

PCTWELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales BüroINTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ :**G01H 1/00****A1**(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: **WO 00/02022**(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum:

13. Januar 2000 (13.01.00)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP99/01200

(22) Internationales Anmeldedatum: 25. Februar 1999 (25.02.99)

(30) Prioritätsdaten:

198 31 215.6	3. Juli 1998 (03.07.98)	DE
198 31 959.2	16. Juli 1998 (16.07.98)	DE
198 55 145.2	30. November 1998 (30.11.98)	DE

(71)(72) Anmelder und Erfinder: KÜHN, Robert [DE/DE]; Steilshooper Strasse 258, D-22309 Hamburg (DE).

(74) Anwälte: SIEMONS, Norbert usw.; Neuer Wall 41, D-20354 Hamburg (DE).

(81) Bestimmungsstaaten: CA, CN, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

Veröffentlicht

Mit internationalem Recherchenbericht.

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR CONTINUOUSLY MONITORING ANY KIND OF ELEMENT OR UNIT FOR THE APPEARANCE OF CHANGES

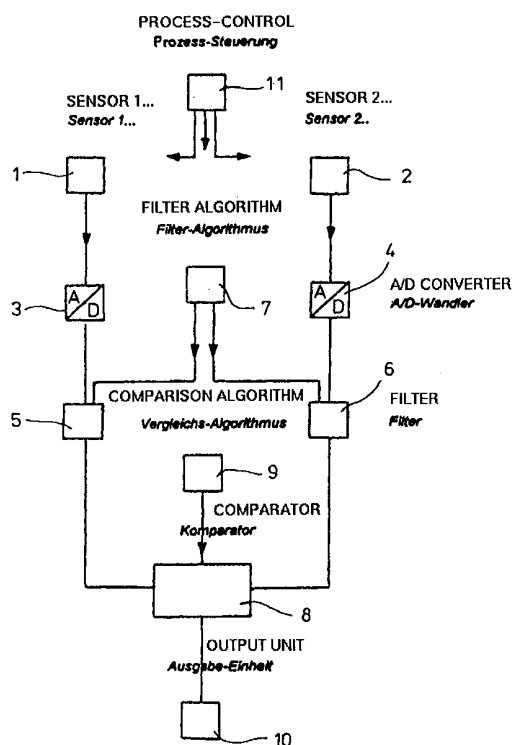
(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR LAUFENDEN ÜBERWACHUNG VON ELEMENTEN ODER GESAMTHEITEN JEDLICHER ART AUF DAS AUFTRETEN VON VERÄNDERUNGEN

(57) Abstract

The invention relates to a method for continuously monitoring elements or units of any kind, especially elements or units which are subjected to varying operating conditions, for the appearance of changes. According to said method, measurement values of physical variables are determined simultaneously on different elements or units having identical and/or similar characteristics and/or at different times on the same element or same unit. Differences between the measurement values determined are detected and changes are deduced from the differences detected.

(57) Zusammenfassung

Verfahren zur laufenden Überwachung von Elementen oder Gesamtheiten jeglicher Art, insbesondere solchen Elementen oder Gesamtheiten, die unterschiedlichen Betriebszuständen ausgesetzt sind auf das Auftreten von Veränderungen, bei dem zur gleichen Zeit an verschiedenen Elementen oder Gesamtheiten mit gleichen und/oder gleichartigen Eigenschaften und/oder zu verschiedenen Zeiten am gleichen Element oder an der gleichen Gesamtheit Meßwerte von physikalischen Größen ermittelt werden, Unterschiede zwischen den ermittelten Meßwerten ermittelt werden und aufgrund ermittelter Unterschiede auf Veränderungen geschlossen wird.



LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

Verfahren und Vorrichtung zur laufenden Überwachung
von Elementen oder Gesamtheiten jeglicher Art auf das
Auftreten von Veränderungen

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und auf eine Vorrichtung zur laufenden Überwachung von Elementen oder Gesamtheiten jeglicher Art auf das Auftreten von Veränderungen. Insbesondere bezieht sich die Erfindung auf solche Elemente oder Gesamtheiten, die unterschiedlichen Betriebszuständen ausgesetzt sind.

Bei den Elementen oder Gesamtheiten kann es sich insbesondere um Bestandteile von Maschinen, Anlagen, Fahrzeugen oder Bauwerken oder um diese selber handeln.

Elemente oder Gesamtheiten können erheblichen Beanspruchungen unterliegen bzw. erhebliche Beanspruchungen auf andere Elemente oder Gesamtheiten ausüben. Die in der Praxis auftretenden Beanspruchungen umfassen mechanische, mechanisch-thermische sowie tribologische Beanspruchungen, die entweder einzeln oder kombiniert auftreten können. Die kritischen mechanischen Beanspruchungen, die zu den häufigsten Schadensursachen gehören, werden vielfach durch Schwingungen schwingungsfähiger Elemente oder Gesamtheiten verursacht.

Unter schwingungsfähigen Elementen werden hier solche Elemente verstanden, die selbst zumindest teilweise schwingungsfähig sind und solche, die, obwohl selbst nicht oder kaum schwingungsfähig, unter bestimmten Um-

- 2 -

ständen zumindest teilweise zum Schwingen angeregt werden können und deshalb Schwingungen verschiedenster Art abgeben, z.B. Schallschwingungen.

Zu den schwingungsfähigen Elementen zählen insbesondere feste Elemente aber auch flüssige und gasförmige Medien, die in Rohren und bestimmten Behältern oder beim Ausströmen aus diesen zum Schwingen angeregt werden können.

Die schwingungsfähigen Gesamtheiten umfassen mehrere Elemente, die schwingungsfähige Elemente sein können. Diese Gesamtheiten sind ganz oder teilweise schwingungsfähig, wobei die Schwingungsfähigkeit auf ein Element oder mehrere Elemente beschränkt sein kann.

Man ist bestrebt, durch werkstofftechnische und/oder konstruktive Maßnahmen die Beanspruchung kritischer Elemente oder Gesamtheiten zu verringern, kann diese jedoch nicht in jedem Fall ganz unterdrücken. So kann beispielsweise eine Schwingneigung nicht immer vollständig unterdrückt werden. Deshalb wird angestrebt, daß die Elemente oder Gesamtheiten zumindest über die geplante Nutzungsdauer ohne Versagen standhalten. Da dieses nicht mit absoluter Sicherheit möglich ist, sind in den Betriebspausen Überprüfungen notwendig und werden vorsorglich bestimmte Elemente oder Gesamtheiten ausgetauscht.

Bekannte meßtechnische Überwachungen haben den Nachteil, daß die gewonnenen Meßwerte in aller Regel nur einen sehr begrenzten Ausschnitt der insgesamt anfallenden, sehr komplexen Erscheinungen des Beanspru-

chungsvorgangs repräsentieren. Deshalb kommt es immer noch viel zu häufig zu einem Versagen mit bisweilen katastrophalen Folgen.

So wurde der furchtbare Unfall des ICE bei Eschede im Juni 1998 auf das Versagen eines Radreifens zurückgeführt. Dabei handelte es sich um einen die Lauffläche und den Spurkranz aufweisenden Reifen, der als Verschleißteil auf den scheibenförmigen Radkörper aus hochwertigem Material aufgebracht war und daran mittels einer Sicherung gesichert war. Die Räder wurden bis zu dem Unfall nur einer regelmäßigen Sichtkontrolle unterzogen. Danach wurden die Räder sämtlicher baugleicher ICE einer Materialprüfung mittels Ultraschall unterworfen. Diese Prüfung ist aufwendig und gewährt keinen Schutz vor einem Versagen, das auch mittels Ultraschall nicht zwischen zwei Untersuchungen vorhersehbar wäre.

