

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 597 128 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
31.05.2006 Patentblatt 2006/22

(21) Anmeldenummer: **03799453.0**

(22) Anmeldetag: **23.12.2003**

(51) Int Cl.:
B61L 23/00 ^(2006.01)

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2003/004284

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2004/076257 (10.09.2004 Gazette 2004/37)

(54) **EINRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR ÜBERWACHUNG EINER ROTIERENDEN WELLE UND/ ODER DARAN ANGEBRACHTER ELEMENTE**

DEVICE AND METHOD FOR MONITORING A ROTATING SHAFT AND/OR ELEMENTS APPLIED THERETO

DISPOSITIF ET PROCEDE POUR SURVEILLER UN ARBRE ROTATIF ET/OU DES ELEMENTS QUI Y SONT FIXES

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT CH DE FR GB LI

(30) Priorität: **25.02.2003 DE 10307950**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
23.11.2005 Patentblatt 2005/47

(73) Patentinhaber: **Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.**
80686 München (DE)

(72) Erfinder:
• **PRIDÖHL, Eckhard**
01217 Dresden (DE)

• **FRANKENSTEIN, Bernd**
01054 Ullersdorf (DE)

(74) Vertreter: **Gagel, Roland**
Patentanwalt Dr. Roland Gagel,
Landsberger Strasse 480a
81241 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A- 19 827 271 **DE-A- 19 831 176**
DE-A- 19 852 220 **DE-C- 19 827 931**

EP 1 597 128 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Technisches Anwendungsgebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Einrichtung sowie ein Verfahren zur Überwachung einer rotierenden Welle und/oder daran angebrachter Elemente, bei denen eine Sensorik für die Erfassung von Schwingungen und/oder Körperschall an der Welle angeordnet und mit einer Signalverarbeitungseinheit verbunden ist, die von der Sensorik erhaltene Messsignale verarbeitet, um Ausgangsdaten für die Übermittlung an eine Empfangseinheit in einem nicht rotierenden Bezugssystem bereitzustellen.

[0002] Die Überwachung von Wellen oder mit ihnen fest verbundenen Teilen während des Einsatzes der Wellen spielt in vielen technischen Bereichen eine wichtige Rolle, um rechtzeitig Störungen, Beschädigungen oder Materialermüdung erkennen zu können. Dies betrifft insbesondere sich anbahnende Schäden, wie z. B. Risse, Ausbröckelungen oder Ähnliches, die mit einer derartigen Überwachung im Frühstadium erkannt werden sollen. Die Überwachung bezieht sich nicht nur auf die Welle selbst sondern vor allem auch auf daran befestigte Anbauten wie mitlaufende Räder, Bremsscheiben und andere Elemente. Ein beispielhaftes Anwendungsgebiet stellt hierbei die Überwachung der Fahrwerke und Radsätze von Schienenfahrzeugen dar.

Stand der Technik

[0003] Bei bekannten Verfahren und Einrichtungen zur Überwachung von Fahrwerken von Schienenfahrzeugen wird eine Körperschall- oder Schwingungssensorik eingesetzt, um aus den während des Betriebes der Schienenfahrzeuge über die Sensorik erhaltenen Messdaten frühzeitig Abweichungen vom normalen Schwingungsverhalten der überwachten Komponenten erkennen zu können.

[0004] So ist beispielsweise aus der DE 198 37 554 A1 eine elektronische Fahrwerk-Überwachungsanlage für Züge bekannt, bei der im Wesentlichen an jedem Drehgestell jedes Waggons und eventuell auch des Triebkopfes ein oder mehrere Schwingungssensoren angeordnet sind, die die im Drehgestell erzeugten Schwingungen aufnehmen und über eine lokal angeordnete Signalverarbeitungsanlage dem Bordcomputer des Triebwagens zuführen. Die Schwingungssensoren sind hierbei am Drehgestell, auf der Radachse oder im Bereich der Abstützmittel zur Federung des Drehgestells angebracht.

[0005] Die DE 100 62 602 A1 beschreibt ein weiteres Verfahren sowie eine Vorrichtung zum Überwachen des Fahrverhaltens von Schienenfahrzeugen. Bei diesem Verfahren werden Beschleunigungssignale von Fahrzeugkomponenten während der Fahrt mit Sensoren erfasst und in besonderer Weise ausgewertet, um ein für das Fahrverhalten charakteristisches Signal zu erhalten.

Die Beschleunigungssensoren werden beispielsweise in den Radsatzlagern des Schienenfahrzeuges angebracht.

[0006] Auch die DE 198 27 271 A1 beschreibt ein sensorgestütztes Online-Erfassungssystem für rad- und gleisbezogene Daten von Schienenfahrzeugen. Die Auswertung der Daten erfolgt bei dieser Druckschrift mit Hilfe einer zeitlichen und geometrischen Korrelationsanalyse. Als Sensoren werden in erster Linie Abstandssensoren und Drehzahlsensoren eingesetzt, die gegebenenfalls durch Körperschallsensoren ergänzt werden.

[0007] Ein Nachteil der bisher bekannten Lösungen besteht jedoch darin, dass die eingesetzte Sensorik und die erforderliche Verkabelung für die Verarbeitung der Messdaten dem rauen Fahrbetrieb im Gleisbettbereich, also beispielsweise Steinschlag, Schnee und Eis, ausgesetzt sind, so dass ein erhöhtes Risiko eines Ausfalls des Überwachungssystems aufgrund äußerer Einflüsse besteht.

[0008] Ausgehend von diesem Stand der Technik besteht die Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, eine Einrichtung sowie ein Verfahren zur Überwachung einer rotierenden Welle und/oder daran angebrachter Elemente anzugeben, das einen verbesserten Schutz gegenüber äußeren Einflüssen bietet.

