

(19)



(11)

EP 1 477 678 B2

(12)

NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT
Nach dem Einspruchsverfahren

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Entscheidung über den Einspruch:
19.04.2017 Patentblatt 2017/16

(51) Int Cl.:
F04B 51/00 ^(2006.01) **F16K 37/00** ^(2006.01)

(45) Hinweis auf die Patenterteilung:
21.02.2007 Patentblatt 2007/08

(21) Anmeldenummer: **04011109.8**

(22) Anmeldetag: **10.05.2004**

(54) Störungsfrüherkennung an Pumpenventilen

Early detection of failures in pump valves

Détection anticipée de pannes dans les soupapes de pompes

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**

(30) Priorität: **16.05.2003 DE 10322220**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
17.11.2004 Patentblatt 2004/47

(73) Patentinhaber: **LEWA GmbH
71229 Leonberg (DE)**

(72) Erfinder:
• **Schlücker, Eberhard, Prof., Dr.
74182 Obersulm/Willsbach (DE)**

• **Benken, Ralf
75446 Wiernsheim (DE)**
• **Stritzelberger, Michael
71263 Weil der Stadt (DE)**

(74) Vertreter: **Zeitler Volpert Kandlbinder
Patent- und Rechtsanwälte Partnerschaft mbB
Postfach 26 02 51
80059 München (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**DE-A1- 19 947 570 GB-A- 2 314 412
US-A- 4 896 101 US-A- 4 965 513
US-A1- 2002 062 682**

EP 1 477 678 B2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Überwachung und automatischen Störungsfrüherkennung der Ventile, insbesondere der Saug- und/oder Druckventile, einer oszillierenden Verdrängerpumpe, insbesondere einer Membrandosierpumpe, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Die Erfindung betrifft außerdem eine zur Durchführung dieses Verfahrens geschaffene Vorrichtung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 8.

[0003] Bei oszillierenden Verdrängerpumpen, vor allem aber bei Membrandosierpumpen, haben die Pumpenventile, insbesondere die Saug- und Druckventile, entscheidenden Einfluß auf die Pumpenfunktion.

[0004] Die Saug- und Druckventile sind einem ständigen Verschleiß unterworfen, der sich negativ auf die Förderleistung der Pumpe sowie auf deren Dosiergenauigkeit auswirkt.

[0005] In der Praxis wird bisher versucht, dieses Problem dadurch zu vermeiden, daß man aus der Erfahrung heraus die Ventile rechtzeitig austauscht.

[0006] Trotzdem läßt es sich nicht vermeiden, daß Ventile vorzeitig ausfallen. Dies verursacht aufgrund der dann notwendigen sofortigen Betriebsunterbrechung unerwünschte Folgeschäden.

[0007] Aus GB 2 314 412 A ist schon ein Verfahren zur Zustands- bzw. Leistungsbewertung von Pumpen jeglicher Bauart mit Hilfe akustischer Messgrößen bekannt. Das Verhältnis der aktuellen Messgrößen zu Referenzwerten wird als Maß für die Leistungsfähigkeit der Pumpe benutzt. Zu diesem Zweck werden in bestimmten Zeiträumen gemittelte Schallpegel und Spitzenwerte verwendet. Zusätzlich können weitere Messwerte, wie die aufgenommene Leistung, die Förderhöhe und die Pumpendrehzahl, mit verwendet werden.

[0008] Diese in sehr allgemeiner Form beschriebene Pumpenüberwachung gibt jedoch keinerlei Hinweise auf das konkrete Problem einer Störungsfrüherkennung von Pumpenventilen in oszillierenden Verdrängerpumpen.

[0009] Aus US 4 896 101 A und US 2002/0062682 A ist weiterhin die Überwachung von motorbetriebenen Apparaten bzw. fremdbetätigten Ventilen bekannt. Auch hieraus ergeben sich jedoch keinerlei Hinweise auf das spezielle Problem der Überwachung und automatischen Störungsfrüherkennung der Ventile, insbesondere der Saug- und/oder Druckventile, einer oszillierenden Verdrängerpumpe, insbesondere einer Membranpumpe.

[0010] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, zur Beseitigung der geschilderten Nachteile ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zu schaffen, mittels denen es möglich ist, die Ventile einer Pumpe der gattungsgemäßen Art derart zu überwachen, daß sich eine automatische Störungsfrüherkennung der Ventile ergibt, so daß Ventilschäden rechtzeitig erkannt werden und eine Betriebsunterbrechung der Pumpe geplant werden kann.

[0011] Die Merkmale des zur Lösung dieser Aufgabe geschaffenen Verfahrens gemäß der Erfindung ergeben

sich aus Anspruch 1.

[0012] Die Erfindung sieht außerdem eine zur Durchführung dieses Verfahrens geschaffene Vorrichtung vor, deren Merkmale in Anspruch 8 aufgeführt sind

[0013] Vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens sowie der Vorrichtung gemäß der Erfindung sind in den jeweils abhängigen Ansprüchen aufgeführt.

[0014] Dem erfindungsgemäßen Verfahren liegt der wesentliche Gedanke zugrunde, das von einem undichten Ventil aufgrund der Rückströmung des Förderfluids im geschlossenen Ventilzustand erzeugte erhöhte Betriebsgeräusch als Maß für die Undichtigkeit des Ventils zu verwenden. Zu diesem Zweck wird der erzeugte Effektivsignalpegel kontinuierlich überwacht und mit einem vom Betriebsgeräusch der Pumpe mit intaktem Ventil gebildeten Referenzsignalpegel verglichen, wobei bei einer vorbestimmten Pegelabweichung bzw. -veränderung aufgrund eines erhöhten Betriebsgeräusches eine Störungsfrüherkennungsanzeige ausgelöst wird. Erfindungsgemäß ist hierbei vorgesehen, dass sowohl der Effektivsignalpegel als auch der Referenzsignalpegel während eines vorbestimmten Zeitraumes gemittelt werden, dass als vorbestimmter Mittelungszeitraum derjenige während eines Bruchteils des Pumpenhubzyklus verwendet wird und dass weiterhin zur Bildung des Mittelwertes des jeweiligen Signalpegels ein Triggersignal zu einem definierten Zeitpunkt während des Pumpenhubzyklus verwendet wird.