Deshalb betrifft die Erfindung insbesondere ein Verfahren zum Erkennen schadhafter Radreifen an fahrenden Schienenfahrzeugen. Ein gebrochener Radreifen am Rad eines Schienenfahrzeugs kann zum Entgleisen des Schienenfahrzeugs und zu Folgeschäden für Personen und Material führen.

Um zu verhindern, daß entgleiste Güterfahrzeuge noch über längere Strecken unerkant von der führenden Lok mitgeschleppt werden, sind elektronische und pneumatische Entgleisungsdetektoren entwickelt worden, die die bei Entgleisungen auftretenden Vertikalbeschleunigungen der Fahrzeuge erfassen. Der elektronische Entgleisungssensor unterrichtet den Lokführer von dem eingetretenen Ereignis, während der pneumatische Entgleisungsdetektor bei seinem Ansprechen eine Schnellbremsung des Zuges veranlaßt (NZZ vom 22.02.1996 „Mehr Sicherheit bei der Bahn“).

- 4 -

Die bekannten Entgleisungsdetektoren sind so konzipiert, daß sie erst auf das Entgleisen reagieren, das heißt dann, wenn es zur Abwendung des Schadensereignisses vielfach schon zu spät ist. Wünschenswert wären Detektoren, die im Vorfeld von Entgleisungen ansprechen, insbesondere dann, wenn sich Schäden an Radreifen zeigen, die in ihrer Folge zu einem Entgleisungsvorgang führen könnten. Solche Detektoren müßten auf den Fahrzeugen vorhanden sein, um jederzeit die Ausgabe entsprechender Meldungen veranlassen zu können.

Davon ausgehend liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein einfaches Verfahren und eine einfache Vorrichtung zur laufenden Überwachung mit erhöhter Überwachungssicherheit von Elementen oder Gesamtheiten jeglicher Art zu schaffen, insbesondere solcher Elemente oder Gesamtheiten, die unterschiedlichen Betriebszuständen ausgesetzt sind, auf die Erkennung von Veränderungen, insbesondere die Früherkennung von Schäden.

Die Erfindung zielt insbesondere aber nicht ausschließlich darauf ab, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Erkennen schadhafter Radreifen an fahrenden Schienenfahrzeugen anzugeben, das eine möglichst frühzeitige Störungserkennung ermöglicht, nämlich sobald ein Radreifen einen Schaden aufweist, der im weiteren Verlauf zu einer Fahrzeugentgleisung führen könnte.

Die Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruches 1 und durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruches 35 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

- 5 -

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren werden

- zur gleichen Zeit an verschiedenen Elementen oder Gesamtheiten mit gleichen und/oder gleichartigen Eigenschaften und/oder zu verschiedenen Zeiten am gleichen Element oder an der gleichen Gesamtheit Meßwerte von physikalischen Größen ermittelt,
- Unterschiede zwischen den ermittelten Meßwerten ermittelt und
- aufgrund ermittelter Unterschiede auf Veränderungen geschlossen.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens werden

- zur gleichen Zeit an verschiedenen schwingungsfähigen Elementen oder Gesamtheiten mit gleichen und/oder gleichartigen Schwingungen und/oder Schwingungsgemischen und/oder zu verschiedenen Zeiten am gleichen schwingungsfähigen Element oder der gleichen schwingungsfähigen Gesamtheit Schwingungen und/oder Schwingungsgemische ermittelt,
- Unterschiede zwischen den ermittelten Schwingungen und/oder Schwingungsgemischen ermittelt,
- aufgrund ermittelter Unterschiede auf das Auftreten von Veränderungen geschlossen.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens werden die Laufgeräusche der Radreifen eines Fahrzeugs detektiert und mit den Laufgeräuschen mindestens eines anderen Radreifens des betreffenden Fahrzeugs verglichen und wird beim Erkennen von markant unterschiedlichen Laufgeräuschen auf das Vorhandensein eines schadhaften Radreifens geschlossen. Der Vorteil dieser Ausgestaltung liegt darin, daß auf eine fahrort-

- 6 -

bezogene Vorgabe von Referenzsignalen bei der Laufgeräuschbewertung verzichtet werden kann, weil die jeweils bewerteten Laufgeräusche im wesentlichen den gleichen gleisseitigen Umfeldbedingungen genügen (durchgehende Gleise, Weichen, Kreuzungen, Schwellen, Brücken und ähnliches).

Die erfindungsgemäße Vorrichtung hat

- mindestens je einen Sensor zum Ermitteln von Meßwerten von physikalischen Größen zu gleicher Zeit an verschiedenen Elementen oder Gesamtheiten mit gleichen und/oder gleichartigen Eigenschaften und/oder zu verschiedenen Zeiten am gleichen Elemente oder an der gleichen Gesamtheit,
- einen Vergleicher zum Ermitteln von Unterschieden der ermittelten Meßwerte und
- eine Auswerteeinrichtung zum Ermitteln von Veränderungen aufgrund der ermittelten Unterschiede.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung hat die Vorrichtung

- mindestens je einen Sensor zum Ermitteln von Schwingungen und/oder Schwingungsgemischen zur gleichen Zeit an verschiedenen schwingungsfähigen Elementen oder Gesamtheiten mit gleichen und/oder gleichartigen Schwingungen und/oder Schwingungsgemischen und/oder zu verschiedenen Zeiten am gleichen schwingungsfähigen Element oder an der gleichen schwingungsfähigen Gesamtheit,
- einen Vergleicher zum Ermitteln von Unterschieden der ermittelten Schwingungen und/oder Schwingungsgemische und

- 7 -

- eine Auswerteeinrichtung zum Ermitteln von Veränderungen aufgrund der ermittelten Unterschiede.

Erfindungsgemäß werden also zum Ermitteln von Veränderungen keine vorgegebenen Referenzwerte herangezogen. Vielmehr bezieht sich die Erfindung auf Meßwerte physikalischer Größen, die von Elementen oder Gesamtheiten mit gleichen und/oder gleichartigen Eigenschaften stammen oder die an demselben Element oder an derselben Gesamtheit ermittelt wurden. Dabei genügt Übereinstimmung oder Gleichartigkeit der Meßgrößen, d.h. derjenigen Eigenschaften, von denen Meßwerte ermittelt werden. Aufgrund mehrerer gleichzeitiger oder zeitlich versetzter Messungen kann ermittelt werden, ob eine Veränderung vorliegt, also gewissermaßen nach dem „Mehrheitsprinzip“. Hierdurch entfallen Probleme der Bereitstellung und der Gültigkeit von Vorgabe-Referenzwerten. Die Bezugnahme auf Meßwerte von anderen oder denselben Elementen oder Gesamtheiten begünstigt zudem das Erkennen von irrelevanten Veränderungen, beispielsweise aufgrund veränderter Betriebszustände in einem zulässigen Bereich.