Darstellung der Erfindung

[0009] Die Aufgabe wird mit der Einrichtung sowie dem Verfahren gemäß den Patentansprüchen 1 bzw. 13 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Einrichtung sowie des Verfahrens sind Gegenstand der Unteransprüche oder lassen sich aus der nachfolgenden Beschreibung sowie den Ausführungsbeispielen entnehmen.

[0010] Bei der vorliegenden Einrichtung und dem zugehörigen Verfahren zur Überwachung einer rotierenden Welle und/oder daran angebrachter Elemente, bei denen eine Sensorik für die Erfassung von Schwingungen und/oder Körperschall an der Welle angeordnet und mit einer Signalverarbeitungseinheit verbunden ist, die von der Sensorik erhaltene Messsignale verarbeitet, um Ausgangsdaten für die Übermittlung an eine Empfangseinheit in einem nicht rotierenden Bezugssystem bereitzustellen, ist die Sensorik zusammen mit der Signalverarbeitungseinheit in einem Hohlraum der Welle angeordnet. Bei dieser Sensorik handelt es sich in der bevorzugten Ausgestaltung um eine akustische Sensorik, d.h. um ein oder mehrere Sensoren, die Körperschall der Welle erfassen. Je nach Anwendung können hierbei Sensoren für die Erfassung von Schwingungen im hörbaren Akustikbereich, im Infraschallbereich oder im Ultraschallbereich eingesetzt werden. Die Signalverarbeitungseinheit übernimmt die Verarbeitung der von der Sensorik gelieferten Signale, um zumindest die Datenmenge, die zur Übermittlung an die Empfangseinheit bereitgestellt wird, gegenüber der von den Sensoren gelieferten Datenmenge zu reduzieren. Die Signalverarbeitungseinheit kann hierbei je nach Ausgestaltung auch bereits eine zumin-

dest nahezu vollständige Auswertung der Daten nach vorgebbaren Kriterien vornehmen.

[0011] Der erforderliche Hohlraum der Welle kann beispielsweise durch Bohren eines Sackloches in die Welle hergestellt werden. Bei Einsatz einer Hohlwelle steht dieser Hohlraum automatisch zur Verfügung.

[0012] Bei der vorliegenden Einrichtung und dem zugehörigen Verfahren sind somit die Sensorik sowie die Signalverarbeitungselektronik integraler Bestandteil der Maschinenbau-Komponente Welle. Sie werden vorzugsweise bereits beim Hersteller der Welle installiert und verbleiben in der Welle bis zum Betrieb und der Außerbetriebnahme beim Anwender. Sie sind während der Montage der Welle in einer Anlage vor mechanischen Beschädigungen geschützt. Während des Betriebes der Anlage sind die Sensorik sowie die Signalverarbeitungselektronik aufgrund ihrer Anordnung im Hohlraum der Welle vor betriebsbedingten mechanischen und klimatischen Einflüssen sicher. Außerdem bietet diese Anordnung einen Schutz gegen mutwillige Beschädigung oder Vandalismus, der gerade bei sicherheitsrelevanten Überwachungssystemen von besonderer Bedeutung ist. Die Inspektionsintervalle für die Welle und die an ihr montierten Elemente bzw. Komponenten können bei Einsatz der vorliegenden Einrichtung bzw. des vorliegenden Verfahrens deutlich verlängert werden. Liefert die vorliegende Einrichtung Ausgangsdaten, die auf einen sich anbahnenden Primärschaden hinweisen, so können die Inspektionsintervalle rechtzeitig verkürzt werden.

[0013] In der bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Einrichtung sind zumindest die Sensorik und die Signalverarbeitungseinheit in einem vorzugsweise einstückigen Modul integriert, beispielsweise eingegossen, das im Hohlraum der Welle fixiert ist. Dieses Überwachungsmodul kann bei der Herstellung der Welle beispielsweise in den Hohlraum der Welle eingepresst werden. Selbstverständlich sind auch andere Techniken der Fixierung in der Welle möglich.

[0014] Die Signalverarbeitungseinheit umfasst vorzugsweise einen Signalverarbeitungsprozessor, der für die zumindest teilweise Auswertung der Messsignale nach vorgebbaren Kriterien ausgebildet ist, um die Datenmenge an Ausgangsdaten gegenüber der Datenmenge aus den Messsignalen zu reduzieren. Es versteht sich von selbst, dass die Datenverarbeitung vorzugsweise in digitaler Form erfolgt, wobei die von den Sensoren erhaltenen Messsignale mit zumindest einem A/D-Wandler vorher in digitale Messdaten umgewandelt werden. Der A/D-Wandler kann Bestandteil der Sensorik oder auch der Signalverarbeitungseinheit sein und ist in der bevorzugten Ausgestaltung ebenfalls in das Überwachungsmodul integriert.

[0015] Die vorliegende Überwachungseinrichtung umfasst vorzugsweise auch eine Datenübertragungseinrichtung für die Übertragung der Ausgangsdaten an die Empfangseinheit. Besonders vorteilhaft lässt sich hierbei eine drahtlose Datenübertragungseinrichtung einsetzen, die aus einem mit der Signalverarbeitungseinheit ver-

bundenen Telemetriemodul und einer aus dem Hohlraum der Welle herausragenden oder außerhalb des Hohlraums an der Welle angeordneten Antenne besteht. Auch bei dieser Ausgestaltung ist vorzugsweise das Telemetriemodul in das Überwachungsmodul integriert. Die Ausgangsdaten werden mit dieser Datenübertragungseinrichtung auf dem Funkweg an die Empfangseinheit, beispielsweise einem Bordcomputer am Triebkopf eines zu überwachenden Zuges, übermittelt. Der Bordcomputer muss hierfür selbstverständlich eine entsprechende Empfangsantenne mit einem zugehörigen Empfangsmodul aufweisen.