[0015] Die Erfindung macht sich damit in vorteilhafter Weise den Effekt zunutze, daß bei intakter Pumpe ein gewisses Grundrauschen zu erkennen ist. Hierbei treten gleichzeitig einige diskrete typische Einzelgeräusche auf. Diese haben verschiedene Ursachen, wie z.B. der Zahneingriff im Untersetzungsgetriebe am Pumpentriebwerk oder die Öffnungs- und Schließgeräusche der Ventile.

[0016] Demgegenüber erzeugen undicht gewordene Ventile aufgrund der Rückströmung des Förderfluids im geschlossenen Ventilzustand erhöhte typische Betriebsgeräusche. Diese erhöhten Betriebsgeräusche sind abhängig von der Rückströmmenge des Förderfluids und werden erfindungsgemäß als Maß für die Undichtigkeit des Ventils verwendet.

[0017] So ist beispielsweise bei einem defekten Saugventil während der Verdrängungsphase, d.h. während des Druckhubs, ein erhöhter Geräuschpegel zu erkennen, während bei einem defekten Druckventil während der Ansaugphase, d.h. während des Saughubs, ein erhöhter Geräuschpegel auftritt.

[0018] Die bei den oszillierenden Verdrängerpumpen, insbesondere bei den zur Rede stehenden Membrandosierpumpen, zur Anwendung gelangenden Saug- und Druckventile sind üblicherweise entweder Kugelventile oder Plattenventile oder Kegelventile, die befedert oder druckgesteuert sein können. Hierbei bestehen die an diese Ventile gestellten Forderungen darin, daß sie genau zum richtigen Zeitpunkt öffnen und schließen müssen und daß sie in der vorgesehenen Zeit dicht sein müssen.

[0019] Die an solchen Ventilen möglicherweise auftretenden Schäden äußern sich entweder in einer durch eine oder mehrere Kerben am Ventilsitz erzeugten Kerbeleckage, wobei ein lokaler Schaden auftritt, oder aus einer einen flächigen Schaden erzeugenden Flächenleckage. Hierbei ist die Dichtkante des Ventilsitzes nicht punktuell durch eine oder mehrere Kerben, sondern über den gesamten Umfang geschädigt. In beiden Fällen tritt ein erhöhtes Strömungsrauschen am Ventilsitz auf, was sich u.a. durch das Zusammenfallen der auftretenden Kavitationsblasen erklären läßt.

[0020] Erfindungsgemäß wird das erzeugte Betriebsgeräusch der Pumpe und damit auch dasjenige der Ventile als Körperschall gemessen. Dies kann in Ausgestaltung der Erfindung mittels eines Körperschallsensors oder eines Mikrophons, insbesondere aber mittels eines Schwingungsbeschleunigungssensors erfolgen, der vorzugsweise nach dem piezoelektrischen Kompressionsprinzip arbeitet und einen integrierten Ladungsverstärker besitzen kann.

[0021] Erfindungsgemäß kann der erzeugte Körperschall am Pumpenkopf, insbesondere an einer zentralen Stelle hiervon, gemessen werden. Stattdessen ist es aber auch möglich, den erzeugten Körperschall an oder nahe dem betreffenden Ventil zu messen. Dies kann das Saug- und/oder Druckventil sein, zusätzlich aber auch die am Pumpenkörper vorgesehenen weiteren Hydraulikventile, die der Leckergängung bzw. der Abfuhr von überschüssigem Hydraulikfluid dienen.

[0022] Zur Durchführung der erfindungsgemäß vorgesehenen Vergleichsbildung zwischen Effektivsignalpegel und Referenzsignalpegel wird, wie dargelegt, sowohl der vom Betriebsgeräusch der Pumpe mit intakten Ventilen gebildeten Referenzsignalpegel als auch der vom erhöhten Betriebsgeräusch der Pumpe mit undicht gewordenen Ventilen gebildete Effektivsignalpegel über einen vorbestimmten Zeitraum gemittelt. Hierbei wird als vorbestimmter Mittelungszeitraum derjenige während eines Bruchteils des Pumpenhubzyklus verwendet. In diesem Fall erfolgt die Auswertung der Signale innerhalb eines definierten Zeitfensters im Hubzyklus. Hierzu gelangt erfindungsgemäß ein Triggersignal zur Anwendung, das zu einem definierten Zeitpunkt des Pumpenhubzyklus erzeugt wird. Dies kann z.B. in der Saughubendstellung des Kolbens erfolgen. Das Triggersignal muß vorteilhafterweise keine sehr hohen Genauigkeitsanforderungen erfüllen. So reicht z.B. eine Genauigkeit von $\pm 5^\circ$ Kurbelwinkel aus. Hierbei wird für die Überwachung des Saugventils in einem definierten Zeitraum das erzeugte Körperschallsignal während der Verdängungsphase (Druckhub) erfaßt und verglichen. Demgegenüber wird für die Überwachung des Druckventils der entsprechende Zeitraum in der Ansaughphase (Saughub) zugrunde gelegt.

[0023] Der definierte Zeitraum kann sich lediglich des Beispiels halber für die Überwachung des Druckventils über einen Bereich von 90° - 160° des Kurbelwinkels erstrecken, während für die Überwachung des Saugventils

ein solcher definierter Zeitraum ausreicht, der sich über einen Bereich von 270° - 340° des Kurbelwinkels erstreckt.