Die Überwachung ist sowohl bei gleichzeitiger Ermittlung von Meßwerten an verschiedenen Elementen oder Gesamtheiten als auch bei Ermittlung von Meßwerten zu verschiedenen Zeiten an demselben Element oder derselben Gesamtheit adaptiv, d.h. paßt sich den Gegebenheiten des Augenblickes an (z.B. bei Schienenfahrzeugen: Geschwindigkeit, Zustand von Schiene und Radreifen). Dies beruht darauf, daß sich die Analyse nicht auf statische Referenzwerte abstützt, sondern auf Vergleichswerte, die bei vergleichbaren Betriebszuständen genommen werden. Die gleichzeitige Ermittlung von Meßwerten erfolgt per se bei vergleichbaren Betriebszuständen. Bei der Er-

- 8 -

mittlung in längeren Zeitabständen ist Voraussetzung, daß dies unter vergleichbaren Betriebszuständen erfolgt. Somit ist die Erfindung besonders für die Überwachung von Maschinen, Anlagen, Fahrzeugen und Bauwerken oder deren Elementen geeignet, die unterschiedlichen Betriebszuständen ausgesetzt sind.

Die Ermittlung und der Vergleich von Meßwerten, die zu verschiedenen Zeiten an verschiedenen oder gleichen Elementen oder Gesamtheiten ermittelt werden, ermöglichen eine Bewertung von Veränderungen. Plötzliche Veränderungen, die beispielsweise auf einer Beschädigung durch ein besonderes Ereignis beruhen können, können durch wiederholtes Nehmen von Proben in kurzen Zeitabständen (z.B. Sekunden und darunter) und Vergleichen der Proben miteinander ermittelt werden. Um allmähliche Veränderungen, die beispielsweise auf allmählichem Verschleiß beruhen, zu erkennen, werden die Proben in langen Zeitabständen (z.B. Minuten und darüber) genommen und miteinander verglichen. Der Zeitabstand zwischen den Proben kann der zu überwachenden Einrichtung in der Weise angepaßt werden, daß beim Erkennen von Unregelmäßigkeiten der Zeitabstand entsprechend verringert wird. In manchen Fällen ist eine Überwachung in kurzen und in langen Zeitabständen zweckmäßig, etwa bei Strahltriebwerken von Flugzeugen.

Das Ergebnis des Vergleichs kann ausgegeben werden. Hierzu können aufgrund des Ergebnisses Daten erstellt werden, die in digitaler oder analoger Form, als akustisches Signal, als Warnsignal oder als Bilddarstellung oder in einer Kombination dieser Darstellungsformen ausgegeben werden. Die Ausgabeeinheit kann also einen akustischen Signalgeber, ein Display oder einen Bildschirm umfassen und/oder in den Betrieb des betreffenden Ele-

- 9 -

menten oder der Gesamtheit eingreifen. Dafür kann beim Vergleich untersucht werden, ob eine Vorgabe für den Grad der Übereinstimmung erfüllt ist. Bei Nichteinhaltung der Vorgabe werden entsprechende Maßnahmen ausgelöst.

Die Erfindung ist immer dann anwendbar, wenn aufgrund von Unterschieden der an Elementen oder Gesamtheiten ermittelten Meßwerte eine Beurteilung des Zustandes derselben möglich ist. So kommt über Schienen- und Luftfahrzeuge hinaus eine Anwendung bei Straßenfahrzeugen und Schiffen in Betracht. Darüber hinaus sind Anwendungen in allen Bereichen des Maschinenbaus, der Verfahrenstechnik, Energietechnik, Bautechnik usw. denkbar, beispielsweise bei der Überwachung von Maschinenelementen, Turbinen, Motoren, Gebläsen, Brücken oder von energietechnischen oder verfahrenstechnischen Anlagen.

Die überwachten Veränderungen können insbesondere Veränderungen von Material, Struktur, Betriebsstoffen etc. oder auf Schäden der Elemente oder Gesamtheiten sein oder auch nur Veränderungen ihrer Betriebszustände, beispielsweise in einer Aufwärmphase, bei Belastungsänderung oder bei Veränderungen der Betriebsbedingungen.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung knüpft an die Erfahrung erfahrener Fachleute an, die, zum Beispiel im Maschinenbau, mittels ihres empfindlichen Gehörs Unregelmäßigkeiten aus der Geräuschentwicklung erkennen können, bevor es zu Ausfällen kommt. Die Erfindung ahmt diese gehörmäßige Beobachtung nach, indem sie imstande ist, Abweichungen oder Änderungen im spektralen Bild zu einem bestimmten Zeitpunkt oder über kurze oder längere Zeiträume festzustellen. Durch den Einsatz technischer Mittel ist die Er-

findung jedoch im Unterschied zum menschlichen Gehör nicht auf Schall-schwingungen beschränkt, sondern bezieht die Überwachung beliebiger Schwingungsarten und Schwingungsgemische ein, die im Betrieb entstehen.

Eine gleichzeitige Überwachung verschiedener schwingungsfähiger Elemente oder Gesamtheiten kann beispielsweise an den Radsätzen des ICE oder anderer Schienenfahrzeuge erfolgen. Aufgrund übereinstimmender Bauweise weisen die Radreifen ein- und desselben Fahrzeugs durchweg im unbeschädigten Zustand nahezu übereinstimmende Schwingungen bzw. Schwingungsgemische auf. Ein rißfreier Radreifen wird jedoch einen anderen Klang bzw. ein anderes Klanggemisch beim Abrollen auf der Schiene entwickeln als ein gerissener. Folglich läßt sich durch Vergleich gleichzeitig ermittelter Schwingungen bzw. Schwingungsgemische mehrerer Radreifen ermitteln, ob ein Schaden vorliegt. Ferner können die Ermittlung und der Vergleich der Schwingungen bzw. Schwingungsgemische ununterbrochen oder auch stichprobenartig in Zeitabständen erfolgen, so daß im Betrieb eine laufende oder quasi-laufende Überwachung des Radreifens gegeben ist. Angesichts der hohen und noch weiter erhöhten Reisegeschwindigkeit von ICE und vergleichbaren Zügen zugleich mit dem sensibler gewordenen Sicherheitsbedürfnis der Öffentlichkeit ist eine permanente Überwachung unerläßlich.

Die ermittelten Schwingungsgemische enthalten in aller Regel Schwingungsanteile, die für die Überwachung des betreffenden Elementes oder der betreffenden Gesamtheit ohne Bedeutung sind, diese stören können und unter Umständen viel stärker sein können als die Nutzsignale. Um diesem zu begegnen wird mit Mitteln, die in der Nachrichten- und Informationstechnik eingeführt sind, der zu nutzende Schwingungsanteil bzw. werden die zu nut-

- 11 -

zenden Schwingungsgemische durch geeignete Filter hervorgehoben und die Störsignale unterdrückt.

Im Fall sehr schwacher Nutzsignale, die u.U. auch nach Filterung keinen ausreichenden Abstand zum Störpegel haben, gibt es eingeführte Verfahren, um durch fortgesetzte Addition des betreffenden Schwingungsgemisches aus Nutzsignal und Störsignalen über statische Methoden das Nutzsignal hervorzuheben. Je länger die anhaltende Addition gleicher Signalgemische anhält, um so größer ist die Wahrscheinlichkeit einer sicheren Detektion.

Bei der Überwachung von Radreifen von Schienenfahrzeugen spielt beispielsweise nur das Schwingungsgemisch eine Rolle, das vom Radreifen selbst erzeugt wird und nicht das dominierende Abrollgeräusch des Rades auf der Schiene.

Wegen der in dieser Erfindung vorgegebenen Adaptionfähigkeit werden Filter eingesetzt, deren Charakteristika über die in der Einrichtung vorgegebene Software fortgesetzt verändert werden.

Hierdurch kann das Selektionsvermögen quantitativ und qualitativ nach bestimmten Kriterien verändert werden, beispielsweise, um allmählichen Verschleiß und damit Änderungen des Schwingungsverhaltens des zu überwachenden Elementes bzw. der Gesamtheit gerecht zu werden.

