Ermittlung des Betriebszustands

der Pumpvorrichtung gelöst, wobei die Diagnoseeinheit mit einer nahe der Ansaugöffnung oder der Ausströmöffnung der Pumpvorrichtung angeordneten Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung verbunden ist.

**[0007]** Die Pumpenanordnung weist somit neben der Pumpvorrichtung auch eine Diagnoseeinheit und eine Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung auf. Die nahe der Ausgangs- oder Ausströmöffnung der Pumpvorrichtung angeordnete Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung kann im oder am Laufradgehäuseteil oder in oder an einem mit dem Laufradgehäuseteil verbundenen Bauteil angeordnet sein.

**[0008]** Nach einer erfindungsgemäßen Ausgestaltung ist die Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung dem Laufrad zugewandt angeordnet. Dadurch lassen sich die Stellen auf einfache Weise überprüfen, die üblicherweise von Verschleißerscheinungen betroffen sind.

**[0009]** In weiterer Ausgestaltung ist die Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung im oder am Laufradgehäuseteil der Pumpvorrichtung angeordnet. Durch eine derartige Anordnung lassen sich die Verschleißerscheinungen, insbesondere am Laufrad, sehr gut feststellen.

**[0010]** Nach einer erfindungsgemäßen Ausgestaltung ist eine an der Pumpvorrichtung anliegende Seite der Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung an die Bauform der Pumpvorrichtung angepasst. Dadurch liegt die Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung optimal an der Pumpvorrichtung an, sodass mögliche Störstellen für die Ultraschallimpulse vermieden werden.

**[0011]** Nach einer alternativen Ausgestaltung ist die Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung in ein an die jeweilige Bauform der Pumpvorrichtung angepasstes Adapterteil einsteckbar oder einschraubbar.

**[0012]** Damit die Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung immer an der gleichen Stelle der Pumpvorrichtung platziert werden kann, sind erfindungsgemäß am Laufradgehäuseteil der Pumpvorrichtung Vorsprünge vorgesehen, zwischen welche die Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung positionierbar ist. Dadurch sind genaue Untersuchungsreihen, auch von verschiedenen Personen, durchführbar.

**[0013]** Bei einer alternativen erfindungsgemäßen Ausgestaltung ist in der Pumpvorrichtung eine Tasche ausgebildet, in welche die Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung einsetzbar ist. Dadurch ist es möglich, die Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung in einer Ausführungsform herzustellen bzw. auf das Adapterteil zu verzichten.

**[0014]** In weiterer Ausgestaltung ist die Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung form- und/oder kraftschlüssig in der Tasche angeordnet, wodurch die Handhabung der Diagnoseeinheit weiter vereinfacht wird.

**[0015]** Nach einer alternativen Ausgestaltung weist das Laufradgehäuseteil eine Öffnung auf, in welche die Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung eingesetzt ist, derart, dass die Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung von dem mit der Pumpvorrichtung geförderten Medium benetzbar ist. Dadurch ist eine genauere Messung

möglich. Die Ultraschallwellen treffen direkt auf das Laufrad bzw. die daran angeordneten Schaufeln auf und werden ebenso direkt zur medienberührten Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung reflektiert, ohne das Laufradgehäuseteil durchdringen zu müssen bzw. ohne dass Reflexionen an den Kanten des Laufradgehäuseteils entstehen, die von der Diagnoseeinheit wieder herausgerechnet werden müssen.

**[0016]** Bei dieser Ausführungsform weist die Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung erfindungsgemäß eine Buchse auf, in die ein Stecker einer elektrischen Leitung oder eine Funkübertragungseinrichtung einsteckbar ist, um die Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung mit der Diagnoseeinheit zu verbinden.

**[0017]** Nach einer weiteren erfindungsgemäßen Ausgestaltung ist eine Funkübertragungseinrichtung in die Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung integriert wodurch die Handhabung der Diagnoseeinheit weiter vereinfacht wird.

**[0018]** Als zweckmäßig hat es sich erwiesen, wenn die Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung hinsichtlich der Drehachse eine im Wesentlichen radiale Erstreckung aufweist.

**[0019]** Eine vorteilhafte Ausgestaltung mit besten Untersuchungsergebnissen wird dadurch erreicht, dass die Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung erfindungsgemäß mehrere Prüfköpfe oder wenigstens einen Phased-Array-Prüfkopf umfasst.

**[0020]** Um möglichst geringe Störeffekte zu erhalten, weist der Werkstoff der Pumpvorrichtung eine niedrige Dichte, die der Dichte von Polymeren, üblicherweise von 1,1 bis 2,2 g/cm<sup>3</sup>, entspricht, auf und/oder der Werkstoff der Pumpvorrichtung ist ein homogener Werkstoff.

**[0021]** Vorteilhaft ist es, wenn durch die Diagnoseeinheit betriebsbedingte Geometrieänderungen ermittelbar sind.

**[0022]** Vorteilhaft ist es ferner, wenn durch die Diagnoseeinheit quantitative und/oder qualitative betriebsbedingte Geometrieänderungen ermittelbar sind.

**[0023]** Bei einer bevorzugten Realisierung umfassen die durch die Diagnoseeinheit ermittelbaren Geometrieänderungen den Verschleißzustand der Pumpvorrichtung und/oder eine am Laufrad auftretende Verstopfung und/oder den Anteil an Feststoffen im geförderten Fluid und/oder Kavitationsbereiche und/oder Verockerungen vor und/oder an dem Laufrad.

**[0024]** Dadurch können Rückschlüsse gezogen werden, ob oder wann ein Austausch einzelner Teile der Pumpenanordnung notwendig ist bzw. notwendig werden kann.

**[0025]** Ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Ermittlung des Betriebszustands einer Pumpenanordnung sieht vor, dass die Pumpvorrichtung mit definierter Drehzahl betrieben wird, mit der Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung Ultraschallsignale gesendet und empfangen werden, die elektrischen Signale von der Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung zur Diagnoseeinheit aufgrund der empfangenen Ultraschallsignale wei-

tergeleitet werden und eine Information über den Betriebszustand der Pumpvorrichtung ausgegeben wird.

**[0026]** Das Betreiben der Pumpvorrichtung mit einer definierten oder konstanten Drehzahl erleichtert die Weiterbearbeitung der Signale in der Diagnoseeinheit. Bei drehzahlvariabel betriebenen Pumpvorrichtungen ist es vorgesehen, die Signale mittels einer Ordnungsanalyse weiterzuverarbeiten.

**[0027]** Von Vorteil ist es, Pumpentyp, Art des Laufrads, Schaufelzahl und/oder Kennlinien in einem Speicher der Diagnoseeinheit zu hinterlegen.

**[0028]** In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens werden die elektrischen Signale automatisch getriggert und die Drehrichtung und die Drehzahl des Laufrads bestimmt, so dass die Fläche einer auf dem Laufrad angeordneten Schaufel wenigstens einmal bei jeder Umdrehung getroffen wird.