[0016] In einer besonderen Ausgestaltung dieser Datenübertragungseinrichtung wird eine bidirektionale Datenübertragung zwischen der Signalverarbeitungseinheit und der Empfangseinheit ermöglicht. Auf diese Weise lässt sich die vorliegende Einrichtung auch über die Empfangseinheit steuern. Weiterhin ist es möglich, die Datenübertragungseinheit so auszugestalten, dass sie die drahtlose Energieversorgung der vorliegenden Einrichtung ermöglicht. Dem Fachmann sind entsprechende drahtlose Energieübertragungstechniken bekannt.

[0017] Alternativ zur drahtlosen Energieübertragung kann auch ein separates Energie- oder Stromversorgungsmodul an, vorzugsweise in der Welle, befestigt werden. Dieses Modul kann die Rotation der Welle nutzen, um den erforderlichen Strom zu erzeugen. In diesem Falle ist es als elektrischer Generator aufgebaut.

[0018] In einer weiteren vorteilhaften Ausbildung der vorliegenden Überwachungseinrichtung ist die Signalverarbeitungseinheit mit einem im Hohlraum der Welle angeordneten Triggermodul verbunden, das in Synchronisation mit den Umdrehungen der Welle Triggersignale liefert, um eine dreh synchrone Signalerfassung und Signalverarbeitung zu ermöglichen. Selbstverständlich können auch weitere elektronische Komponenten, die für die Signalerfassung und -verarbeitung von Vorteil sind, im Hohlraum der Welle, vorzugsweise als integraler Bestandteil des Überwachungsmoduls, eingesetzt werden. Beispiele für derartige Komponenten sind Signalverstärker und Filter. Die gesamte im Hohlraum der Welle angeordnete Elektronik ist in der bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Überwachungseinrichtung in das Überwachungsmodul integriert, so dass die Montage der Einrichtung in der Welle stark vereinfacht wird.

[0019] Die Auswertung der von der Sensorik gelieferten Messsignale kann, je nach Anwendung, in unterschiedlicher Art und Weise erfolgen. Vorzugsweise erfolgt zumindest ein großer Teil der Auswertung bereits in der Signalverarbeitungseinheit der Welle, wobei die Messsignale im Zeit- und/oder Frequenzbereich ausgewertet werden. Auch eine Abspeicherung von Vergleichsdaten in der Signalverarbeitungseinheit ist bei Anordnung eines entsprechenden Speichers möglich.

[0020] Beispiele für die Auswertung von mit Schwingungssensoren erhaltenen Messdaten können beispielsweise der in der Beschreibungseinleitung genannten DE 100 62 602 A1, der DE 198 37 554 A1 oder dem

nachfolgenden Ausführungsbeispiel entnommen werden. Es versteht sich von selbst, dass bei der vorliegenden Einrichtung und dem zugehörigen Verfahren die unterschiedlichsten Auswertelgorithmen eingesetzt werden können, da diese unabhängig von der vorliegenden Lösung durch entsprechende Ausgestaltung des Signalprozessors bzw. des darin geladenen Software-Programmes realisierbar sind.

[0021] Mit der vorliegenden Überwachungseinrichtung lassen sich im beispielhaften Einsatz an Schienenfahrzeugen Schäden an Rädern, wie beispielsweise Risse, Flachstellen, Ausbröckelungen Polygon- und Riffelbildung oder dgl., sowie an den Radlagern, wie beispielsweise Außenring- oder Innenringschäden, aber auch Käfig- oder Kugelschäden, ebenso während des Laufes erkennen wie Risse in der Welle. Durch derartige Schäden werden Schallwellen oder Schwingungen generiert, was bei geeigneter Auswertung der Messsignale erkannt werden kann. Selbstverständlich lassen sich die vorliegende Überwachungseinrichtung und das zugehörige Verfahren nicht nur bei Schienenfahrzeugen, sondern auch bei anderen Anlagen einsetzen, bei denen eine Drehmomentübertragung über eine Welle realisiert wird, wie beispielsweise in Getrieben.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen.

[0022] Die vorliegende Einrichtung sowie das zugehörige Verfahren werden nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels in Verbindung mit den Zeichnungen nochmals kurz erläutert. Hierbei zeigen:

Fig. 1 ein Beispiel für eine Ausgestaltung der vorliegenden Einrichtung an einer Hohlwelle eines Schienenfahrzeuges; und

Fig. 2 ein Beispiel für die digitale Signalverarbeitung in einer Einrichtung wie die der Fig. 1.

Wege zur Ausführung der Erfindung

[0023] Im nachfolgenden Ausführungsbeispiel wird der Einsatz der vorliegenden Überwachungseinrichtung sowie des zugehörigen Verfahrens am Beispiel der Überwachung des Radsatzes eines Schienenfahrzeuges nochmals kurz erläutert. Hierbei erfolgt die Installation der akustischen Sensorik innerhalb der Hohlwelle des Radsatzes. In unmittelbarer Nähe zur Sensorik werden die ebenfalls in der Hohlwelle mitrotierende Elektronik, bestehend aus Primärelektronik, Signalverarbeitungsprozessor, Triggermodul, Sende-/Empfangstelemetrie und Stromversorgung, installiert. Eine mitrotierende Sende-/Empfangsantenne wird so nach außen geführt, dass die Sendesignale den Empfänger im nichtrotierenden System, im vorliegenden Beispiel im Triebwagen, erreichen.