Über den erfindungsgemäßen Vergleich von Einzelschwingungen und Schwingungsgemischen an verschiedenen Orten zur gleichen Zeit hinaus ist es in manchen Fällen notwendig, mehrere Einzelschwingungen oder mehrere Schwingungsgemische gleichzeitig zu verarbeiten. In diesen Fällen werden

- 12 -

parallele Verarbeitungskanäle mit den entsprechenden programmierbaren Filtern eingesetzt.

Dieses kann notwendig sein, wenn die Gefahr besteht, daß unterschiedlich aufgebaute Bauteile unabhängig voneinander gleichzeitig geschädigt werden als auch in den Fällen, in denen durch gegenseitige Beeinflussung eine Gefährdung hervorgerufen wird.

Die Verarbeitung in unterschiedlich dimensionierten selektiven Kanälen ermöglicht auch eine grob-quantitative Analyse, ob die Materialbeanspruchung von Bauelementen innerhalb des Geltungsbereichs des Hooke'schen Gesetzes bleibt. Innerhalb des Geltungsbereichs ist bekanntlich der Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung linear, bei Überschreitung der Grenzen nichtlinear. Eine, auch nur kurzzeitige Überlastung macht sich akustisch durch ein unsauberes Geräusch bemerkbar, d.h. durch das Hinzutreten neu erzeugter Schwingungsanteile. Damit ist stets eine anormale Materialbeanspruchung verbunden, die zu verhindern gerade die Aufgabe dieser Erfindung ist.

Je nach Ordnungszahl der Übertragungsfunktion, z.B. quadratisch oder kubisch, treten zusätzlich harmonische und Kombinationen höherer Ordnung aus Einzelschwingungen auf, die bei Belastungen innerhalb der Grenzen des Hooke'schen Gesetzes nicht vorhanden sind. Z.B. $f_3 = 2f_1 + f_2$, $f_4 = 2f_1 - f_2$ usf.

Mit Fang- und Halteschaltungen, die in der Technik seit langem eingeführt sind, hat man die Möglichkeit, laufenden Veränderungen der Frequenz der Einzelschwingungen und der Frequenzlage der Schwingungsgemische zu

folgen, die u.U. durch Veränderung der Drehzahl erzeugt werden. Diese Schaltungen sind auch in der Lage, Harmonische und Kombinationsfrequenzen höherer Ordnung nach gegebenen Kriterien aufzuspüren.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann mit technischen Mitteln das Verhalten des Menschen nachahmen, über das Gehör empfangene Informationen zu verarbeiten. Der Mensch verarbeitet akustische Wahrnehmungen in sehr komplexer Weise. Die unterschiedlichen und verschiedenartigen Anteile der gesamten akustischen Wahrnehmung werden von ihm miteinander verknüpft und aus dem Ergebnis der Verknüpfung bestimmte Reaktionen abgeleitet. In aller Regel besteht die Verarbeitung aus einer Kette aufeinanderfolgender, sehr unterschiedlicher, Verknüpfungen. Die Art der jeweiligen Verknüpfung und die damit verbundenen Bedingungen sind durch die Art der jeweiligen Aufgabe und die Erfahrung des Menschen bestimmt und werden durch dessen andauernden Lehrprozeß fortwährend verändert.

Bekannt ist z.B., daß das menschliche Gehör insbesondere bei thermodynamischen Prozessen imstande ist, Unregelmäßigkeiten zu erkennen, bevor eine Meßeinrichtung solche diagnostiziert. Auch aus den übrigen Bereichen der Maschinen- und Anlagentechnik sind derartige Erfahrungen bekannt und werden ständig mit Erfolg angewendet.

Die Kriterien, nach denen der Mensch handelt, sind weitgehend bekannt und lassen sich nachbilden.

Erfindungsgemäß werden zur Hauptsache nachgeahmt und ausgenutzt

- 14 -

1. die Fähigkeit des Menschen, einzelne Töne und Tongemische wahrzunehmen und zu bewerten,
2. unterschiedliche, gemeinsam auftretende Töne und Tongemische voneinander zu unterscheiden und getrennt voneinander zu verarbeiten und zu bewerten,
3. die Stärke von Tönen und Tongemischen wahrzunehmen und zu bewerten,
4. Veränderungen zu 1., 2. und 3. wahrzunehmen und zu bewerten,
5. Wahrnehmungen von Frequenz, Frequenzänderungen, von Stärke und Änderungen der Stärke, der Zusammensetzung eines Tongemisches und dessen Änderung sowie andere Wahrnehmungen miteinander zu verknüpfen und zu bewerten,
6. aus dem Vergleich von Tönen und Tongemischen diejenigen Unterschiede wahrzunehmen und miteinander in einer speziellen Weise zu verknüpfen und zu bewerten, wie sie für die jeweilige Aufgabe von Bedeutung sind,
7. die Einfallsrichtung eines Schallereignisses festzustellen und das Ergebnis mit anderen Wahrnehmungen zu verknüpfen.

Darüber hinaus können hier nicht aufgeführte Fähigkeiten des Menschen in bezug auf sein Gehör nachgebildet werden, wie sie in der medizinischen und physiologischen Fachliteratur erwähnt werden.

Die physikalischen Merkmale der in diesen Verfahren ausgenutzten Schwingungen und Schwingungsgemische weichen insofern von denen ab, die das menschliche Gehör wahrnehmen und verarbeiten kann, als sie nicht auf Schallschwingungen des Luftschalls, nicht auf den Hörbarkeitsbereich des menschlichen Gehörs, nicht auf dessen Dynamikbereich beschränkt sind und

andere frequenzabhängige Eigenschaften aufweisen können, als sie im Prinzip durch die physiologische Gehörkurve des Menschen dargestellt wird.

Dementsprechend ist ein besonders vorteilhafter Erfindungsaspekt die Verknüpfung verschiedenartiger Wahrnehmungen von Schwingungen, z.B. die Wahrnehmung Tonhöhe, verknüpft mit der Wahrnehmung der Stärke eines Eingangssignals und der Wahrnehmung einer bestimmten Veränderung in verschiedenartiger Weise, der Wahrnehmung der Einfallsrichtung, unter Umständen sogar des Ortes der Quelle, sowie die fortlaufende Veränderung der Verknüpfungsbedingungen.

Die Verknüpfung ist im einfachsten Fall einstufig und durch eine einfache Bedingung definiert, z.B. durch Vorgabe eines Grenzwertes. Die umfangreichste Verarbeitung wäre derzeit die mit Hilfe eines fortwährenden Lernprozesses z.B. der Künstlichen Intelligenz (KI) oder in einem neuronalen Netz, mit dessen Hilfe die Einrichtung sich einem idealen Ergebnis annähert.

8. Die Bedingungen für die Verknüpfungen werden

8.1 intern unverändert festgelegt und/oder

8.2 extern zugeführt und/oder

8.3 fortlaufend durch festgelegte Algorithmen ermittelt und/oder

8.4 im Rechner in einem fortwährenden Lernprozeß z.B. im Sinne der Künstlichen Intelligenz (KI) oder neuronaler Netze ermittelt und/oder

8.5 von Hand verändert und/oder

8.6 in einer Kombination von 8.1 bis 8.5 festgelegt.