[0024] Die Vorteile, die sich mit der Auswertung der Signale innerhalb eines definierten Zeitfensters im Pumpenhubzyklus ergeben, bestehen u.a. darin,

- daß Undichtigkeiten sowohl am Saugventil als auch am Druckventil genau unterschieden werden können,
- daß die Empfindlichkeit der Messung sehr hoch ist und
- daß störende Schallquellen, z.B. solche aus dem Antriebssystem, leicht ausgefiltert werden können, indem beispielsweise das Zeitfenster, innerhalb dessen die Messung erfolgte, entsprechend groß oder klein definiert wird.

[0025] Die Erzeugung des Triggersignals kann erfindungsgemäß auf verschiedene Weise erfolgen, beispielsweise mittels eines am Pumpentriebwerks angebauten Kontaktgebers, mittels einer entsprechenden Abtastung der Kolbenstange, mittels der Erfassung eines charakteristischen Signals im erzeugten Körperschallsignal, beispielsweise aufgrund des Spielumschlags im Triebwerk, und auch anhand sonstiger charakteristischer Signale, z.B. des jeweils gemessenen Drucks im Luftraum des Hydraulikvorratsraums oder im Triebwerk.

[0026] Als Referenzsignalpegel wird zweckmäßigerweise derjenige Referenzwert genommen, der einem intakten Ventil zugeordnet ist. Dieser Referenzwert kann auf unterschiedliche Weise erfaßt werden, beispielsweise durch Messung im einwandfreien Zustand des Ventils unter Betriebsbedingungen, durch eine Auswahl aus vordefinierten Werten, z.B. aus einer Matrix mit definierten Werten für unterschiedliche Ventilausführungen und Betriebsbedingungen, aus einer Kennfeldermittlung, d.h. einer rechnerischen Ermittlung aus Ventildaten und Betriebsdaten, wie Förderdruck, Fluid usw., und dgl.

[0027] Bei dem vorerwähnten Verfahren, bei dem sowohl der Referenzsignalpegel als auch der Effektivsignalpegel über einen bestimmten Zeitraum während eines Bruchteils des Pumpenzyklus gemittelt wird, kann erfindungsgemäß der Mittelwert aus einer Anzahl von Pumpenhüben gebildet werden. Damit wird das automatische Störungsfrüherkennungsverfahren gemäß der Erfindung unempfindlich gegen kurzzeitige Störungen. Dies kann z.B. sinnvoll sein, wenn verschmutzte Fluide mittels der betreffenden Pumpe dosiert werden. Durch Fluidpartikel, die zwischen Ventilsitz und Ventilschließkörper unsichtbar eingeklemmt werden, kommt es bei einzelnen Pumpenhüben zu einer Fluidrückströmung, die aber, weil lediglich kurzzeitig und vorübergehend auftretend, noch nicht als Störung angezeigt werden soll.

[0028] Eine weitere Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens kann darin bestehen, daß von einer Anzahl von Pumpenhüben vor deren weiteren Signalverarbeitung eine bestimmte Anzahl von Pumpenhüben mit

Extremwerten oder mit nicht plausiblen Werten aussortiert wird.

[0029] So sei lediglich als Beispiel angegeben, daß die Signalwerte von 100 Pumpenhüben erfaßt werden können, wobei jeweils drei Pumpenhübe mit den höchsten sowie mit den niedrigsten Einzelwerten aussortiert werden. Für die weitere Signalverarbeitung wird dann aus den verbleibenden 94 Werten der Mittelwert gebildet.

[0030] Damit nicht nur ein aktueller Ventilfehler angezeigt werden kann, liegt es im Rahmen der Erfindung, die auftretenden Fehler mit einer entsprechenden Zeitangabe in einem Speicher abzulegen oder diese Fehler an übergeordnete Leitsysteme zu melden. Dies ist besonders dann von Vorteil, wenn eine Ventilundichtigkeit nur zeitweise auftritt und die Undichtigkeit nicht durch Verschleiß, sondern z.B. durch zeitweise verunreinigtes Fluid verursacht wird.

[0031] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß das vom jeweiligen Ventil erzeugte Körperschallsignal mittels Ventileinbauten verstärkt wird. Dies sind insbesondere Einbauten am Ventilsitz, deren Zweck es ist, aufgrund der Leckagerückströmung zum Schwingen angeregt zu werden, um eine Verstärkung des Körperschallsignals zu erreichen.

[0032] In Weiterbildung der Erfindung kann es vorteilhaft sein, nur ein definiertes Frequenzband der gemessenen Signale auszuwerten, um den Abstand zum allgemeinen Rauschsignal zu erhöhen.

[0033] Es liegt schließlich im Rahmen der Erfindung, einzelne Meßdaten, wie z.B. ein Spielumschlag im Triebwerk, aus dem betrachteten Zeitfenster auszublenden. In diesem Fall ist dann die Existenz eines exakten Triggersignals von Vorteil.

[0034] Die erfindungsgemäß vorgesehene Vorrichtung zur Durchführung des beschriebenen Verfahrens ist versehen mit einer an ein Pumpenbauteil angeschlossenen Meßeinrichtung, welche das von einem undichten Ventil aufgrund der Rückströmung des Förderfluids im geschlossenen Ventilzustand erzeugte erhöhte Betriebsgeräusch überwacht und als Effektivsignalpegel mißt, und mit einer mit der Meßeinrichtung verbundenen Vergleichseinrichtung, welche den Effektivsignalpegel mit einem vom Betriebsgeräusch der Pumpe mit intakten Ventilen gebildeten Referenzsignalpegel vergleicht und bei einer vorbestimmten Pegelabweichung bzw. -veränderung eine Störmeldung als Störungsfrüherkennung erzeugt.