**[0029]** Ein weiterer vorteilhafter Verfahrensschritt besteht darin, die getriggerten, einer Schaufel zugeordneten Signale zusammenzufassen.

**[0030]** Über die Drehzahlinformation kann jeder Ultraschallimpuls einer gegenüber einer willkürlich gewählten radialen Achse einem hierauf bezogenen Azimut zugeordnet werden. Die radiale Erstreckung des Phased Array beinhaltet die radiale Zuordnung. Unter der Annahme, dass sich während einiger Umdrehungen der Verschleiß des Laufrades nicht stark ändert, kann bei einer hinreichend kurzen Pulsdauer bereits eine Abtastfrequenz unterhalb der Drehfrequenz genügen, das Laufrad abzutasten. Demgegenüber kann mit einer Abtastfrequenz, die ein Vielfaches der Drehfrequenz entspricht, das Laufrad in Echtzeit abgetastet werden.

**[0031]** Bei zeitlich hoch aufgelösten und hinreichend genauen Signalen von den Schaufeln oder unter Zuhilfenahme einer nur einmal vorkommenden Markierung, beispielsweise einer Wuchtmarke, Vertiefung, Erhöhung, Typenbezeichnung, Werkstoffbezeichnung oder dergleichen, auf dem Laufrad über eine Frequenzanalyse auf die Schaufelanzahl, Drehfrequenz und Drehrichtung geschlossen werden.

**[0032]** In weiterer Ausgestaltung des Verfahrens werden die zusammengefassten Signale mit den in dem Speicher abgelegten Daten verglichen.

**[0033]** Ein weiterer vorteilhafter Verfahrensschritt besteht darin, dass die Diagnoseeinheit betriebsbedingte Geometrieänderungen ermittelt.

**[0034]** Ein weiterer vorteilhafter Verfahrensschritt besteht darin, dass die Diagnoseeinheit quantitative und/oder qualitative betriebsbedingte Geometrieänderungen ermittelt.

**[0035]** In besonders vorteilhafter Ausgestaltung des Verfahrens ermittelt die Diagnoseeinheit den Verschleißzustand der Pumpvorrichtung und/oder eine am Laufrad auftretende Verstopfung und/oder den Anteil an Feststoffen im geförderten Fluid und/oder Kavitationsbereiche und/oder Verockerungen vor und/oder an dem Laufrad.

**[0036]** Dadurch kann ermittelt werden, ob das Laufrad

oder die Pumpvorrichtung sofort ausgewechselt werden muss oder wie lange die Bauteile noch in der Anlage betrieben werden können.

**[0037]** Bei einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens ist es vorgesehen, dass durch die Diagnoseeinheit eine optische Darstellung des Laufradzustands erfolgt.

**[0038]** In einer bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens erfolgt durch die Diagnoseeinheit eine optische Darstellung des Laufradzustands in einer dreidimensionalen Darstellung, wodurch sich, in vorteilhafter Weise ein exaktes Schadensbild des Laufrades ergibt.

**[0039]** Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden im Folgenden näher beschrieben. Es zeigt die

Fig. 1 eine Pumpenanordnung für ein strömungsführendes System mit einer Pumpvorrichtung und einer an einem Laufradgehäuseteil der Pumpvorrichtung positionierten Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung sowie einer daran angeschlossenen Diagnoseeinheit, die

Fig. 1a eine Ausführungsform der Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung, die

Fig. 2 eine Pumpenanordnung gemäß Fig. 1 mit einer mittels Vorsprüngen an einem Laufradgehäuseteil der Pumpvorrichtung positionierten Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung, die

Fig. 3 eine Pumpenanordnung gemäß Fig. 1 mit einer in einer Tasche angeordneten Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung, die

Fig. 4 eine Pumpenanordnung gemäß Fig. 1 mit einer speziellen Ausführungsform der Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung, die

Fig. 5 eine Pumpenanordnung gemäß Fig. 1 mit einer weiteren Ausführungsform der Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung, die

Fig. 6 eine Pumpenanordnung gemäß Fig. 1 mit einer in einer Öffnung der zum Innenraum des Laufradgehäuseteils angeordneten Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung, die

Fig. 7 eine schematische Darstellung der Anordnung der Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung zum Laufrad in der Pumpvorrichtung gemäß Fig. 3, die

Fig. 8 eine Momentaufnahme eines gemäß der Anordnung aus Fig. 7 erzeugten Signals und die

Fig. 9 einen gemäß der Anordnung aus Fig. 7 erzeugten Signalverlauf, eines Punktes der Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung.

**[0040]** In Fig. 1 ist eine Pumpenanordnung für ein strömungsführendes System mit einer Pumpvorrichtung 1 in Form einer Kreiselpumpe dargestellt, wobei die Pumpvorrichtung 1 wenigstens ein mit einer Ansaugöffnung 2, ein Laufradgehäuseteil 3 und eine Ausströmöffnung 4 aufweisendes Gehäuse 5 umfasst, wobei mit der Pumpvorrichtung 1 ein innerhalb des strömungsführenden Systems befindliches Medium beeinflusst wird. Die Förderung des Mediums erfolgt mit einem Laufrad 6, das an einem ersten Wellenende 7 einer Antriebswelle 8 befestigt ist. An der der Ansaugöffnung 2 zugewandten Seite des Laufrads 6 sind eine Mehrzahl von Schaufeln 9 ausgebildet, die mit einer Deckscheibe 10 verbunden sind. Zum Antreiben der Antriebswelle 8 ist in bekannter Weise ein nicht dargestellter Motor mit einem dem ersten Wellenende 7 gegenüberliegenden zweiten Wellenende 11 der Antriebswelle 8 verbunden.

**[0041]** Über eine zum strömungsführenden System gehörende Rohrleitung 12 tritt das Medium durch die in einer Drehachse A angeordnete Ansaugöffnung 2 in die Pumpvorrichtung 1 ein und wird vom rotierenden Laufrad 6 beschleunigt. Durch die Wirkung der Zentrifugalkraft strömt das Medium von der Drehachse A radial nach außen in das Laufradgehäuseteil 3 und von dort über die Ausströmöffnung 4 in eine Rohrleitung 13 des strömungsführenden Systems. An der der Ansaugöffnung 2 zugewandten Seite des Laufradgehäuseteils 3 bzw. der Antriebswelle 8 abgewandten Seite ist eine vereinfacht dargestellte Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung 14 in Anlage gebracht, die über eine, eine oder mehrere Leiter oder Adern aufweisende elektrische Leitung 15 mit einer Diagnoseeinheit 16 verbunden oder verbindbar ist.