[0024] Die beispielhaft dargestellte Einrichtung umfasst im vorliegenden Beispiel das einstückige Überwa-

chungsmodul 5, das sämtliche Komponenten der vorliegenden Überwachungseinrichtung - mit Ausnahme der Antenne, die aus der Hohlwelle herausragen muss - enthält. In der Figur 1 ist ein äußerer Abschnitt der rotierenden Hohlwelle 1 mit dem darin vorliegenden Hohlraum 2 zu erkennen, an der ein Laufrad 11 des Schienenfahrzeuges befestigt ist. Die Hohlwelle 1 ist über das Lager 12 mit dem nichtrotierenden Drehgestell des Schienenfahrzeuges verbunden. Lager 12 und Bohrung bzw. Hohlraum 2 der Hohlwelle 1 werden durch einen nicht mitrotierenden Deckel 13 verschlossen. Auf der Innenseite des Deckels 13 ist ein radialer Reflexionsstreifen 14 befestigt.

[0025] Das Überwachungsmodul 5 wird bei der Herstellung der Hohlwelle 1 in den Hohlraum 2 der Hohlwelle 1 gepresst, so dass es dort fixiert ist. Das Überwachungsmodul 5 rotiert daher während des Betriebes mit der Hohlwelle 1. In dem Überwachungsmodul 5 sind im vorliegenden Beispiel ein oder mehrere akustische Sensoren 15 integriert, die die Sensorik 3 bilden und an der Innenfläche des Hohlraums 2 der Hohlwelle 1 anliegen. Die Sensoren 15 sind - in der Figur nicht erkennbar - mit der Signalverarbeitungseinheit 4 verbunden, die einen digitalen Signalprozessor enthält. Die von den Sensoren 15 kontinuierlich oder gepulst erhaltenen Messsignale werden nach einer Verstärkung und gegebenenfalls Filterung mit einem nicht dargestellten A/D-Wandler in digitale Messdaten umgewandelt, die von der Signalverarbeitungseinheit 4 mit dem darin enthaltenen Auswerteprogramm verarbeitet werden. Die von der Signalverarbeitungseinheit 4 hierbei erzeugten Ausgangssignale bzw. Ausgangsdaten, die in der Datenmenge reduzierte Messdaten oder bereits geeignete Kenngrößen für das Schwingungsverhalten und/oder den Körperschall der Hohlwelle umfassen können, werden telemetrisch aus der rotierenden Hohlwelle 1 an einen Empfänger 10 im Triebwagen oder Waggon übertragen. Hierfür ist die Signalverarbeitungseinheit 4 mit einem Telemetriemodul 6 verbunden, das die Ausgangsdaten über eine Sende-/Empfangsantenne 7 sendet. Die Antenne 7 ist im vorliegenden Beispiel am Überwachungsmodul 5 befestigt und ragt in Achsrichtung der Hohlwelle 1 aus dieser durch eine Öffnung des Deckels 13 heraus, wie dies in der Figur 1 schematisch angedeutet ist. Über das Telemetriemodul 6 mit der mitrotierenden Antenne 7 werden von der Signalverarbeitungseinheit 4 Signale gesendet und gegebenenfalls auch Steuersignale empfangen. Die Signalverarbeitungseinheit 4 kommuniziert so mit einem im nichtrotierenden System Waggon oder Triebwagen installierten Rechner 16 als Empfangseinheit 10, der einerseits Steuerbefehle an das Überwachungsmodul 5 senden und von letzterer vorverdichtete bzw. vorverarbeitete Daten empfangen kann. Der Rechner 16 ist hierfür mit einer entsprechenden Sende-/Empfangsantenne 17 verbunden. Auf diese Weise kann der Rechner auch Steuersignale für den Verstärker und den oder die Filter vom nichtrotierenden Bezugssystem an die rotierende Elektronik in der Hohlwelle 1 übertragen.

[0026] Die Überwachungseinrichtung weist im vorliegenden Ausführungsbeispiel auch ein Stromversorgungsmodul 8 auf, das ebenfalls in dem einstückigen Überwachungsmodul 5 integriert ist. Dieses Stromversorgungsmodul 8 kann in Form eines elektrischen Generators ausgestaltet sein, um die Stromversorgung der in der Hohlwelle 1 integrierten elektronischen Komponenten zu gewährleisten.

[0027] Über ein ebenfalls im Überwachungsmodul 5 integriertes Triggermodul 9, das als optische Reflexionslichtschranke in Verbindung mit dem radialen Reflexionsstreifen 14 im Deckel 13 ausgeführt ist und bei jeder Radumdrehung einen Impuls an die Signalverarbeitungseinheit 4 leitet, lässt sich eine dreh synchrone Signalerfassung und -verarbeitung realisieren. Ein Beispiel für die Signalverarbeitung ist in der Figur 2 schematisch dargestellt.

[0028] Die Figur 2 zeigt hierbei einzelne Verarbeitungsschritte der von der Sensorik 3 während des Betriebes kontinuierlich gelieferten Messsignale. Die konditionierten Messsignale werden mit dem A/D-Wandler digitalisiert, wobei in der Regel eine Überabtastung der analogen Signale erfolgt. Die Datenerfassung durch den Triggerimpuls des Triggermoduls 9 wird so gesteuert, dass jeweils ein Messdatenfeld für eine Radumdrehung vorliegt. Zur Beschränkung der Datenfeldlänge bei sehr niedrigen Drehzahlen erfolgt eine Grenzwertüberwachung. Eine Datenerfassung erfolgt dabei nur ab einer definierten Drehzahl, d.h. oberhalb einer minimalen Fahrgeschwindigkeit des Schienenfahrzeuges.