[0035] Vorteilhafterweise weist die Meßeinrichtung wenigstens einen Sensor zur Erfassung des vom Betriebsgeräusch der Pumpe erzeugten Körperschalls auf. Hierbei kann dieser Körperschallsensor ein Schwingungsbeschleunigungssensor, vorzugsweise piezoelektrisch arbeitend, sein.

[0036] In Ausgestaltung der Erfindung kann die Meßeinrichtung entweder am Pumpenkopf, insbesondere an einer zentralen Stelle hiervon, angeschlossen sein. Statt dessen ist es auch möglich, die Meßeinrichtung direkt an oder nahe den Pumpenventilen, d.h. dem Saug-

und Druckventil sowie den weiteren Hydraulikventilen, vorzusehen.

[0037] Falls erwünscht, kann erfindungsgemäß das erzeugte Körperschallsignal durch geeignete Einbauten in den Ventilsitz verstärkt werden. Zu diesem Zweck ist eine Schwingungseinrichtung vorgesehen, die an oder nahe dem Ventilsitz vorgesehen ist.

[0038] Eine derartige Schwingungseinrichtung kann aus wenigstens einem schräg in das Ventil eingebauten Flügel oder aber aus einem Membranblechring bestehen, der in den Ventilsitz eingebaut ist.

[0039] Die Erfindung wird im folgenden anhand der Zeichnung näher erläutert. Hierbei zeigen:

- 5 Fig. 1 schematisch im Schnitt die Anwendung des Verfahrens sowie der Vorrichtung gemäß der Erfindung bei einer Membrandosierpumpe sowie bei einer Kolbenpumpe;
- 10 Fig. 2a im Diagramm den Kolbenweg der Pumpe über der Zeit,
- Fig. 2b im Diagramm den zeitlichen Verlauf des Druckhubs sowie des Saughubs der Membrandosierpumpe;
- 25 Fig. 2c den als Körperschallsignal gemessenen Referenzsignalpegel eines intakten Pumpenventils sowohl beim Druckhub als auch beim Saughub,
- 30 Fig. 2d den Effektivsignalpegel bei einem defekten Saugventil und
- 35 Fig. 2e bei einem defekten Druckventil;
- Fig. 3a den Referenzsignalpegel sowie den Effektivsignalpegel in zeitlicher Mittelung über mehrere Pumpenhübe und
- 40 Fig. 3b in zeitlich begrenzter Mittelung, d.h. in einem definierten Zeitfenster innerhalb des Hubzyklus.
- 45 **[0040]** Wie in Fig. 1 schematisch dargestellt, können das Verfahren und die Vorrichtung gemäß der Erfindung sowohl bei einer Membrandosierpumpe 1 als auch bei einer Kolbenpumpe 2 zur Anwendung gelangen. Hierbei dreht es sich darum, bei den jeweils vorgesehenen Saugventilen 3 sowie Druckventilen 4, die beim dargestellten Ausführungsbeispiel jeweils als druckgesteuerte Kugelventile ausgestaltet sind, eine Störungsfrüherkennung durchzuführen.
- 50 **[0041]** Zu diesem Zweck ist eine Meßeinrichtung 5 vorgesehen, die an einer zentralen Stelle des Pumpendekels 6 angeschlossen ist und das von einem undichten Ventil 3 bzw. 4 aufgrund der Rückströmung des Förderfluids im geschlossenen Ventilzustand erzeugte erhöhte

Betriebsgeräusch überwacht sowie als Effektivsignalpegel mißt.

[0042] Die Meßeinrichtung 5 ist zur Messung des jeweils vom Betriebsgeräusch erzeugten Körperschalls ausgebildet und weist einen entsprechenden Sensor auf. Dieser ist beim dargestellten Ausführungsbeispiel ein piezoelektrisch arbeitender Schwingungsbeschleunigungssensor.

[0043] Es ist weiterhin eine Vergleichseinrichtung 7 vorgesehen, welche den von der Meßeinrichtung 5 über eine Signalleitung 8 angelieferten Effektivsignalpegel mit einem vom Betriebsgeräusch der Pumpe mit intakten Ventilen 3 bzw. 4 gebildeten Referenzsignalpegel vergleicht und bei einer vorbestimmten Pegelabweichung bzw. -veränderung eine Störmeldung als Störungsfrüherkennung erzeugt.

[0044] Wie im einzelnen aus Fig. 2a - 2e ersichtlich, zeigen die verschiedenen Diagramme die Charakteristika der Membrandosierpumpe 1 gemäß Fig. 1. Hierbei ist in Fig. 2a der Kolbenweg über der Zeit dargestellt.

[0045] Fig. 2b zeigt demgegenüber den Druckverlauf im Hydraulikraum 9 der Pumpe 1, wobei deutlich der charakteristische Verlauf des vom Kolben 10 durchgeführten Druckhubes sowie des Saughubes der Membran 11 (s. Fig. 1) erkennbar ist.

[0046] Wie aus Fig. 2c zu ersehen, gestaltet sich der Verlauf des von einer Pumpe 1 mit intakten Ventilen 3 bzw. 4 erzeugten Betriebsgeräusches, das als Körperschallsignal gemessen wird, in typischer Weise, wobei der in Fig. 2c dargestellte Verlauf den Referenzsignalpegel darstellt. Dieser gibt typische Geräuschspitzen wieder, die während des vom Pumpenkolben 10 durchgeführten Druckhubes und Saughubes erzeugt werden.

[0047] Im Gegensatz hierzu zeigt Fig. 2d den Körperschallverlauf einer Pumpe 1 mit defektem Saugventil 3, der typischerweise während des vom Kolben 10 durchgeführten Druckhubes in Erscheinung tritt, da hierbei das Saugventil 3 aufgrund der aufgetretenen Undichtigkeit nicht mehr exakt schließt und somit eine unerwünschte Leckageströmung in die Ansaugleitung zuläßt.