- 16 -

Die Einrichtungen gemäß diesem Verfahren erlauben Ausbaustufen, die der jeweiligen Aufgabe angepaßt werden können. Ausgehend von einem Grundbaustein lassen sich vor allem mit Hilfe der Software die unterschiedlichen Charakteristiken darstellen und nahezu beliebig verändern.

Mit Hilfe eines externen Rechners lassen sich ggfs. die Funktionen bis ins Detail simulieren und erlauben, auf diese Weise die Funktionsfähigkeit zu überprüfen und zu protokollieren.

Hierzu nachfolgend noch einige Grundlagen:

Der Mensch vermag mit einiger Aufmerksamkeit Lautstärkeunterschiede von plus minus 3 dB wahrzunehmen.

Mit einem Lautstärkeunterschied von 6 dB wird auch ohne bewußte Aufmerksamkeit beim Hörer eine deutliche Reaktion ausgelöst.

Mit 10 dB wird erfahrungsgemäß schon eine gewisse Aufgeregtheit ausgelöst.

Mit 20 dB und mehr wirkt ein Lautstärkeunterschied ausgesprochen alarmierend.

Tonhöhenunterschiede vermag ein musikalisch ungeschulter Mensch ungefähr in Terzschritten wahrzunehmen.

Auch hier gilt, daß eine zunehmende Tonhöhenverschiebung sich letztlich alarmierend auswirkt.

- 17 -

Mit einer Kombination aus Lautstärke- und Tonhöhenänderung verstärken sich die Reaktionen gegenseitig.

Sinngemäß löst das Auftreten völlig neuer Schwingungsanteile neben dem Abschwächen bisheriger gleichfalls abgestufte Reaktionen aus.

Mit den Erfahrungen vieler Generationen von Betriebsingenieuren, Entwicklungsingenieuren und Servicefachleuten darf man davon ausgehen, daß die genannten abgestuften Werte von Stärke- und Frequenzänderung in den meisten Anwendungsfällen genügen werden. Sie liegen jedoch nicht unveränderbar fest und können z.B. bei sensiblen Anlagen innerhalb weiter Grenzen verschärft werden.

Vergleichsweise Reaktionen treten auf, wenn ein die Aufmerksamkeit erregendes Schallereignis aufgrund der Fähigkeit des Menschen zu stereophonem, d.h. räumlichem Hören zugleich die Einfallsrichtung und unter Umständen sogar den Ort im dreimensionalen Raum erkennen läßt.

Die Erfindung kann sich auch auf die Meßwerte anderer Eigenschaften des Elementes oder der Gesamtheit beziehen, beispielsweise das Erscheinungsbild der Oberfläche, die magnetische Permeabilität, die Temperatur, die Erwärmung, die Kapazität gegenüber einer Gegenelektrode oder die Beschleunigung. Diese Eigenschaften können insbesondere durch Materialschäden, beispielsweise Risse, beeinflußt werden. So können Risse an der Oberfläche sichtbar sein, die magnetische Permeabilität oder das Erwärmungsverhalten verändern und die Kapazität bezüglich einer Gegenelektrode beeinflussen. Beschleunigungswerte lassen insbesondere Rückschlüsse auf Verformungen oder veränderte äußere Betriebsbedingungen zu.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der anliegenden Zeichnungen einiger Ausführungsbeispiele näher erläutert. In den Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 eine Überwachungsvorrichtung im grobschematischen Blockbild,

Fig. 2 optische Sensoranordnung einer Überwachungsvorrichtung in Seitenansicht;

Fig. 3 Permeabilitäts-Sensoranordnung einer Überwachungsvorrichtung in Seitenansicht;

Fig. 4 Wirbelstrom-Sensoranordnung einer Überwachungsvorrichtung in Seitenansicht;

Fig. 5 Kapazitäts-Sensoranordnung einer Überwachungsvorrichtung im Vertikalschnitt.

Gemäß Fig. 1 hat die Vorrichtung zwei Sensoren 1, 2, beispielsweise Mikrophone. Die Sensoren 1, 2 werden jeweils einem Maschinen- und Anlagen-Element zugeordnet, wobei die Elemente im Betrieb gleiche oder gleichartige Schwingungen bzw. Schwingungsgemische oder eine Kombination aus gleichen und gleichartigen Schwingungen bzw. Schwingungsgemischen erzeugen.

Jeder Sensor 1, 2 speist einen Analog/Digital-Wandler 3, 4, der das vom Sensor 1, 2 gelieferte Analogsignal digitalisiert.

- 19 -

Das digitalisierte Meßsignal wird von den Analog/Digital-Wandlern 3, 4 jeweils einem digitalen Filter 5, 6 zugeführt. Die Filter 5, 6 können aus den ermittelten Schwingungsgemischen bestimmte Bänder nach Lage und Breite hervorheben und andere unterdrücken. Der Filter-Algorithmus und damit die Filtercharakteristiken der beiden Filter 5, 6 werden über eine Filtersteuerung 7 gesteuert.

Die gefilterten Schwingungen bzw. Schwingungsgemische werden von den Filtern 5, 6 einem digitalen Komparator 8 zugeführt, z.B. einem Sequenzer. Als Sequenzer werden neuerdings schnelle Komparatoren bezeichnet, die Sequenzen miteinander vergleichen, z.B. in der Gen-Analyse. Von diesen werden die digitalisierten Schwingungen bzw. Schwingungsgemische bitweise oder gruppenweise verglichen und überprüft, ob ein bestimmter Grad von Übereinstimmung gegeben ist. Der Vergleichs-Algorithmus wird von einer Komparator-Steuerung 9 gesteuert.

Der Komparator 9 liefert ein Steuersignal an eine Ausgabe-Einheit 10, falls der Vergleich eine Überschreitung der Vorgabewerte zum Ergebnis hat. Über die Ausgabe-Einheit 10 kann ein Warnsignal akustisch und/oder optisch gegeben und/oder automatisch in den Betrieb der zu überwachenden Elemente eingegriffen werden.

Der gesamten Vorrichtung ist eine Prozeß-Steuerung 11 übergeordnet, über die die Arbeitsweise sämtlicher Vorrichtungsteile 1 bis 10 beeinflußt werden kann.

Es folgen einige Anwendungsbeispiele, die auf Schwingungs- oder Geräuschmessungen basieren:

Beispiel 1

Ein Schienenfahrzeug ist mit mehreren Mikrofonen versehen, die den Radreifen der einzelnen Räder zugeordnet und akustisch an diese angekoppelt sind. Die Mikrofone dienen dazu, die Laufgeräusche der einzelnen Radreifen möglichst gegeneinander gekoppelt aufzunehmen. Die Laufgeräusche der einzelnen Radreifen werden zum späteren Vergleich ihrer Klangmuster digitalisiert und ggf. gespeichert. In vorgegebenen zeitlichen Abständen wird ein bitweiser Vergleich der digitalisierten Klangmuster unterschiedlicher Radreifen vorgenommen. Üblicherweise wird es dabei nur relativ geringe Klangmusterabweichungen geben, die den ordnungsgerechten Betriebszustand der Radreifen kennzeichnen. Bei einem defekten Radreifen wird der Grad der Klangmusterabweichung verschieden sein von dem der Klangmusterabweichung bei ordnungsgerechtem Zustand der Radreifen. Aus der markanten Klangmusterabweichung wird nun auf den störbehafteten Zustand eines der Radreifen geschlossen, deren Laufgeräusche bewertet werden.