**[0042]** Vorteilhafterweise ist eine an der Pumpvorrichtung 1 anliegende Seite der Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung 14 an die Bauform des Laufradgehäuseteils 3 angepasst. Im Rahmen der Erfindung liegt es zudem, am Laufradgehäuseteil 3 eine oder mehrere für die Untersuchung geeignete Stellen derart auszubilden, dass eine ebene oder polierte Fläche entsteht, an welche die Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung 14 positioniert wird. Alternativ kann, wie in Fig. 1a dargestellt, ein an die jeweilige Bauform angepasstes Adapterteil 17 verwendet werden, in das die Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung 14 eingesteckt oder eingeschraubt wird.

**[0043]** Bei der in Fig. 2 dargestellten Pumpenanordnung sind am Laufradgehäuseteil 3 der Pumpvorrichtung 1 Vorsprünge 18 vorgesehen, zwischen welche die über die elektrische Leitung 15 mit der Diagnoseeinheit 16 verbundene Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung 14 an der Pumpvorrichtung 1 positionierbar ist. Bei besonders günstiger Ausgestaltung der Vorsprünge 18, sind zwei Vorsprünge ausreichend. Diese können eine an die Seitenfläche oder Seitenflächen, je nachdem, ob die Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung 14 rund oder beispielsweise viereckig ausgebildet ist, angepasste Aussparung aufweisen, sodass ein Vorsprung 18 eine Seitenfläche einer runden Ultraschall-Sende-/Emp-

fangsvorrichtung 14 oder zwei Seitenflächen einer vier-eckigen Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung 14 wenigstens teilweise umgreift. Andere geeignete Formen für die Vorsprünge 18 liegen ebenfalls im Rahmen der Erfindung.

**[0044]** Die Fig. 3 zeigt eine Pumpenanordnung, bei der die Pumpvorrichtung 1 ein Laufrad 6 ohne die in der Fig. 1 gezeigte Deckscheibe aufweist. In der der Ansaugöffnung 2 zugewandten Seite des Laufradgehäuseteils 3 ist eine Tasche 19 ausgebildet, in welche die über die elektrische Leitung 15 mit der Diagnoseeinheit 16 verbundene Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung 14 einsetzbar ist. Der von der Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung 14 ausgesendete Schallkegel wird durch die Grenzlinien a und b definiert.

**[0045]** Während in den Figuren 1 bis 3 die Ansaugöffnungen 2 im Wesentlichen koaxial zur Drehachse A und die Ausströmöffnungen 4 radial bzw. im Wesentlichen senkrecht zur Drehachse A angeordnet sind, sind in Fig. 4 und 5 sowohl die Ansaugöffnungen 2 als auch die Ausströmöffnungen 4 radial bzw. im Wesentlichen senkrecht zur Drehachse A der Pumpvorrichtung 1 angeordnet. An der der Antriebswelle 8 abgewandten Seite ist im Laufradgehäuseteil 3 eine Tasche 19 ausgebildet, in der die Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung 14 form- und/oder kraftschlüssig angeordnet ist. So kann die Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung 14 beispielsweise mittels Klebstoff in der Tasche 19 befestigt werden. Weitere geeignete Mittel zum unlösbaren Verbinden der Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung 14 mit dem Laufradgehäuseteil 3, beispielsweise durch eine Presspassung, sind ebenfalls vorgesehen. Eine dauerhafte Anordnung der Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung 14 in der Tasche 19 ist auch über eine Schraubverbindung realisierbar. Die Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung 14 weist eine Buchse 20 auf, in die ein Stecker 21 der elektrischen Leitung 15 einsteckbar ist, um die Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung 14 mit der Diagnoseeinheit 16 zu verbinden. In Fig. 4 sendet die Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung 14 ihre Ultraschallwellen im Wesentlichen schräg zur Antriebswelle 8 aus, um eine bestimmte Stelle des Laufrads 6 zu erfassen.

**[0046]** Aus Fig. 5 ist ersichtlich, dass die Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung 14 im Wesentlichen koaxial zur Drehachse A angeordnet ist, um das Laufrad 6 an einer anderen Stelle oder aus einem anderen Winkel zu erfassen. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die Verbindung von Diagnoseeinheit 16 und Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung 14 über eine in die Buchse 20 einsteckbare Funkübertragungseinrichtung 22 erfolgt.

**[0047]** Dass die Funkübertragungseinrichtung in die Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung 14 integriert ist, liegt ebenfalls im Rahmen der Erfindung.

**[0048]** Die Fig. 6 zeigt eine Pumpvorrichtung 1 in der Ausführung einer Rohrgehäusepumpe, bei der die Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung 14 in einem an dem Laufradgehäuseteil 3 ausgebildeten Drallbecher 23 an-

geordnet ist und direkt mit dem Innenraum des Laufradgehäuseteils 3 in Verbindung steht. Der Drallbecher 23 weist eine Öffnung 24 auf, in welche die Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung 14 eingesetzt ist. Die Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung 14 ist dabei von dem mit der Pumpvorrichtung 1 geförderten Medium benetzbar. Durch das Fehlen einer Reflexionen erzeugenden Wandung, ist eine genauere Messung möglich. Die Ultraschallwellen treffen direkt auf das Laufrad 6 bzw. die daran angeordneten Schaufeln 9 auf und werden ebenso direkt zur Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung 14 reflektiert, ohne das Laufradgehäuseteil 3 durchdringen zu müssen bzw. ohne dass Reflexionen an den Kanten des Laufradgehäuseteils 3 entstehen, die von der Diagnoseeinheit 16 wieder herausgerechnet werden müssen.

**[0049]** Die Fig. 7 zeigt beispielhaft, dass die Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung 14 hinsichtlich der Drehachse A bevorzugt eine im Wesentlichen radiale Er-streckung aufweist, um die relevanten Stellen, dass heißt, die am stärksten beanspruchten Stellen am Laufrad 6 mit seinen Schaufeln 9, erfassen zu können. Zur Erläuterung der Funktionsweise sind die einzelnen Schaufeln mit den Bezugszeichen 9a bis 9g versehen.

**[0050]** Fig. 8 zeigt eine Momentaufnahme eines von wenigstens zwei Prüfköpfen der Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung 14 generierten Signals, wie es gemäß der in der Fig. 6 gezeigten Anordnung von den Schaufeln 9a und 9g auf Laufrad 6 und der Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung 14 erzeugt wird. Hierbei korreliert Impuls 9a' mit Schaufel 9a und Impuls 9g' mit Schaufel 9g.

**[0051]** Die Figur 9 zeigt den von einem Prüfkopf der Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung 14 generierten Signalverlauf bei dem sich drehenden, in Fig. 6 gezeigten Laufrad 6. Die Höhe der einzelnen Impulse ist vom Abstand der ohne Verschleiß gleich hohen Schaufeln 9a bis 9g zur Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung 14 abhängig. Je geringer der Abstand der Schaufel zur Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung 14 ist, desto höher ist die Impulshöhe und desto geringer ist der Verschleiß. Unterschiedliche Impulshöhen deuten auf eine unterschiedliche Abnutzung der einzelnen Schaufeln 9a bis 9g hin. Ebenfalls ist aus Fig. 9 ersichtlich, dass der Abstand zwischen den Impulssignalen 9d und 9e etwas geringer ist, als der Abstand zwischen den anderen Impulsen. Dies deutet auf eine Unregelmäßigkeit im Laufrad 6 hin.