[0048] Im Gegensatz hierzu zeigt Fig. 2e das Körperschallsignal bei einer Pumpe 1 mit defektem Druckventil 4. Dieses ergibt sich, wie dargestellt, beim Saughub des Kolbens 10, da hier das undicht gewordene Druckventil 4 nicht mehr zuverlässig schließt und eine unerwünschte Rückströmung in Form einer Leckageströmung in den Fluidraum 12 der Pumpe 1 zuläßt.

[0049] Fig. 3a und 3b zeigen schließlich den Pegelverlauf des gemessenen Körperschallsignals in gemittelter Form, wobei in Fig. 3a der Mittelungszeitraum während mehrerer Pumpenhübe, d.h. also mehrmals während des Druckhubes sowie des Saughubes, dargestellt ist und sich die Störungsfrüherkennung aufgrund eines erhöhten Effektivsignalpegels erkennen läßt. Demgegenüber zeigt Fig. 3b den Signalverlauf bei einem Mittelungszeitraum, der sich lediglich über einen Bruchteil des Pumpenhubzyklus, im dargestellten Fall während lediglich einer bestimmten Zeit des Saughubes, erstreckt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Überwachung und zur automatischen Störungsfrüherkennung der Ventile, insbesondere der Saug- und/oder Druckventile, einer oszillierenden Verdrängerpumpe, insbesondere einer Membrandosierpumpe, **dadurch gekennzeichnet, dass** das von einem undichten Ventil aufgrund der Rückströmung des Förderfluids im geschlossenen Ventiltzustand erzeugte, als Körperschall gemessene erhöhte Betriebsgeräusch als Maß für die Undichtigkeit des Ventils verwendet wird, indem der erzeugte, über einen vorbestimmten Zeitraum gemittelte Effektivsignalpegel kontinuierlich überwacht und mit einem vom Betriebsgeräusch der Pumpe mit intakten Ventilen gebildeten, gleichfalls über einen vorbestimmten Zeitraum gemittelten Referenzsignalpegel verglichen wird, dass als vorbestimmter Mittelungszeitraum für den jeweiligen Signalpegel derjenige während eines Bruchteils des Pumpenhubzyklus verwendet wird und dass zur Bildung des Mittelwertes des jeweiligen Signalpegels ein Triggersignal zu einem definierten Zeitpunkt während des Pumpenhubzyklus verwendet wird, wobei bei einer vorbestimmten Pegelabweichung bzw. -veränderung aufgrund eines erhöhten Betriebsgeräusches eine Störungsfrüherkennungsanzeige ausgelöst wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das als Körperschall gemessene Betriebsgeräusch der Pumpe und damit auch dasjenige der Ventile mittels wenigstens eines Körperschallsensors oder Mikrophons ermittelt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Körperschallsensor ein Schwingungsbeschleunigungssensor verwendet wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erzeugte Körperschall am Pumpenkopf, insbesondere an einer zentralen Stelle hiervon, gemessen wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erzeugte Körperschall an oder nahe den Ventilen gemessen wird.
6. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Triggersignal mittels eines am Pumpentriebwerk angebauten Kontaktgebers erzeugt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das vom jeweiligen Ventil erzeugte Körperschallsignal mittels Ventileinbauten verstärkt wird.

8. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** eine an ein Pumpenbauteil angeschlossene Meßeinrichtung (5), welche das von einem undichten Ventil (3 bzw. 4) aufgrund der Rückströmung des Förderfluids im geschlossenen Ventilzustand erzeugte erhöhte Betriebsgeräusch überwacht und als Effektivsignalpegel misst, und eine mit der Meßeinrichtung (5) verbundene Vergleichseinrichtung (7), welche den über einen vorbestimmten Zeitraum gemittelten Effektivsignalpegel mit einem vom Betriebsgeräusch der Pumpe mit intaktem Ventil (3 bzw. 4) gebildeten, gleichfalls über einen vorbestimmten Zeitraum gemittelten Referenzsignalpegel vergleicht und bei einer vorbestimmten Pegelabweichung bzw. -veränderung eine Störmeldung als Störungsfrüherkennung erzeugt.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Meßeinrichtung (5) wenigstens einen Sensor zur Erfassung des vom Betriebsgeräusch der Pumpe (1 bzw. 2) erzeugten Körperschalls aufweist.
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Körperschallsensor ein Schwingungsbeschleunigungssensor (5) ist.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 - 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Meßeinrichtung (5) am Pumpenkopf (6), insbesondere an einer zentralen Stelle hiervon, angeschlossen ist.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 - 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Meßeinrichtung (5) an oder nahe den Pumpenventilen (3, 4) vorgesehen ist.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 - 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zu überwachende Pumpenventil (3, 4) zur Verstärkung des erzeugten Körperschallsignals eine Schwingungseinrichtung aufweist, die an oder nahe dem Ventilsitz vorgesehen ist.
14. Vorrichtung nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schwingungseinrichtung aus wenigstens einem schräg in das Ventil (3 bzw. 4) eingebauten Flügel besteht.
15. Vorrichtung nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schwingungseinrichtung ein Membranblechring ist.