[0029] Nach Entfernung des Gleichspannungsoffsets erfolgt eine Tiefpassfilterung der Messdaten zur Bandbegrenzung des Eingangssignals sowie eine Dezimation der Messdaten um den Faktor 2. Digitale Hoch- und Tiefpassfilter schneiden aus dem durch die Messdaten repräsentierten Messsignal n charakteristische Frequenzbänder aus, deren Bewertung eine Rissdetektion ermöglicht. Der eingesetzte Bewertungsalgorithmus basiert auf der Bildung der Einhüllenden des Signals. Dies erfolgt im vorliegenden Ausführungsbeispiel durch Betragsbildung und nachfolgende Tiefpassfilterung. Diese Tiefpassfilterung dient gleichzeitig als Bandbegrenzung zur Einhaltung des Abtasttheorems für die nachfolgende Dezimation des Signals. Durch die Überabtastung mit anschließender Filterung und Dezimation wird ein deutlich besseres Signal/Rausch-Verhältnis erreicht. Die Dezimation erfolgt mit einem variablen Dezimationsfaktor, so dass eine erfindungsgemäße Reduktion der Datensätze auf $m \times 360$ Abtastwerte pro Radumdrehung erfolgt. Die Zahl m wird in Abhängigkeit vom Überwachungsobjekt festgelegt. Im Ergebnis entsteht eine Bewertungsmatrix aus n Zeilen, die jeweils Datenfelder mit einer Länge von $m \times 360$ Abtastwerten enthalten. Der Inhalt dieser Datenfelder charakterisiert die Energie der akustischen Signale an jedem der vorzugsweise äquidistant über den Innenumfang der Hohlwelle verteilten Messpunkte. Fehlerinduzierte kleine Signalanteile werden durch die dreh synchrone Mittelung verstärkt, während der Anteil relativ

großer stochastischer Signalanteile durch diese Mittelungsart stark verringert wird. Die gemittelte Bewertungsmatrix wird über das Telemetriemodul 6 an den Rechner 16 übermittelt, der die Daten weiter auswertet, um bei Erkennen einer gefährlichen Situation, beispielsweise eines sich anbahnenden Schadens, ein Warnsignal auszulösen.

BEZUGSZEICHENLISTE

[0030]

1	Hohlwelle
2	Hohlraum in der Welle
3	Sensorik
4	Signalverarbeitungseinheit
5	Überwachungsmodul
6	Telemetriemodul
7	Antenne
8	Stromversorgungseinheit
9	Triggermodul
10	Empfangseinheit
11	Lauf rad
12	Lager
13	Deckel
14	Reflexionsstreifen
15	Akustische Sensoren
16	Rechner
17	Sende/Empfangsantenne am Rechner

Patentansprüche

- Einrichtung zur Überwachung einer rotierenden Welle und/oder daran angebrachter Elemente, bei der eine Sensorik (3) für die Erfassung von Schwingungen und/oder Körperschall an der Welle (1) angeordnet und mit einer Signalverarbeitungseinheit (4) verbunden ist, die von der Sensorik (3) erhaltene Messsignale verarbeitet, um Ausgangsdaten für die Übermittlung an eine Empfangseinheit (10) in einem nicht rotierenden Bezugssystem bereitzustellen, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die Sensorik (3) zusammen mit der Signalverarbeitungseinheit (4) in einem Hohlraum (2) der Welle (1) angeordnet ist.
- Einrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** zumindest die Sensorik (3) und die Signalver-

- arbeitungseinheit (4) in einem Überwachungsmodul (5) integriert sind, das im Hohlraum (2) fixiert ist.
3. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Signalverarbeitungseinheit (4) einen Signalverarbeitungsprozessor umfasst, der für die zumindest teilweise Auswertung der Messsignale nach vorgebbaren Kriterien ausgebildet ist, um die Datenmenge an Ausgangsdaten gegenüber der Datenmenge aus den Messsignalen zu reduzieren. 5
 4. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Signalverarbeitungseinheit (4) mit einer an der Welle (1) angeordneten Datenübertragungseinrichtung (6, 7) verbunden ist, über die die Ausgangsdaten an die Empfangseinheit (10) übermittelt werden können. 10
 5. Einrichtung nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Datenübertragungseinrichtung (6, 7) ein in dem Hohlraum (2) angeordnetes Telemetriemodul (6) mit einer aus dem Hohlraum (2) herausragenden oder außerhalb des Hohlraums (2) angeordneten Antenne (7) zur berührungslosen Datenübertragung umfasst. 15
 6. Einrichtung nach Anspruch 4 oder 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Datenübertragungseinrichtung (6, 7) so ausgebildet ist, dass sie eine bidirektionale Datenübertragung ermöglicht. 20
 7. Einrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Datenübertragungseinrichtung (6, 7) auch für die Stromversorgung ausgebildet ist. 25
 8. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass eine Stromversorgungseinheit (8) an oder in der Welle (1) angeordnet ist. 30
 9. Einrichtung nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Stromversorgungseinheit (8) ein elektrischer Generator ist, der die Rotation der Welle (1) für die Stromerzeugung nutzt. 35
 10. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Signalverarbeitungseinheit (4) mit einem Triggermodul (9) verbunden ist, das in Synchronisation mit Umdrehungen der Welle (1) Triggersignale liefert, um eine drehsynchrone Signalerfassung und -verarbeitung zu ermöglichen. 40
 11. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Sensorik (3) ein oder mehrere Schwingungs- und/oder Körperschallsensoren (15) umfasst, die in direktem mechanischen Kontakt mit der Welle (1) stehen. 45
 12. Einrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 11,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Sensorik (3) und die Signalverarbeitungseinheit (4) zusammen mit der Stromversorgungseinheit (8) und/oder dem Triggermodul (9) und/oder zumindest einem Teil (6) der Datenübertragungseinrichtung (6, 7) in einem Überwachungsmodul (5) integriert sind, das im Hohlraum (2) fixiert ist. 50
 13. Verfahren zur Überwachung einer rotierenden Welle und/oder daran angebrachter Elemente, bei dem Schwingungen und/oder Körperschall der Welle (1) mit einer Sensorik (3) erfasst und von der Sensorik (3) erhaltene Messsignale in einer Signalverarbeitungseinheit (4) weiterverarbeitet werden, um Ausgangsdaten für die Übermittlung an eine Empfangseinheit (10) in einem nicht rotierenden Bezugssystem bereitzustellen,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Sensorik (3) zusammen mit der Signalverarbeitungseinheit (4) in einem Hohlraum (2) der Welle (1) befestigt wird. 55
 14. Verfahren nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Messsignale in der Signalverarbeitungseinheit (4) mit einem Signalverarbeitungsprozessor nach vorgebbaren Kriterien zumindest teilweise ausgewertet werden, um die Datenmenge an Ausgangsdaten gegenüber der Datenmenge aus den Messsignalen zu reduzieren.
 15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Ausgangsdaten telemetrisch an die Empfangseinheit (10) übertragen werden.
 16. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 15,
dadurch gekennzeichnet,
daß Signalerfassung und -verarbeitung synchron mit Umdrehungen der Welle (1) erfolgen.
 17. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 16,
dadurch gekennzeichnet,
dass die von der Sensorik (3) erhaltenen Messsignale in einem Analog/Digital-Wandler überabgetastet werden und durch Filterung und Dezimation eine Verbesserung des Signal/Rausch-Verhältnisses erzielt wird.