Insbesondere dann, wenn es nicht gelingt, die Laufgeräusche der Radreifen an den auf der gleichen Welle sitzenden Rädern gegeneinander entkoppelt zu detektieren, ist es nach einer Weiterbildung der Erfindung von Vorteil, die Laufgeräusche der Radreifen mit den Radreifen-Laufgeräuschen von auf einer anderen Achse des betreffenden Fahrzeugs angeordneten Fahrzeugrädern zu vergleichen. Dieser Vergleich findet dabei vorzugsweise zeitlich versetzt statt, weil sich dadurch der Vergleichsaufwand gegenüber einem gleichzeitigen Vergleich erheblich vermindert.

Über den Vergleich der Radreifenlaufgeräusche von Rädern verschiedener Fahrzeugachsen lassen sich neben Beschädigungen von Radreifen auch auf andere Ursachen zurückzuführende plötzliche Fahrzeugentgleisungen detektieren, die bei ausschließlichem Vergleich der Radreifenlaufgeräusche von auf der gleichen Welle angeordneten Fahrzeugrädern nicht mit der gebotenen Sicherheit erkennbar wären; in einem solchen Fall würden die Radreifen der auf der gleichen Welle angeordneten Fahrzeugräder beim Befahren des Gleisbettes jeweils den gleichen vertikalen Beschleunigungen ausgesetzt sein, so daß die geforderte Störungserkennung nicht sichergestellt ist. Aus diesem Grunde sollten die Laufgeräusche eines Radreifens immer mindestens auch mit den Radreifenlaufgeräuschen mindestens eines an einer anderen Fahrzeugachse angeordneten Fahrzeugrades verglichen werden.

Beispiel 2

Das IST-Geräuschspektrum einer Maschinenanlage zum Zeitpunkt t_1 wird, nachdem es auf den relevanten Frequenzbereich durch Filterung eingeengt worden ist, als Referenz-Spektrum $SOLL_1$ gespeichert.

Es wird mit einem IST_2 -Spektrum verglichen, das zum Zeitpunkt t_2 gewonnen wurde, wobei als Auslösekriterien bestimmte Verknüpfungen von Absolutwerten und Veränderungen benutzt werden.

Im nächsten Intervall wird das IST_2 -Spektrum als neues Referenzspektrum abgespeichert und mit dem darauffolgenden Spektrum zum Zeitpunkt t_3 verglichen und so fort.

- 22 -

Das Ergebnis der Verknüpfung kann entweder zu einer programmierten automatischen Reaktion führen als auch angezeigt und manuell beantwortet werden.

Beispiel 3

Aus der Verknüpfung verschiedenartiger und unterschiedlicher Augenblickswerte von Frequenz und Stärke eines Geräuschespektrums in Abhängigkeit vom jeweiligen Betriebszustand leitet eine Bedienungskraft bestimmte Reaktionen ab.

Veränderungen nach Art und Wert, wiederum in Abhängigkeit vom augenblicklichen, jedoch nun veränderten, Betriebszustand, lösen bei der Bedienungskraft andere Reaktionen aus.

Aus der Kette von Zuordnungen ermittelt der Rechner den Algorithmus des Lernprozesses.

Auf diese Weise „lernt“ die Überwachungseinrichtung, sich auf unterschiedliche Betriebszustände einzustellen, zu interpolieren und im u.U. mehrdimensionalen Kennlinienfeld zu verschieben und bewertet die unterschiedlichen und verschiedenartigen Geräusche, wie zuvor der Mensch, als Funktion des jeweiligen Betriebszustandes.

Abweichungen davon werden wiederum miteinander verknüpft und lösen abgestufte selbsttätige Reaktionen aus.

Beispiel 4

- 23 -

In einer Maschinenanlage, die aus gleichartigen Elementen besteht, die unter genau gleichen Arbeitsbedingungen arbeiten, müssen die Geräuschspektren weitgehend übereinstimmen.

Ein Beispiel sind die Laufräder eines Eisenbahnfahrzeugs von genau gleicher Bauart und gleichem Verschleißzustand, wenn sie auf der gleichen Schiene laufen. Jedes Laufrad erzeugt beim Abrollen auf der Schiene ein Geräusch, das sich zusammensetzt aus

- a) dem eigentlichen Abrollgeräusch auf der Schiene,
- b) dem Lagergeräusch
- c) dem Windgeräusch und
- d) dem Geräusch, das durch die von den Unebenheiten der Schienenoberfläche angeregten Schwingungen der Radkonstruktion, insbesondere des Radreifens, besteht.

Der Radreifen selbst läßt sich als schwingungsfähiges Element recht sauber definieren, selbst wenn die Schwingungsneigung durch konstruktive Maßnahmen und vom Material her bedämpft wird.

Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren werden die Laufgeräusche eines bestimmten Eisenbahnfahrzeuges in der Weise miteinander verglichen, indem zunächst durch Filterung auf die Schwingungen der Radreifen abgestellt wird.

Der eigentliche Vergleich wird zwischen den Laufrädern ein und desselben Fahrzeugs vorgenommen, die auf der gleichen Schiene laufen, mithin von den gleichen Unebenheiten der Schienenoberfläche angeregt werden.

Im zyklischen Verfahren werden die Laufgeräusche der Radreifen miteinander verglichen, wobei die verschiedenartigen Symptome miteinander verknüpft und bewertet werden.

Schon eine beginnende Rißbildung führt sofort dazu, daß die Schwingneigung des Radreifens beeinträchtigt wird und zwischen dem defekten Laufrad und den unversehrten Laufrädern ein signifikanter Geräuschunterschied entsteht.

Beispiel 5

Durch Überwachung eines oder mehrerer Laufräder eines Eisenbahnfahrzeuges kann auch der Verschleißzustand des Schienenkopfes ermittelt werden. Grundsätzlich ist dies durch wiederholte Messungen an nur einem Laufrad möglich. Vorteilhaft ist die gleichzeitige Überwachung zweier Laufräder, die hintereinander auf derselben Schiene laufen. Übereinstimmende Änderungen der Schwingungen bzw. des Laufgeräusches sind auf die Schiene zurückzuführen und ermöglichen Rückschlüsse auf deren Verschleißzustand. So können frühe Schadensentwicklungen festgestellt und rechtzeitige vorbeugende Maßnahmen eingeleitet werden.

Beispiel 6

In einer Anlage der chemischen Industrie werden mehrere Mikrofone als Schwingungsaufnehmer verteilt in einem dreidimensionalen System angeordnet.

- 25 -

Je nach Art des Mediums – Gas, hoch- oder niedrigviskose Flüssigkeiten, Dampf – entsteht beim Bruch einer Leitung oder eines anderen Anlagenteils ein typisches Geräusch, das fast immer

- a) auf das Medium
- b) u.U. auf den Schadensumfang schließen läßt.

Durch die stereophone Eigenschaft der hier zum Patent angemeldeten Überwachungseinrichtung wird ohne merkliche Zeitverzögerung auch der exakte Schadensort definiert.

Wenn im Rechner eine genaue dreidimensionale Zuordnung von Ort und Medium abgelegt ist, ermöglicht die Überwachungseinrichtung im Schadensfall darüber hinaus durch die sichere Erkennung des Schadensortes die Bestimmung des Gefahrenpotentials.

Gemäß Fig. 2 ist seitlich eines Radreifens 12 mit einem Spurkranz 12' eine optische Abtastzeile 13 angeordnet von der Art der Abtastzeilen, die in der FAX-Technik verwendet werden. Stand der Technik ist eine Dichte der einzelnen optischen Sensorelemente 14 von 600 dpi entsprechend 23,6 Elementen pro Millimeter.