Claims

1. Method for monitoring of and automatic early fault detection in the valves, in particular suction and/or pressure valves, of an oscillating displacement pump, in particular a diaphragm metering pump, **characterised in that** the increased operating noise generated by a leaky valve due to the back flow of the conveyed fluid in the closed state of the valve, measured as structure-borne sound, is used as a measure of the valve leakage **in that** the effective signal level generated, determined over a specified period of time, is continuously monitored and compared with a reference signal level formed from the operating noise of the pump with intact valves, also determined over a specified period of time, that the period elapsing during a fraction of the pump stroke cycle is used as a specified averaging period for the relevant signal level and that, in order to form the average value of the current signal level, a trigger signal is used at a defined point in time during the pump stroke cycle wherein, in the event of a pre-specified deviation or change in level, an early fault detection indication is triggered on the basis of an increased operating noise.
2. Method according to claim 1, **characterised in that** the operating noise of the pump and thus also the valves, measured as a structure-borne sound, is determined by means of at least one structure-borne sound sensor or microphone.
3. Method according to claim 2, **characterised in that** a vibration acceleration sensor is used as a structure-borne sound sensor.
4. Method according to one of the preceding claims, **characterised in that** the generated structure-borne sound is measured on the pump head, in particular at a central position thereon.
5. Method according to one of the claims 1 to 3, **characterised in that** the generated structure-borne sound is measured on or near the valves.
6. Method according to claim 1, **characterised in that** the trigger signal is generated by means of a contact sensor fitted to the pump drive.
7. Method according to one of the claims 2 to 6, **characterised in that** the structure-borne sound signal generated by the valve in question is amplified by means of valve fittings.
8. Device for carrying out the method according to one of the preceding claims, **characterised by** a measuring device (5) connected to a pump com-

ponent which monitors the increased operating noise generated by a leaky valve (3 and 4) due to the back flow of the conveyed fluid in the closed state of the valve and measures this as an effective signal level, and

a comparison device (7), connected with the measuring device (5), which compares an effective signal level, determined over a specified period of time, with a reference signal level formed from the operating noise of the pump with intact valve (3 or 4), also determined over a specified period of time, and in the event of a pre-specified deviation or change in level generates a fault message as an early fault detection indication.

9. Device according to claim 8, **characterised in that** the measuring device (5) has at least one sensor for measuring the structure-borne sounds generated by the operating noise of the pump (1 or 2).

10. Device according to claim 9, **characterised in that** the structure-borne sound sensor is a vibration acceleration sensor (5).

11. Device according to one of the claims 8 - 10, **characterised in that** the measuring device (5) is attached to the pump head (6), in particular at a central position thereon.

12. Device according to one of the claims 8 - 10, **characterised in that** the measuring device (5) is provided on or near the pump valves (3, 4).

13. Device according to one of the claims 9 - 12, **characterised in that** in order to amplify the generated structure-borne sound signals the pump valve (3, 4) which is to be monitored is equipped with a vibrating device which is provided on or near the valve seat.

14. Device according to claim 13, **characterised in that** the vibrating device consists of at least one vane installed obliquely in the valve (3 or 4).

15. Device according to claim 13, **characterised in that** the vibrating device is a metal diaphragm ring.

Revendications

1. Procédé pour la surveillance et pour la reconnaissance précoce automatique de perturbations des clapets, en particulier des clapets d'aspiration et/ou de refoulement, d'une pompe à refoulement oscillante, en particulier d'une pompe de dosage à membrane, **caractérisé en ce que** le bruit de fonctionnement accru engendré par un clapet non étanche en raison du reflux du fluide re-

foulé à l'état fermé du clapet et mesuré à titre de bruit structurel est utilisé à titre de mesure pour la non étanchéité du clapet, du fait que l'on surveille en continu le niveau de signal effectif engendré moyenné sur une période temporelle prédéterminée, et qu'on le compare avec un niveau de signal de référence formé par le bruit de fonctionnement de la pompe avec des clapets intacts et moyenné également sur une période temporelle prédéterminée,

en ce que l'on utilise à titre de période temporelle prédéterminée pour le niveau de signal respectif celle pendant une fraction du cycle de la course de pompe, et

en ce que l'on utilise, pour former la valeur moyenne du niveau de signal respectif, un signal de déclenchement à un instant défini pendant le cycle de la course de pompe.

et dans lequel, lors d'un écart ou d'une variation prédéterminé(e) du niveau dû à un bruit de fonctionnement accru, une indication de reconnaissance précoce de perturbation est déclenchée.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le bruit de fonctionnement de la pompe mesuré en tant que bruit structurel et donc également celui des clapets est détecté au moyen d'au moins un détecteur de bruit structurel ou microphone.

3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** l'on utilise à titre de détecteur de bruit structurel un détecteur d'accélération d'oscillations.

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le bruit structurel engendré est mesuré au niveau de la tête de pompe, en particulier à un emplacement central de celle-ci.

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** le bruit structurel engendré est mesuré au niveau ou à proximité des clapets.

6. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le signal de déclenchement est engendré au moyen d'un contacteur monté sur l'entraînement de pompe.

7. Procédé selon l'une des revendications 2 à 6, **caractérisé en ce que** le signal de bruit structurel engendré par le clapet respectif est amplifié au moyen d'éléments intégrés au clapet.

8. Dispositif pour mettre en oeuvre le procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé par** un dispositif de mesure (5) raccordé à un composant de la pompe, qui surveille le bruit de fonctionnement accru engendré par un clapet non étanche (3 ou 4)