**[0052]** Umfasst die Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung 14 mehrere Prüfköpfe oder wenigstens einen sogenannten Phased-Array-Prüfkopf, kann die Diagnoseeinheit 16 betriebsbedingte Geometrieänderungen quantitativ und/oder qualitativ ermitteln, insbesondere den Verschleißzustand der Pumpvorrichtung 1 und/oder eine am Laufrad 6 auftretende Verstopfung und/oder den Anteil an Feststoffen im geförderten Fluid und/oder Kavitationsbereiche und/oder Verockerungen vor und/oder an dem Laufrad, ohne dass die Pumpvorrichtung 1 de-

montiert oder aus dem strömungsführenden System ausgebaut werden muss und teure Stillstandszeiten anfallen.

**[0053]** Die ausgesendeten Schallimpulse werden teilweise von der Innenwand des Gehäuses 5, genauer vom Laufradgehäuseteil 3, reflektiert, teilweise erreichen die Schallimpulse über das geförderte Medium das Laufrad 6 und werden an die Prüfköpfe bzw. den wenigstens einen Phased-Array-Prüfkopf der Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung 14 reflektiert. Dabei wird die Impulsfolgefrequenz so gewählt, dass jeder Bereich der Oberfläche des sich drehenden Laufrades 6 bei jeder Umdrehung wenigstens einmal von dem oder den ausgesendeten Schallimpulsen getroffen wird. Die ausgesendete Impulsfrequenz ist dabei um ein Vielfaches höher, als die Umlauffrequenz eines Punktes auf oder an dem Laufrad 6 bzw. den mit dem Laufrad verbundenen Schaufeln 9 bzw. 9a bis 9g. Die entsprechenden Signale werden in der Diagnoseeinheit 16 weiterverarbeitet und für die Erzeugung eines dreidimensionalen Bildes auf einem in der Diagnoseeinheit 16 integrierten Monitor verwendet.

**[0054]** Durch eine geeignete Auswertung, beispielsweise Phasenverschiebung oder Dopplereffekt, kann die Drehrichtung und die Drehzahl bestimmt werden.

**[0055]** Die besten Ergebnisse sind dann erreichbar, wenn der Werkstoff der Pumpvorrichtung 1 eine vom Fördermedium unterschiedliche, aber nicht zu weit abweichende Dichte aufweist, was bei den meisten Polymeren mit Dichten von üblicherweise 1,1 bis 2,2 g/cm<sup>3</sup> der Fall ist, und wenn der Werkstoff ein homogener Werkstoff ist.

#### Bezugszeichenliste

#### **[0056]**

- |    |                                        |
|----|----------------------------------------|
| 1  | Pumpvorrichtung                        |
| 2  | Ansaugöffnung                          |
| 3  | Laufradgehäuseteil                     |
| 4  | Ausströmöffnung                        |
| 5  | Gehäuse                                |
| 6  | Laufrad                                |
| 7  | erstes Wellenende                      |
| 8  | Antriebswelle                          |
| 9  | Schaufel                               |
| 10 | Deckscheibe                            |
| 11 | zweites Wellenende                     |
| 12 | Rohrleitung                            |
| 13 | Rohrleitung                            |
| 14 | Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung |
| 15 | elektrische Leitung                    |
| 16 | Diagnoseeinheit                        |
| 17 | Adapterteil                            |
| 18 | Vorsprung                              |
| 19 | Tasche                                 |
| 20 | Buchse                                 |
| 21 | Stecker                                |
| 22 | Funkübertragungseinrichtung            |

- |    |             |             |
|----|-------------|-------------|
| 23 | Drallbecher |             |
| 24 | Öffnung     |             |
| A  | Drehachse   |             |
| a  | Grenzzlinie |             |
| 5  | b           | Grenzzlinie |

#### **Patentansprüche**

- |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10 | 1. | Pumpenanordnung mit einer Pumpvorrichtung (1), insbesondere mit einer Kreiselpumpe, wobei die Pumpvorrichtung (1) ein wenigstens eine Ansaugöffnung (2), ein Laufradgehäuseteil (3) und eine Ausströmöffnung (4) umfassendes Gehäuse (5), eine wenigstens teilweise in dem Gehäuse (5) angeordnete und um eine Drehachse (A) in eine Drehbewegung versetzbare Antriebswelle (8) und wenigstens ein im Laufradgehäuseteil (3) angeordnetes und an der Antriebswelle (8) befestigtes Laufrad (6) aufweist, |
| 15 |    | <b>gekennzeichnet durch</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 20 |    | eine Diagnoseeinheit (16) zur Ermittlung des Betriebszustands der Pumpvorrichtung (1), wobei die Diagnoseeinheit (16) mit einer nahe der Ansaugöffnung (2) oder der Ausströmöffnung (4) der Pumpvorrichtung (1) angeordneten Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung (14) verbunden ist.                                                                                                                                                                                                                  |
| 25 |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 30 | 2. | Pumpenanordnung nach Anspruch 1, <b>dadurch gekennzeichnet, dass</b> die Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung (14) dem Laufrad (6) zugewandt angeordnet ist.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 35 |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 40 | 3. | Pumpenanordnung nach Anspruch 1 oder 2, <b>dadurch gekennzeichnet, dass</b> die Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung (14) im oder am Laufradgehäuseteil (3) der Pumpvorrichtung (1) angeordnet ist.                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 45 |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 50 | 4. | Pumpenanordnung nach einem der Ansprüche 1, 2 oder 3, <b>dadurch gekennzeichnet, dass</b> eine an der Pumpvorrichtung (1) anliegende Seite der Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung (14) an die Bauform der Pumpvorrichtung (1) angepasst ist.                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 55 |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|    | 5. | Pumpenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, <b>dadurch gekennzeichnet, dass</b> die Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung (14) in ein an die jeweilige Bauform der Pumpvorrichtung (1) angepasstes Adapterteil (17) einsteckbar oder einschraubbar ist.                                                                                                                                                                                                                                           |
|    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|    | 6. | Pumpenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, <b>dadurch gekennzeichnet, dass</b> am Laufradgehäuseteil (3) der Pumpvorrichtung (1) Vorsprünge (18) vorgesehen sind, zwischen welche die Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung (14) positionierbar ist.                                                                                                                                                                                                                                             |

7. Pumpenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Pumpvorrichtung (1) eine Tasche (19) ausgebildet ist, in welche die Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung (14) einsetzbar ist.
8. Pumpenanordnung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung (14) form- und/oder kraftschlüssig in der Tasche (19) angeordnet ist.
9. Pumpenanordnung nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Laufradgehäuseteil (3) eine Öffnung (24) aufweist, in welche die Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung (14) eingesetzt ist, derart, dass die Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung (14) von dem mit der Pumpvorrichtung (1) geförderten Medium benetzbar ist.
10. Pumpenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung (14) eine Buchse (20) aufweist, in die ein Stecker (21) einer elektrischen Leitung (15) oder eine Funkübertragungseinrichtung (22) einsteckbar ist, um die Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung (14) mit der Diagnoseeinheit (16) zu verbinden.
11. Pumpenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Funkübertragungseinrichtung (22) in die Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung (14) integriert ist.
12. Pumpenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung (14) hinsichtlich der Drehachse (A) eine im Wesentlichen radiale Erstreckung aufweist.
13. Pumpenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung (14) mehrere Prüfköpfe oder wenigstens einen Phased-Array-Prüfkopf umfasst.
14. Pumpenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Werkstoff der Pumpvorrichtung (1) eine niedrige Dichte aufweist oder ein homogener Werkstoff ist.
15. Pumpenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch die Diagnoseeinheit (16) betriebsbedingte Geometrieänderungen ermittelbar sind.
16. Pumpenanordnung nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch die Diagnoseeinheit (16) betriebsbedingte Geometrieänderungen quantitativ und/oder qualitativ ermittelbar sind.
17. Pumpenanordnung nach einem der Ansprüche 15 oder 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** die durch die Diagnoseeinheit (16) ermittelbaren Geometrieänderungen den Verschleißzustand der Pumpvorrichtung (1) und/oder eine am Laufrad (6) auftretende Verstopfung und/oder den Anteil an Feststoffen im geförderten Fluid und/oder Kavitationsbereiche und/oder Verockerungen vor und/oder an dem Laufrad (6) umfassen.
18. Verfahren zur Ermittlung des Betriebszustands einer Pumpenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 11 mit den Schritten:
- Betreiben der Pumpvorrichtung (1) mit definierter Drehzahl,  
Senden und Empfangen von Ultraschallsignalen mit der Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung (14),  
Weiterleiten von elektrischen Signalen von der Ultraschall-Sende-/Empfangsvorrichtung (14) zur Diagnoseeinheit (16) aufgrund der empfangenen Ultraschallsignale,  
Ausgeben einer Information über den Betriebszustand der Pumpvorrichtung (1).
19. Verfahren nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** Pumpentyp, Art des Laufrads, Schaufelzahl und/oder Kennlinien in einem Speicher der Diagnoseeinheit (16) hinterlegt werden.
20. Verfahren nach Anspruch 18 oder 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektrischen Signale automatisch getriggert und die Drehrichtung und die Drehzahl des Laufrads (6) bestimmt werden.
21. Verfahren nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** die getriggerten, einer Schaufel (9a bis 9g) zugeordneten Signale zusammengefasst werden.
22. Verfahren nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zusammengefassten Signale mit den in dem Speicher abgelegten Daten verglichen werden.
23. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Diagnoseeinheit (16) betriebsbedingte Geometrieänderungen ermittelt.
24. Verfahren nach Anspruch 23, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Diagnoseeinheit (16) quantitative und/oder qualitative betriebsbedingte Geometrieänderungen ermittelt.

25. Verfahren nach einem der Ansprüche 23 oder 24, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Diagnoseeinheit (16) den Verschleißzustand der Pumpvorrichtung (1) und/oder eine am Laufrad (6) auftretende Verstopfung und/oder den Anteil an Feststoffen im geförderten Fluid und/oder Kavitationsbereiche und/oder Verockerungen vor und/oder an dem Laufrad (6) ermittelt. 5
26. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 25, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch die Diagnoseeinheit (16) eine optische Darstellung des Betriebszustands erfolgt. 10
27. Verfahren nach Anspruch 26, **dadurch gekennzeichnet, dass** die optische Darstellung des Betriebszustands in einer dreidimensionalen Darstellung erfolgt. 15