Die Einrichtung macht von der Tatsache Gebrauch, daß ein Riß

- in Umfangsrichtung eine sehr kleine Ausdehnung hat,
- daß seine Kanten relativ scharf ausgeprägt sind,
- daß er, wenn auch mit gewissen Richtungsänderungen, in radialer Richtung verläuft,
- daß die Helligkeitsänderungen, die durch einen Riß hervorgerufen werden, jedoch gering sind.

Aufgrund der genannten speziellen Eigenschaften läßt sich ein Riß aufspüren und von anderen Signalen, die z.B. von Verschmutzung herrühren, unterscheiden.

Die Abtastzeile 13 liegt tangential am inneren Radius des Radreifens 12 an, wodurch eine nutzbare Länge von ungefähr 125 mm entsteht, wenn man von einem Radreifendurchmesser von 710 mm auf der Lauffläche und einem Durchmesser von 650 mm auf dem Stammrad 12'' ausgeht, auf dem der Radreifen 12 sitzt. Die Abtastzeile 13 überdeckt deshalb die Seite des Radreifens 12 mit $23,6 \cdot 125 = 2950$ Sensorelementen 14.

Über die Breite in Radialrichtung des abgetasteten Radreifens 12 von 30 mm liefern die 2950 Sensorelemente 14 insgesamt $2950/30 = 98,33$ Zeilen pro Millimeter. Mit der typischen Auflösung von 23,6 Sensorelementen 14 pro Millimeter entsprechend einem Punktdurchmesser von $1/23,6 = 0,0423$ mm wird jeder Punkt auf dem Radius des Radreifens 12 bei jeder Umdrehung mehr als 4 mal abgetastet.

Durch diese Art der Mehrfachüberlagerung werden auch die schwachen Helligkeitsunterschiede, die sehr dünne Risse erzeugen, sichtbar. Eine zusätzliche Erhöhung der Detektionswahrscheinlichkeit kann vorgenommen werden, indem man die Abtastung über mehrere Umdrehungen fortsetzt und die Einzelsignale, wie zuvor bei der einmaligen Umdrehung, einander überlagert. Aus dem Summensignal der mehrfachen Abtastung schält sich das Nutzsignal um so schärfer heraus, je länger die Überlagerung andauert.

Mit ausreichend langer Überlagerungszeit lassen sich Nutzsignale wahrnehmen, die erheblich unter dem Pegel der Störsignale liegen.

Die sehr hohe Auflösung verlangt eine fortgesetzte Kontrolle des Abstandes zwischen der Abtastzeile 13 und dem Radreifen 12. Sie wird hier vorzugsweise dadurch bewirkt, daß die Abtastzeile 13 von Magnethälften in einem bestimmten Abstand in der Schwebe gehalten wird.

Im Fall eines nicht verschmutzten Rißbildes folgt die Verarbeitung dem folgenden Schema:

- a) Ein Bildpunkt wird detektiert;
- b) durch einmalige Differenzierung dU/dt wird die Schärfe des Signals bestimmt und mit einem für ein Riß-Signal typischen Wert verglichen;
- c) durch zweimaliges Differenzieren d^2U/dt^2 wird die Breite des Signals bestimmt und mit einem für ein Riß-Signal typischen Wert verglichen.
- d) Bleiben b) und c) innerhalb der erlaubten Grenzen, wird für das nachfolgende Signal ein Zeitfenster festgelegt, in dem ausschließlich ein „erlaubtes“ Signal ausgewertet wird. Die Lage des Zeitfensters entspricht dem weiteren, möglichen Verlauf des Risses.
- e) Die Detektion eines Bildpunktes wird auf das festgelegte Zeitfenster beschränkt und beginnt wieder mit a), b) usw.
- f) Nach jeder punkweisen Detektion eines „erlaubten“ Signals wird das Zeitfenster neu festgelegt und führt dazu, daß der Riß verfolgt wird.
- g) Mit jeder Detektion eines „erlaubten“ Signals erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, daß ein Riß aufgespürt worden ist.
- h) Bei Erreichen bestimmter Wahrscheinlichkeiten werden entsprechende Maßnahmen ausgelöst.

Das Problem der Unterscheidung von Signalen, die von einem Riß ausgehen und solchen, die von der Verschmutzung verursacht werden, wird aufgrund folgender Unterschiede gelöst:

Ein Riß-Signal besteht aus einem extrem kurzen Helligkeitseinbruch. Ein solches Signal zeichnet sich durch große Flankensteilheit aus. Bei der einmaligen Differenzierung entsteht ein starkes Signal dU/dt , während ein Signal, das von Verschmutzung ausgeht, in der Regel weichere Flanken hat und deshalb bei der einmaligen Differenzierung ein deutlich schwächeres Signal dU/dt erzeugt.

Eine zusätzliche Unterscheidung ergibt die zweite Differenzierung nach d^2U/dt^2 . Die dabei entstehenden Spannungsspitzen repräsentieren die Dauer des Signals, das als Riß-Signal deutlich kürzer ist als ein solches, das von Verschmutzung erzeugt wird. Zusätzlich wird verlangt, daß die zeilenweise nacheinander angebotenen Signale die Kriterien eines Rißbildes erfüllen müssen.

Sobald ein Rißbild bei der fortgesetzten Abtastung durch eine Verschmutzung gestört ist, wird der Gesamtvorgang neu gestartet, d.h. es wird neu nach einem Rißbild gesucht.

Sobald die fortgesetzte Abtastung und Verarbeitung Hinweise auf einen Riß ergibt, werden entsprechende Maßnahmen ausgelöst.

Im Fall eines zum Teil verschmutzten Rißbildes folgt die Verarbeitung dem folgendem Schema:

- 29 -

- a) Wie zuvor unter a) bis f) d.h. ein Riß ist erkannt worden. Die Detektionswahrscheinlichkeit reicht aber für eine Reaktion noch nicht aus.
- b) Einer der nachfolgenden Bildpunkte erfüllt nicht die Bedingungen eines Riß-Signals.
- c) Das Zeitfenster wird aus dem letzten, „erlaubten“ Riß-Signal abgeleitet und wegen der möglichen Richtungsänderung entsprechend erweitert.
- d) Weiter wie b) und c).
- e) Sobald wieder ein „erlaubtes“ Riß-Signal auftritt, beginnt der Vorgang wie unter a) für den Fall eines nicht verschmutzten Rißbildes beschrieben, bis die Wahrscheinlichkeit zu einer Reaktion ausreicht.

Fig. 3 zeigt die Feststellung von Rissen durch Messung der Veränderung der magnetischen Permeabilität im Rißbereich. Bei Rißbildung ist dort die Permeabilität verringert. Zu diesem Zweck befindet sich seitlich des Radreifens 12 ortsfest ein Sensor für die magnetische Permeabilität 15. Dieser weist einen Transformator mit Primärwicklung 16 und Sekundärwicklung 17 auf, dessen magnetischer Fluß sich bei 18 radial und quer zu einem möglichen Riß über den Radreifen 12 schließt.

Die Primärwicklung 16 wird von einem nach Frequenz und Stärke optimierten Wechselstrom durchflossen und induziert in der Sekundärwicklung 17 eine Spannung, deren Wert von der Stärke des magnetischen Flusses abhängt. Bei Auftreten eines Risses ist der magnetische Widerstand erhöht und führt zu einem Spannungseinbruch auf der Sekundärseite. Die Einrichtung setzt einen Transformator 15 voraus, dessen Spaltbreite der Breite eines zu erwartenden Risses entspricht.