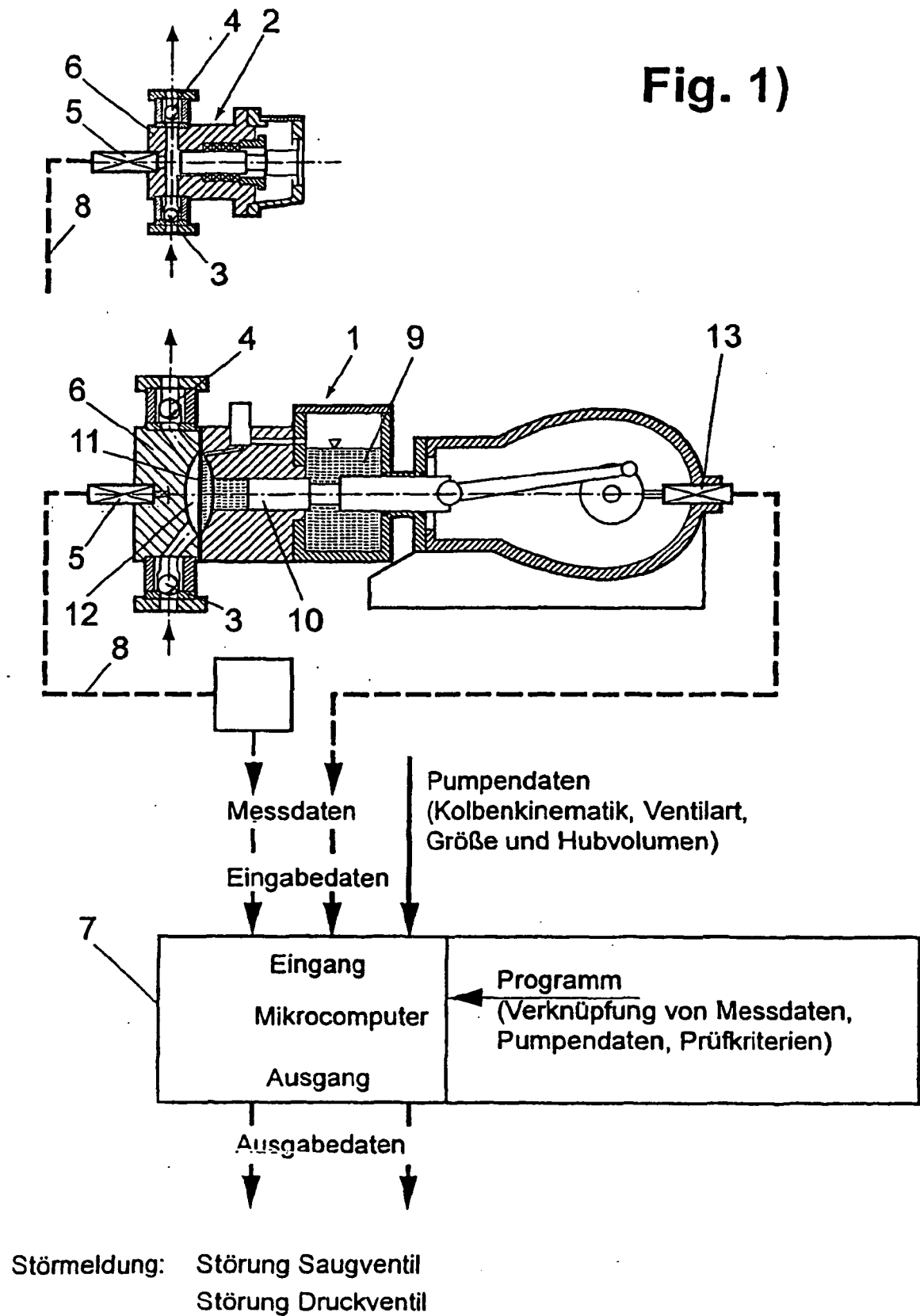
en raison du reflux du fluide refoulé à l'état fermé du clapet et qui mesure ce bruit sous la forme d'un niveau de signal effectif, et par un dispositif de comparaison (7) relié au dispositif de mesure (5), qui compare le niveau du signal effectif, moyenné sur une période temporelle prédéterminée, avec un niveau de signal de référence formé par le bruit de fonctionnement de la pompe avec clapets intacts (3 ou 4) et également moyenné sur une période temporelle prédéterminée, et qui, lors d'un écart ou d'une modification prédéterminé(e), engendre un avertissement de perturbation à titre de reconnaissance précoce de perturbation.

9. Dispositif selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** le dispositif de mesure (5) comprend au moins un capteur pour détecter le bruit structurel engendré par le bruit de fonctionnement de la pompe (1 ou 2). 5
10. Dispositif selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** le détecteur de bruit structurel est un détecteur d'accélération d'oscillations (5). 10
11. Dispositif selon l'une des revendications 8 à 10, **caractérisé en ce que** le dispositif de mesure (5) est raccordé à la tête de pompe (6), en particulier à un emplacement central de celle-ci. 15
12. Dispositif selon l'une des revendications 8 à 10, **caractérisé en ce que** le dispositif de mesure (5) est prévu au niveau ou à proximité des clapets de pompe (3, 4). 20
13. Dispositif selon l'une des revendications 9 à 12, **caractérisé en ce que** le clapet de pompe à surveiller (3, 4) comprend un organe oscillant, pour amplifier le signal de bruit structurel engendré, qui est prévu au niveau ou à proximité du siège de clapet. 25
14. Dispositif selon la revendication 13, **caractérisé en ce que** l'organe oscillant est constitué par au moins une pale intégrée en oblique dans le clapet (3 ou 4). 30
15. Dispositif selon la revendication 13, **caractérisé en ce que** l'organe oscillant est une bague en tôle pour membrane. 35

40

55

Fig. 1)



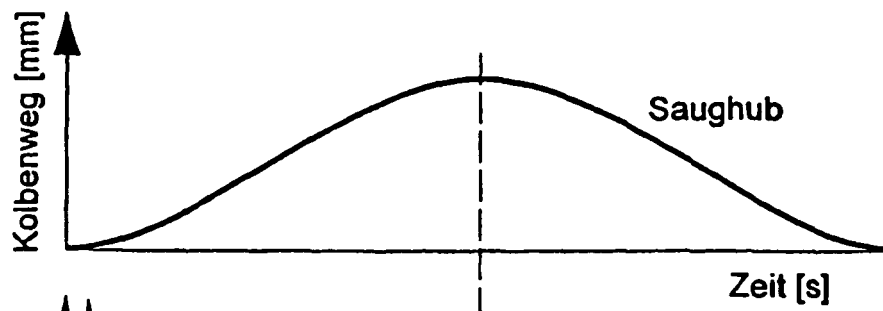


Fig. 2a)