20

25

30

35

40

45

50

55

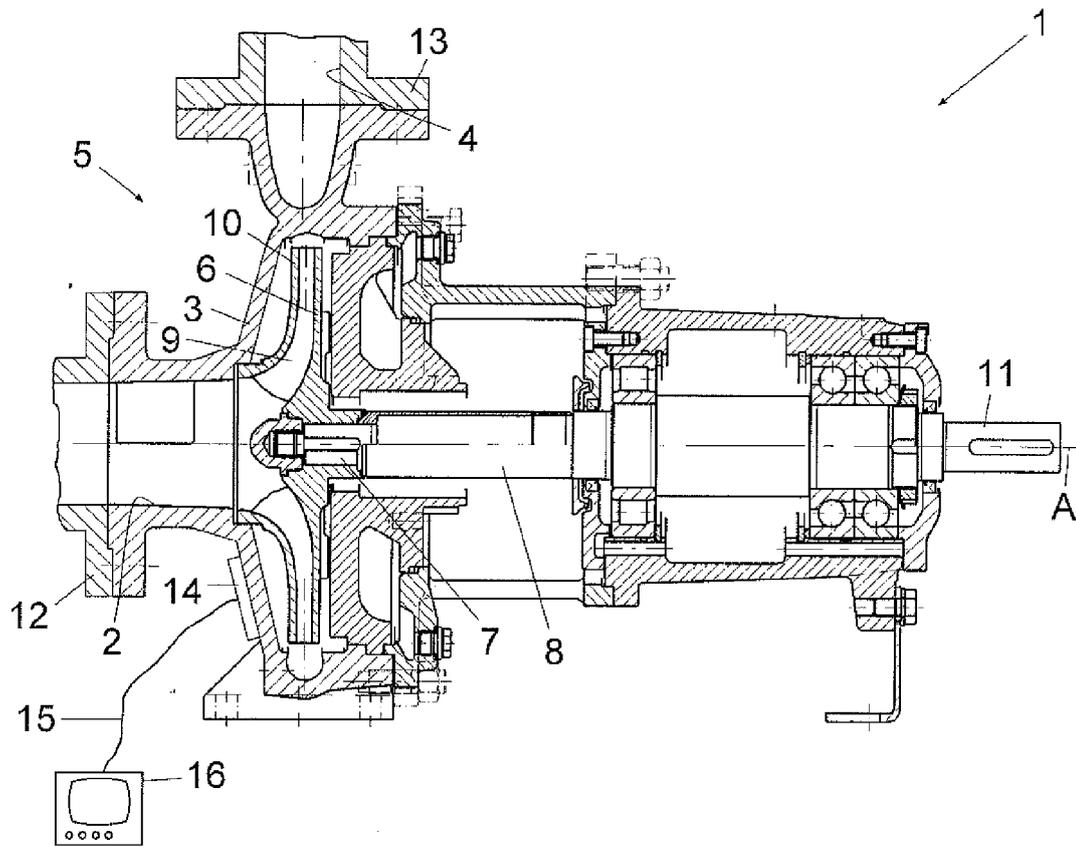


Fig. 1

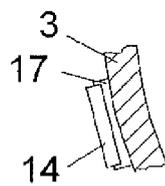


Fig. 1a

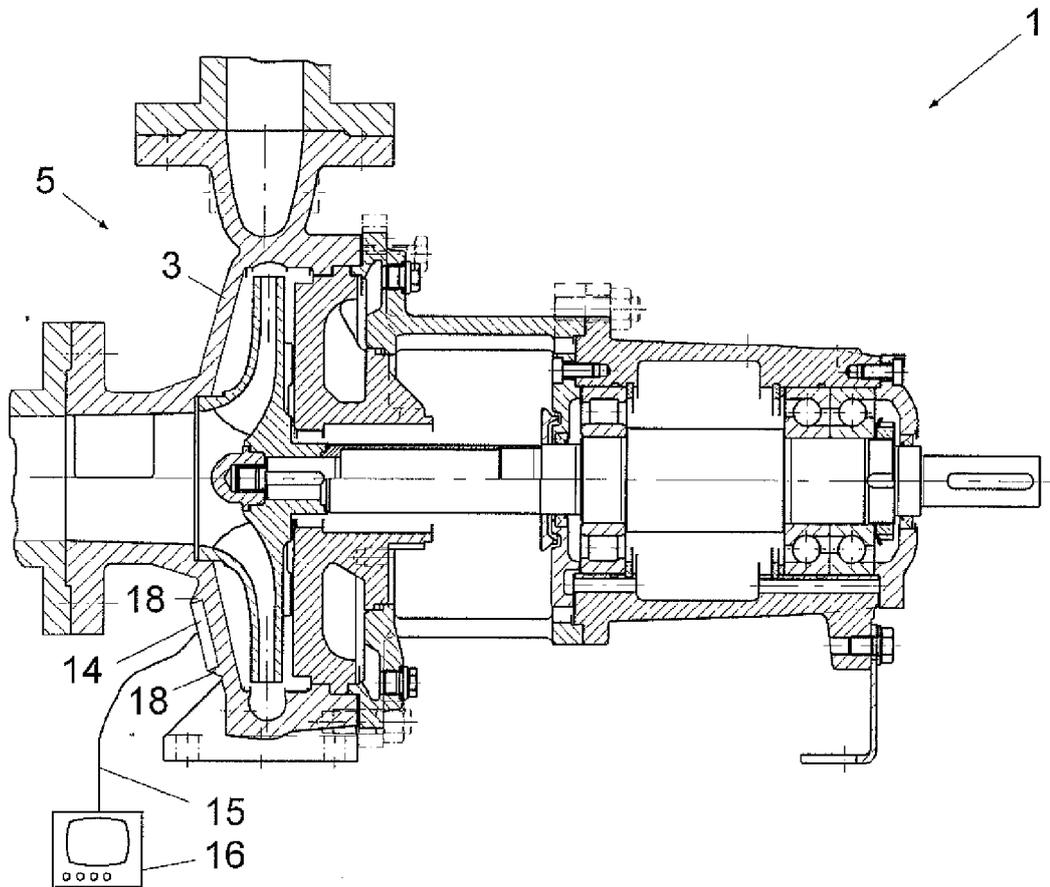


Fig. 2