Claims

1. A device for monitoring a rotating shaft and/or elements attached thereto, in which a sensory device (3) for detecting vibrations and/or structure-borne sound is disposed on the shaft (1) and is connected to a signal processing unit (4), which processes measuring signals obtained from the sensory device (3) in order to provide output data for transmission to a reception unit (10) in a not rotating reference system,
characterized in
that the sensory device (3) is disposed together with the signal processing unit (4) in a cavity (2) in the shaft (1) .
2. A device according to claim 1,
characterized in
that at least the sensory device (3) and the signal processing unit (4) are integrated in a monitoring module (5) which is affixed in the cavity (2).
3. A device according to claim 1 or 2,
characterized in
that the signal processing unit (4) comprises a signal processing processor which is designed for at least partially evaluating the measuring signals according to given criteria in order to reduce the amount of output data compared to the amount of data from the measuring signals.
4. A device according to one of the claims 1 - 3,
characterized in
that the signal processing unit (4) is connected to a data transmission device (6,7) which is disposed on the shaft (1) and via which the output data can be transmitted to the reception unit (10).
5. A device according to claim 4,
characterized in
that the data transmission device (6,7) comprises a telemetric module (6) which is disposed in the cavity (2) and which has an antenna (7) projecting from the cavity (2) or disposed outside the cavity (2) for contactless data transmission.
6. A device according to claim 4 or 5,
characterized in
that the data transmission device (6,7) is designed in such a manner that it permits two-directional data transmission.
7. A device according to one of the claims 4 to 6,
characterized in
that the data transmission device (6,7) is also designed to supply current.
8. A device according to one of the claims 1 to 7,
characterized in
that a current supply unit (8) is disposed on or in the shaft (1).
9. A device according to claim 8,
characterized in
that the current supply unit (8) is an electric generator which uses the rotation of the shaft (1) to generate current.
10. A device according to one of the claims 1 to 9,
characterized in
that the signal processing unit (4) is connected to a trigger module (9) which delivers trigger signals synchronously with revolutions of the shaft (1) to permit rotation synchronous signal detection and signal processing.
11. A device according to one of the claims 1 to 10,
characterized in
that the sensory device (3) comprises one or a multiplicity of vibration sensors and/or structure-borne sound sensors (15) which are in direct mechanical contact with the shaft (1).
12. A device according to one of the claims 4 to 11,
characterized in
that the sensory device (3) and the signal processing unit (4) are integrated along with the current supply unit (8) and/or the trigger module (9) and/or at least a part of the data transmission device (6, 7) in a monitoring module (5) which is affixed in the cavity (2).
13. A method for monitoring a rotating shaft and/or elements attached thereto, in which vibrations and/or structure-borne sound of the shaft (1) are detected by means of a sensory device (3) and measuring signals obtained from the sensory device (3) are further processed in a signal processing unit (4) in order to provide output data for transmission to a reception unit (10) in a not rotating reference system,
characterized in
that the sensory device (3) is attached along with the signal processing unit (4) in a cavity (2) in the shaft (1) .
14. A method according to claim 13,
characterized in
that the measuring signals are at least partially evaluated in the signal processing unit (4) with a signal processing processor according to given criteria in order to reduce the amount of output data compared to the amount of data from the measuring signals.
15. A method according to claim 13 or 14,
characterized in
that the output data are transmitted telemetrically to the reception unit (10).

16. A method according to one of the claims 13 to 15, **characterized in that** signal detection and signal processing occur synchronously with revolutions of the shaft (1).
17. A method according to one of the claims 13 to 16, **characterized in that** the measuring signals obtained from the sensory device (3) are oversampled in an analogue/digital converter and better signal-to-noise ratio is yielded by means of filtering and decimation.

Revendications

1. Dispositif pour contrôler un arbre tournant et/ou des éléments appliqués sur celui-ci, dans lequel un jeu de capteurs (3) est disposé sur l'arbre en vue de détecter des vibrations et/ou un bruit de structure et qui est relié à une unité de traitement de signal (4) qui traite les signaux de mesure obtenus du jeu de capteurs (3), afin de préparer des données de sortie pour être transmises à une unité réceptrice (10) dans un système de référence non tournant, **caractérisé en ce que**, le jeu de capteurs (3) est disposé conjointement avec l'unité de traitement de signal (4) dans une cavité (2) de l'arbre (1).
2. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**, au moins le jeu de capteurs (3) et l'unité de traitement de signal (4) sont intégrés dans un module de contrôle (5) qui est fixé dans la cavité (2).
3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2 **caractérisé en ce que**, l'unité de traitement de signal (4) comprend un processeur de traitement de signal, qui est formé selon des critères prédéterminés pour évaluer au moins partiellement les signaux de mesure, afin de réduire la quantité de données des données de sortie par rapport à la quantité de données des signaux de mesure.
4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que**, l'unité de traitement de signal (4) est reliée à un dispositif de transmission de données (6, 7) disposé sur l'arbre (1), par l'intermédiaire duquel les données de sortie peuvent être transmises à l'unité réceptrice (10).
5. Dispositif selon la revendication 4, **caractérisé en ce que**, le dispositif de transmission de données (6, 7) comprend un module de télémétrie (6) disposé dans la

cavité (2) avec une antenne (7) faisant saillie de la cavité (2) ou disposée en dehors de la cavité (2) pour la transmission de données sans contact.