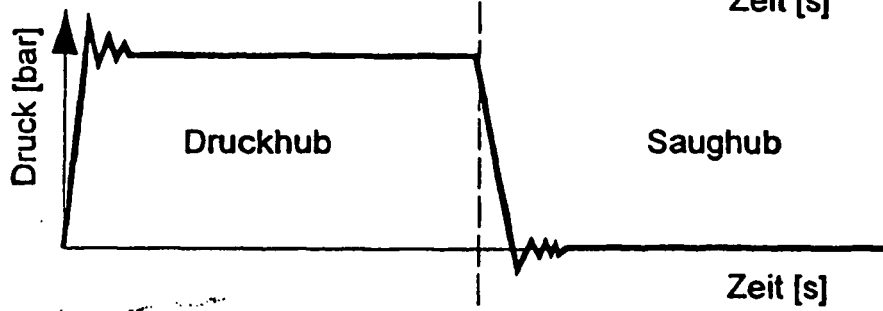


Fig. 2b)



Fig. 2c)

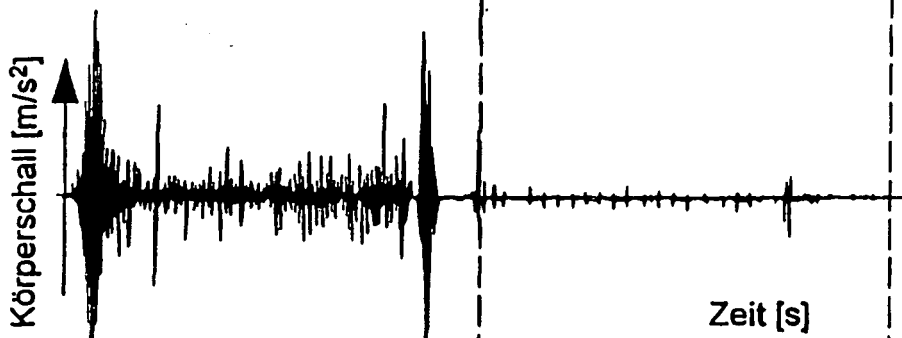


Fig. 2d)

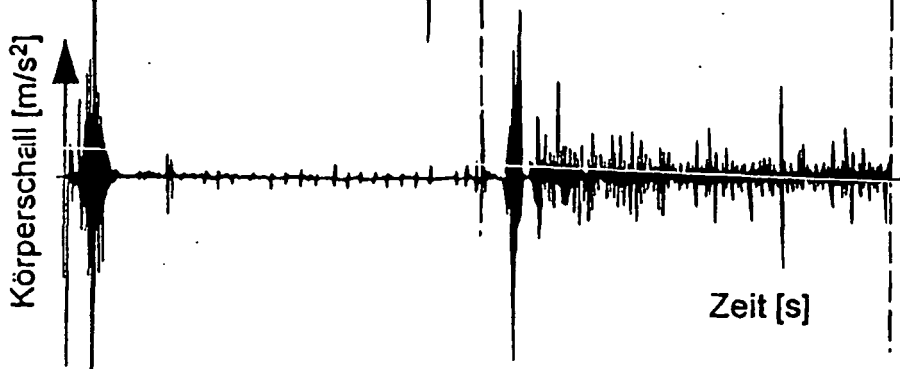


Fig. 2e)

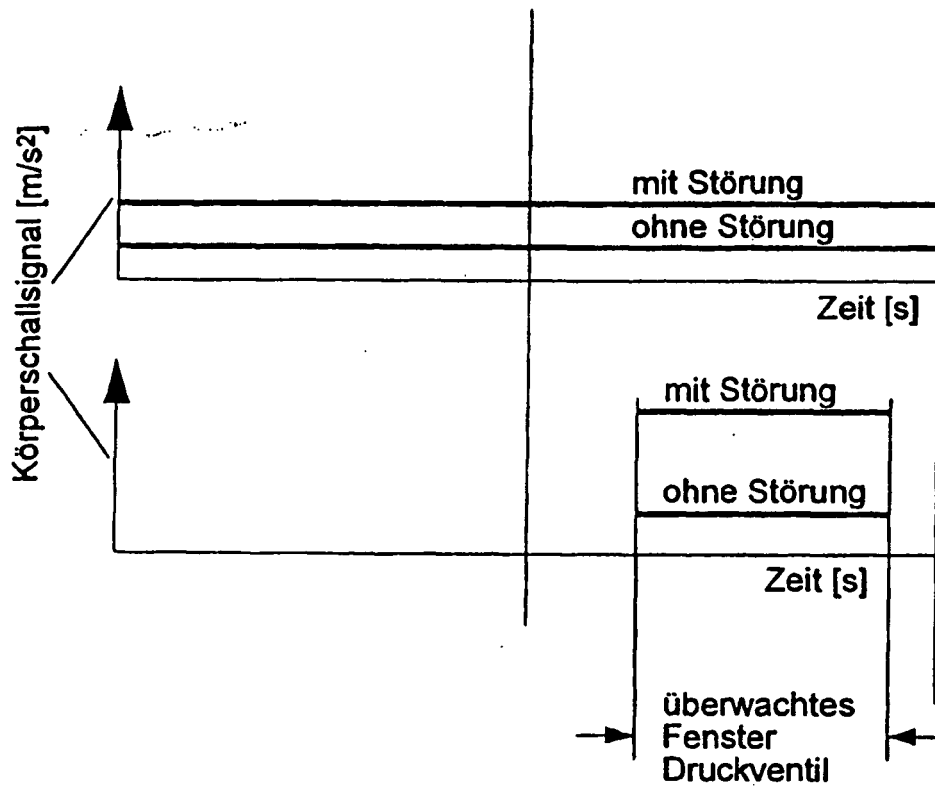


Fig. 3a)

Fig. 3b)

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

- GB 2314412 A [0007]
- US 4896101 A [0009]
- US 20020062682 A [0009]