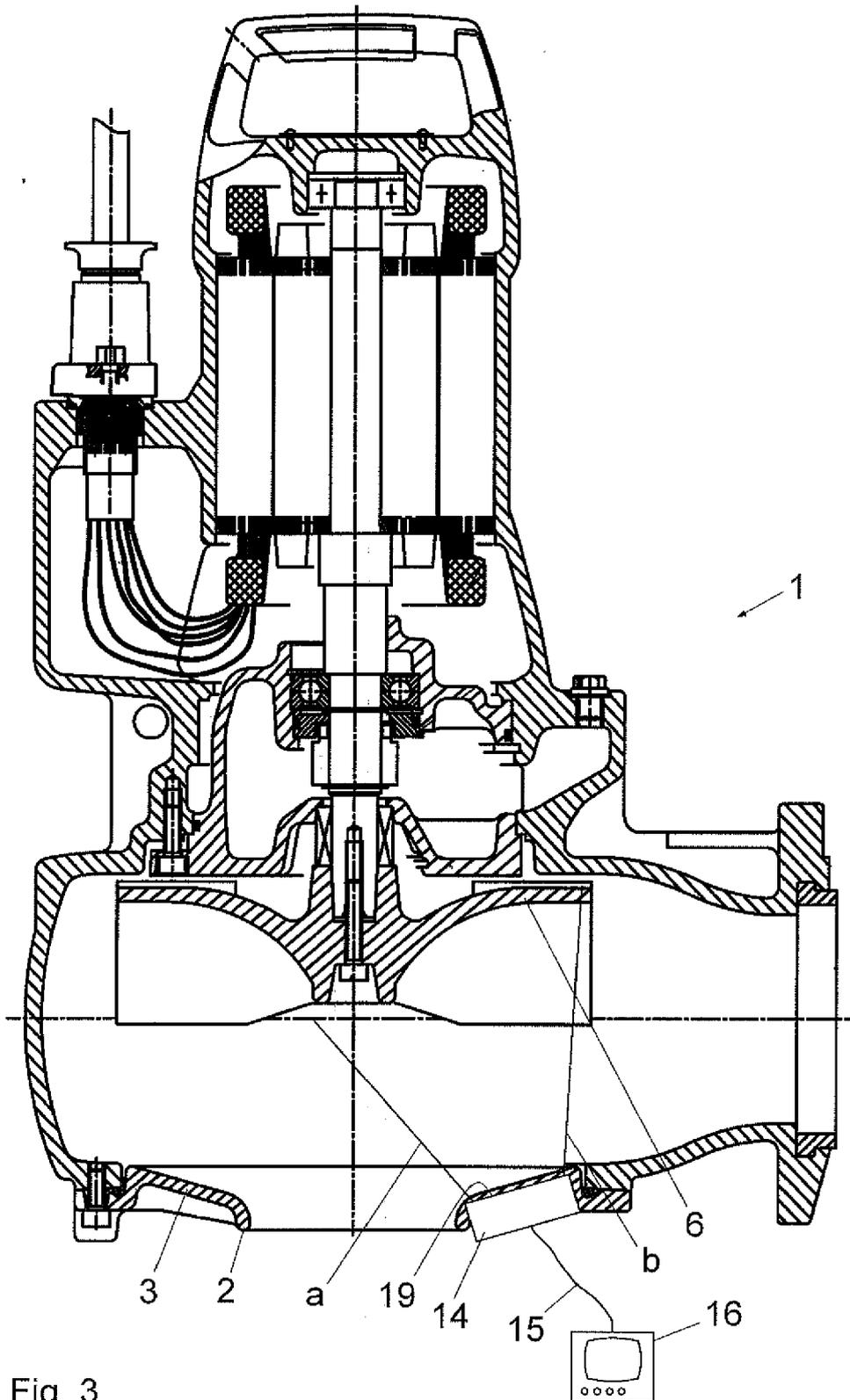


Fig. 3

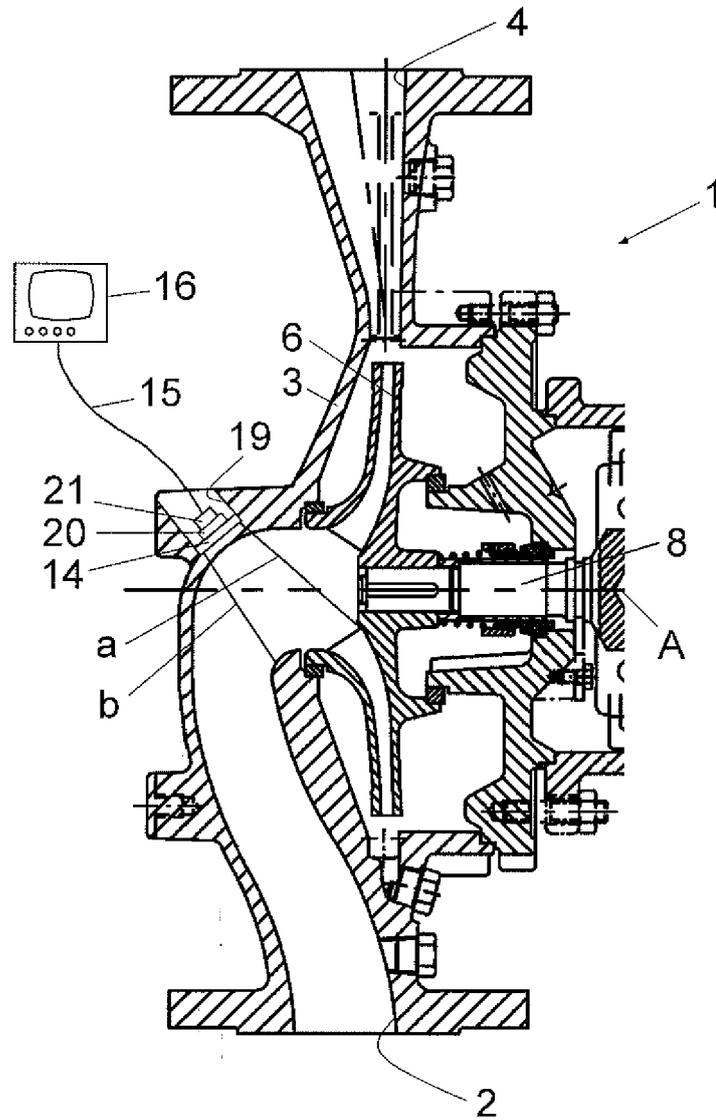


Fig. 4

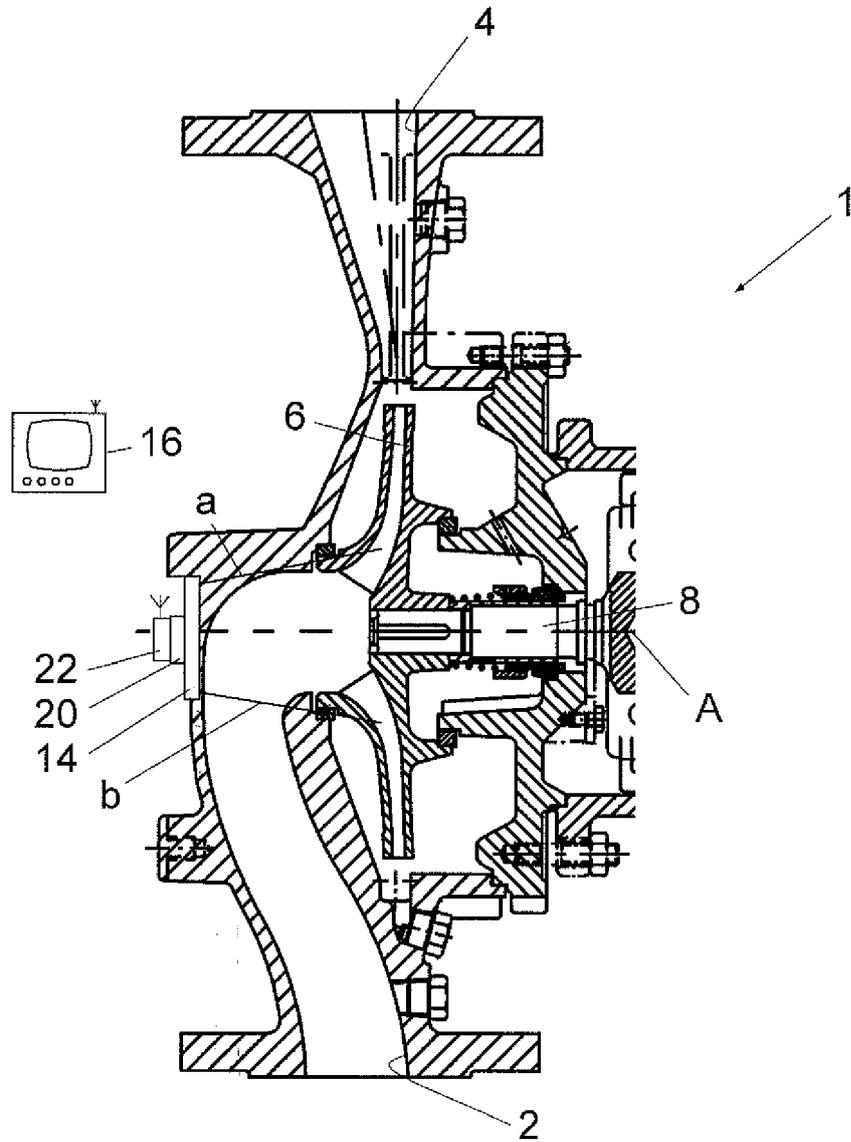


Fig. 5

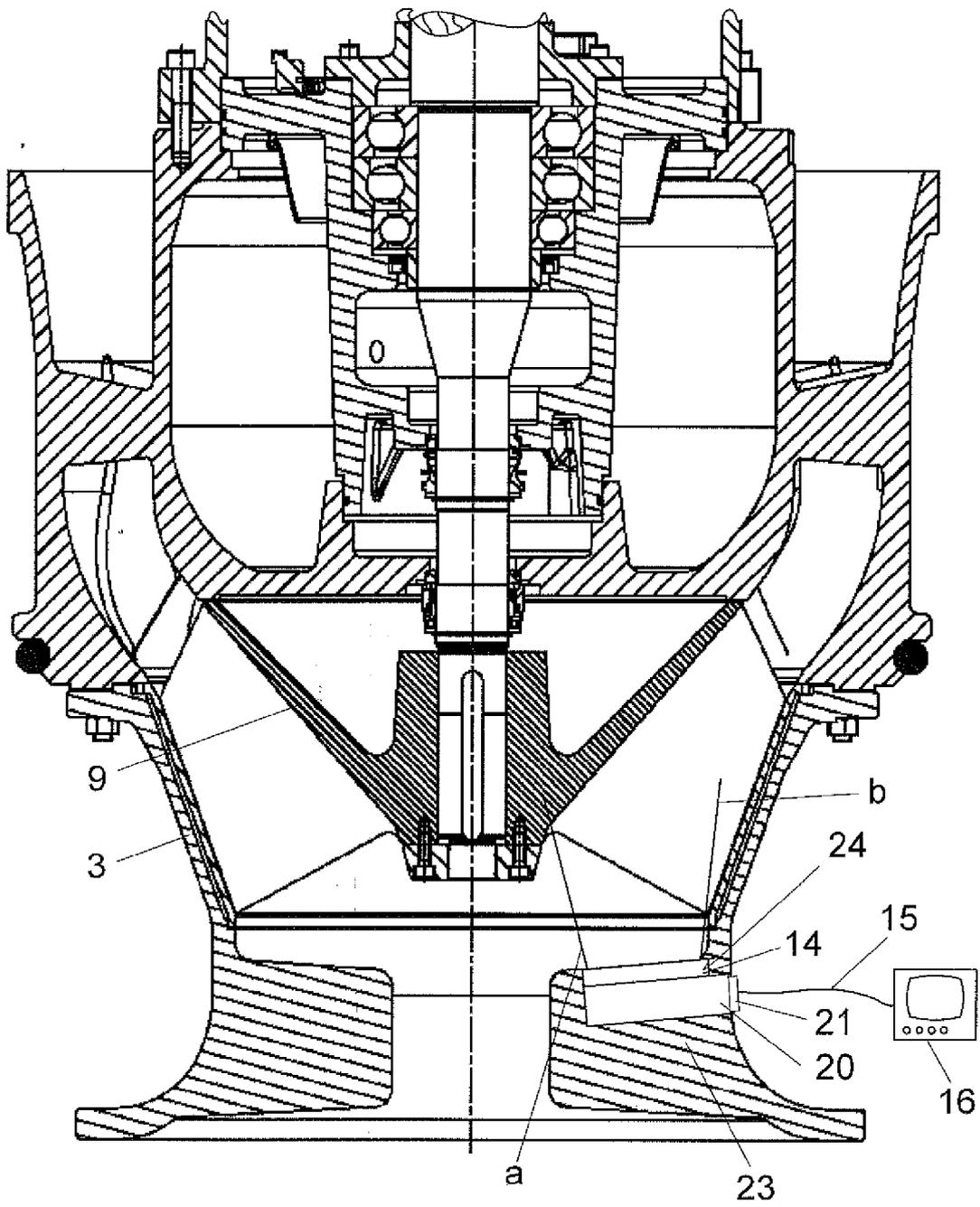


Fig. 6

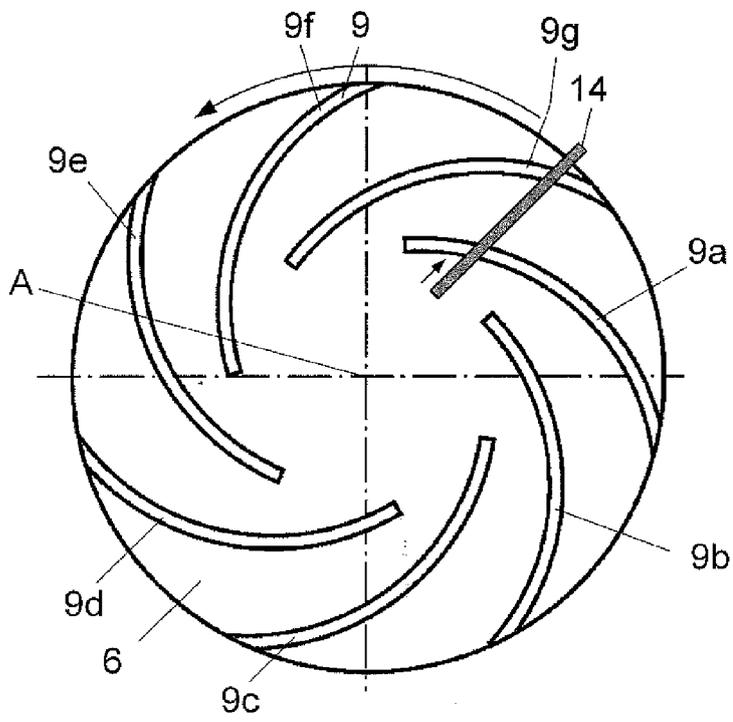