- 5 6. Dispositif selon la revendication 4 ou 5, **caractérisé en ce que**, le dispositif de transmission de données (6, 7) est formé de telle sorte qu'il permet une transmission bidirectionnelle de données.
- 10 7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 4 à 6, **caractérisé en ce que**, le dispositif de transmission de données (6, 7) est également formé pour l'alimentation en courant.
- 15 8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que**, une unité d'alimentation en courant (8) est disposée sur ou dans l'arbre (1).
- 20 9. Dispositif selon la revendication 8, **caractérisé en ce que**, l'unité d'alimentation en courant (8) est un générateur électrique qui exploite la rotation de l'arbre (1) pour la production de courant.
- 25 10. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que**, l'unité de traitement de signal (4) est reliée à un module de déclenchement (9), qui délivre des signaux de déclenchement en synchronisation avec les rotations de l'arbre (1), afin de permettre une détection et traitement de signal synchrones en rotation.
- 30 11. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que**, le jeu de capteurs (3) comprend un ou plusieurs capteurs de vibrations et/ou de bruits de structure (15), qui sont en contact mécanique direct avec l'arbre (1).
- 35 12. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 4 à 11, **caractérisé en ce que**, le jeu de capteurs (3) et l'unité de traitement de signal (4) conjointement avec l'unité d'alimentation en courant (8) et/ou le module de déclenchement (9) et/ou au moins une partie (6) du dispositif de transmission de données (6, 7) sont intégrés dans un module de contrôle (5), qui est fixé dans la cavité (2).
- 50 13. Procédé pour contrôler un arbre tournant et/ou des éléments appliqués sur celui-ci, dans lequel des vibrations et/ou un bruit de structure de l'arbre (1) sont détectés par un jeu de capteurs (3) et des signaux
- 55

de mesure obtenus à partir du jeu de capteurs (3) sont encore traités dans une unité de traitement de signal (4), afin de préparer des données de sortie pour être transmises à une unité réceptrice (10) dans un système de référence non tournant,

5

caractérisé en ce que,

le jeu de capteurs (3) conjointement avec l'unité de traitement de signal (4) est fixé dans une cavité (2) de l'arbre (1).

10

14. Procédé selon la revendication 13,

caractérisé en ce que,

les signaux de mesure sont au moins partiellement évalués d'après des critères prédéterminés dans l'unité de traitement de signal (4) avec un processeur de traitement de signal, afin de réduire la quantité de données des données de sortie par rapport à la quantité de données de signaux de mesure.

15

15. Procédé selon la revendication 13 ou 14,

20

caractérisé en ce que,

les données de sortie sont transmises par télémétrie à l'unité réceptrice (10).

16. Procédé selon l'une quelconque des revendication 13 à 15,

25

caractérisé en ce que,

la détection et le traitement de signal se réalise de façon synchrone avec les rotations de l'arbre (1).

30

17. Procédé selon l'une quelconque des revendication 13 à 16,

caractérisé en ce que,

les signaux de mesure obtenus du jeu de capteurs (3) sont sur-échantillonnés dans un convertisseur analogique/numérique et une amélioration du rapport signal/bruit est obtenue par filtrage et décimation.

35

40

45

50

55

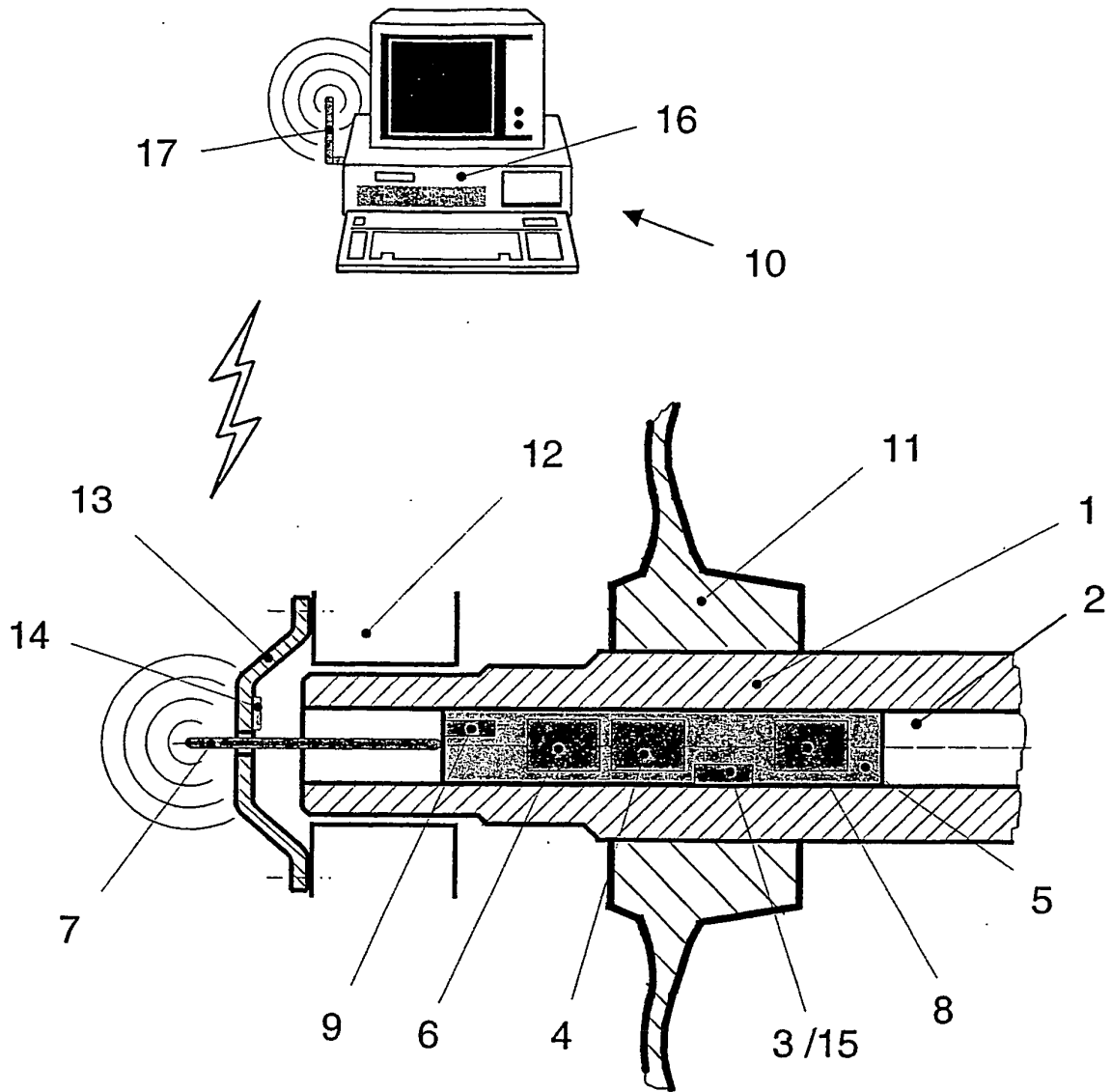


Fig. 1

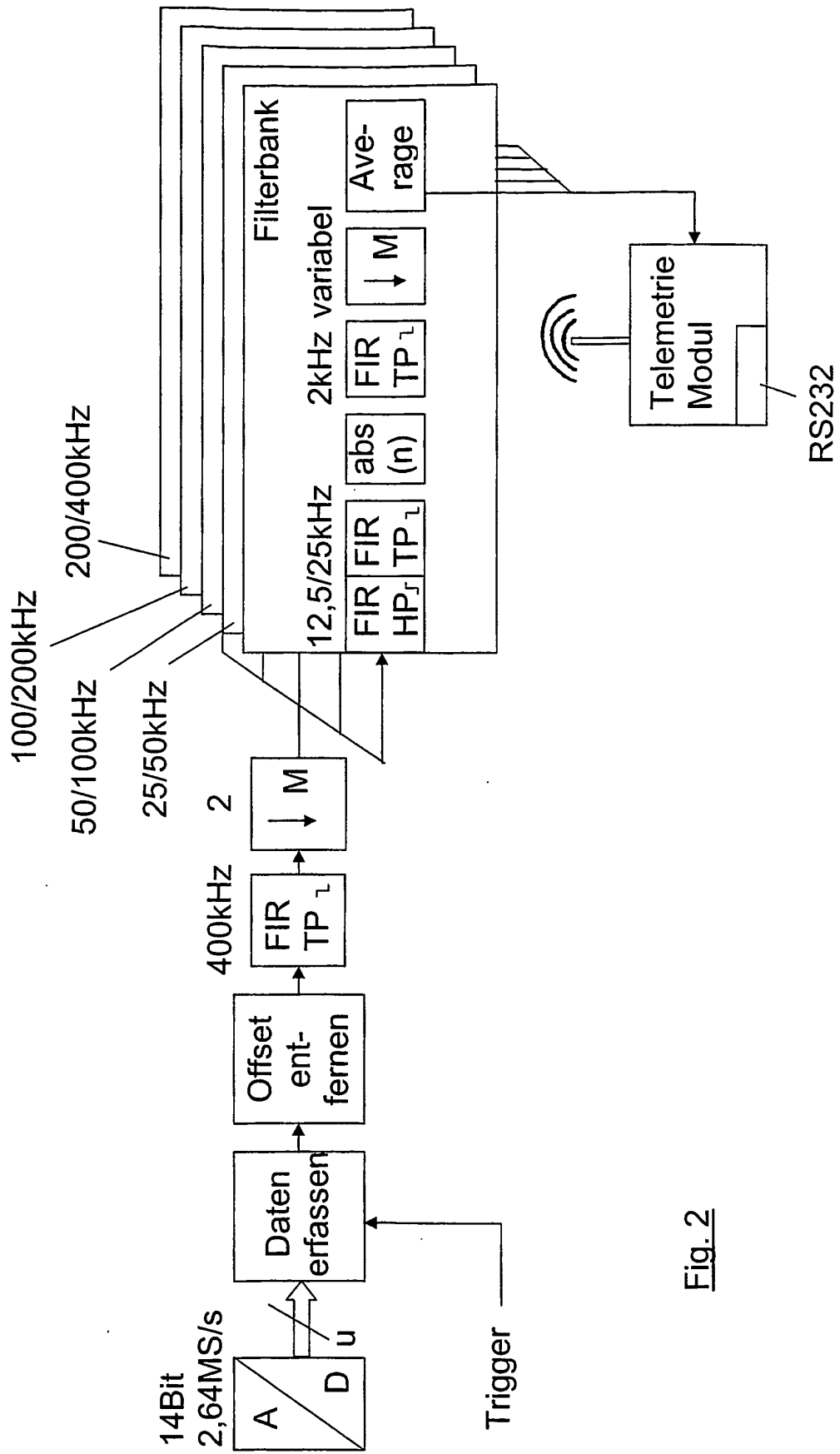


Fig. 2