Fig. 7

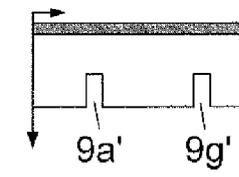


Fig. 8

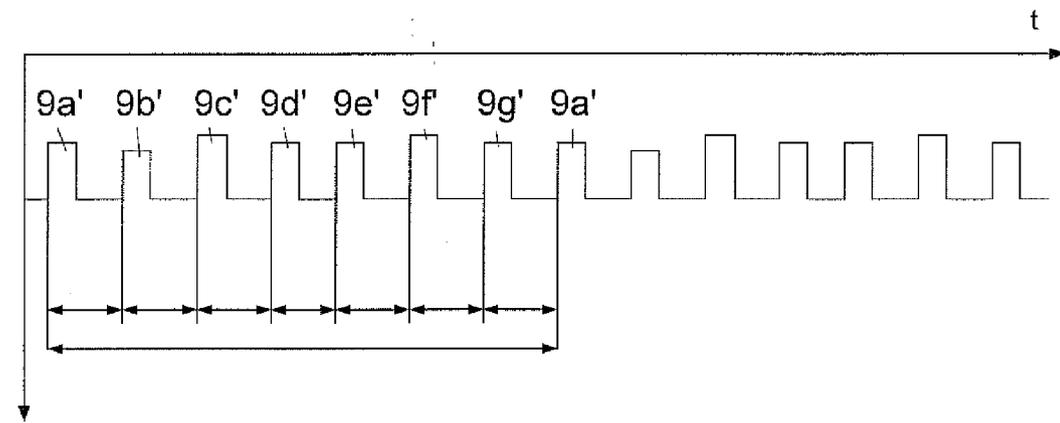


Fig. 9

**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 102005023269 A1 [0003]