- 30 -

Fig. 4 zeigt die Feststellung von Rissen durch Messung der örtlichen Erwärmung als Folge von Wirbelströmen. Im Bereich des Risses ist der für die Stärke des Wirbelstromes maßgebende Querschnitt verringert, so daß der Wirbelstrom und damit die Erwärmung zurückgeht.

Die Einrichtung enthält eine ortsfest seitlich des Radreifens im Bereich der Reißgefährdung angebrachte wechselstromdurchflossene Spule 19, deren magnetisches Wechselfeld im Radreifen 12 bei 20 Wirbelströme fließen läßt, die das Material örtlich erwärmen. Die das magnetische Wechselfeld erzeugende Spule 12 ist in einer solchen Orientierung zum Radreifen angebracht, daß die Reißbildung eine Veränderung der Stärke der Wirbelströme zur Folge hat und verringerte örtliche Temperatur die Folge ist.

Die örtlich und bei Drehung des Rades zeitlich veränderte Temperaturverteilung wird mit Hilfe eines thermischen Differentialsensors 21 mit Differentialsensorköpfen 21', 21'' festgestellt. Dieser kann ein Infrarot-Sensor sein, wie er für das Aufspüren kleinster Temperaturdifferenzen verwendet wird.

Anstelle einer bloßen Temperaturmessung kann der Temperaturgradient über die Zeit ermittelt werden. Diese Bewertung liefert laufend eine Statusmeldung über den Zustand des betreffenden Lagers. Aus dem Vergleich mehrerer Lager gleicher Konstruktion und gleicher Belastung ergeben sich zuverlässige Daten über den Verschleißzustand, bevor es zu Ausfällen kommt.

Fig. 5 zeigt die Feststellung von Rissen durch Messung der Veränderung der Kapazität zwischen dem Radreifen 12 und einer festen Elektrode 22. Diese Einrichtung benutzt zum Aufspüren eines Risses im Radreifen 12 die Ver-

- 31 -

änderung des elektrischen Feldes bei 23 und damit die Veränderung der Kapazität zwischen einer ortsfesten Elektrode 22 und dem Radreifen 12 als Gegenelektrode. Um eine ausreichende Ansprechempfindlichkeit zu erreichen, werden die Geometrie der ortsfesten Elektrode 22 und die Frequenz der bei 24 angelegten Wechselspannung optimiert. Mittels einer dielektrischen Optik kann eine Fokussierung des elektrischen Feldes auf den Radreifen 12 vorgenommen werden.

Des weiteren können Veränderungen aufgrund der Messung der Beschleunigung mit Hilfe von Beschleunigungsaufnehmern ermittelt werden. Hierbei gibt es insbesondere folgende Möglichkeiten:

Bestimmung der Querschleunigung des ungefederten Fahrwerkteils: Hieraus werden Rückschlüsse auf die Schlingerneigung des Fahrzeugs gezogen. Ursachen können Verschleißerscheinungen am Spurrand des Radreifens sein wie auch Verschleiß an der Innenseite des Schienenkopfes. Die Ursache der erhöhten Querschleunigung wird durch den Vergleich der Querschleunigung verschiedener Fahrzeuge lokalisiert. Gleiche Querschleunigung deutet auf Veränderung in der Gleisanlage, unterschiedliche Querschleunigung auf solche am Spurrand eines bestimmten Fahrzeugs.

Bestimmung der Vertikalbeschleunigung des ungefederten Fahrwerkteils.

Aus dem Verlauf der Vertikalbeschleunigung lassen sich die folgenden Schlüsse ziehen:

Beschleunigungsspitzen und -einbrüche, die im Rhythmus der Umdrehungsfrequenz auftreten, schließen auf Unrundheit des Radreifens. Andere Beschleunigungen werden von Unregelmäßigkeiten im Gleisoberbau erzeugt:

- 32 -

Solche mit einem niedrigen ersten Differenzquotienten $\Delta b / \Delta t$ rühren aus Lageveränderungen des Oberbaus, wie sie z.B. durch Senkungen des Untergrundes entstehen. Kräftige Werte werden u.a. durch Gleisbrüche erzeugt. Sie unterscheiden sich signifikant von den Beschleunigungswerten und deren Charakteristika, wie sie beim Überfahren von Weichen und Kreuzungen entstehen. Niedrige Beschleunigungswerte mit Frequenzen im hohen Tonfrequenzbereich werden von Riffeln in der Lauffläche der Schienen erzeugt.

Die Vertikalbeschleunigungen aus Veränderungen des Gleisoberbaus werden normalerweise in bestimmten Abständen durch Gleismeßwagen erfaßt und bilden die Grundlage für Instandhaltungsmaßnahmen. Die ständige Kontrolle des Gleisoberbaus durch eine im Zugverband ohnehin vorhandene Einrichtung macht es möglich, daß Gleismeßwagen nur noch seltener eingesetzt werden müssen. Trotzdem erbringt die ständige Überwachung der Gleislage zuverlässigere Werte über den aktuellen Zustand einer Strecke.

Sämtliche Vorrichtungen können Einrichtungen aufweisen, die die sehr kleinen Werte der elektrischen und thermischen Erscheinungen über längere Zeit gemeinsam mit den Störsignalen akkumulieren, wodurch der Abstand des jeweiligen Nutzsignals zu den Störsignalen fortgesetzt erhöht wird.

Ansprüche

1. Verfahren zur laufenden Überwachung von Elementen oder Gesamtheiten jeglicher Art, insbesondere solchen Elementen oder Gesamtheiten, die unterschiedlichen Betriebszuständen ausgesetzt sind, auf das Auftreten von Veränderungen, bei dem
 - zur gleichen Zeit an verschiedenen Elementen oder Gesamtheiten mit gleichen und/oder gleichartigen Eigenschaften und/oder zu verschiedenen Zeiten am gleichen Element oder an der gleichen Gesamtheit Meßwerte von physikalischen Größen ermittelt werden,
 - Unterschiede zwischen den ermittelten Meßwerten ermittelt werden und
 - aufgrund ermittelter Unterschiede auf Veränderungen geschlossen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem
 - zur gleichen Zeit an verschiedenen schwingungsfähigen Elementen oder Gesamtheiten mit gleichen und/oder gleichartigen Schwingungen und/oder Schwingungsgemischen und/oder zu verschiedenen Zeiten am gleichen schwingungsfähigen Element oder an der gleichen schwingungsfähigen Gesamtheit Schwingungen und/oder Schwingungsgemische ermittelt werden,
 - Unterschiede zwischen den ermittelten Schwingungen und/oder Schwingungsgemischen ermittelt werden,
 - aufgrund ermittelter Unterschiede auf Veränderungen geschlossen wird.

- 34 -

3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem die Schwingungen und/oder Schwingungsgemische Schallschwingungen und/oder Schallschwingungsgemische sind.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, bei dem die Schwingungen und/oder Schwingungsgemische außerhalb der physiologischen Fähigkeit des menschlichen Gehörs angesiedelt sind.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem in kurzen Zeitabständen Meßwerte einer Größe ermittelt und miteinander verglichen werden.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem in langen Zeitabständen unter vergleichbaren Betriebszuständen Meßwerte einer Größe ermittelt und miteinander verglichen werden.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 6, bei dem aus den ermittelten Schwingungen und/oder Schwingungsgemische bestimmte Bänder nach Lage und Breite hervorgehoben und/oder unterdrückt und dem Vergleich zugeführt werden.
8. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem die Hervorhebung oder Unterdrückung bestimmter Bänder nach bestimmten Vorgaben fortlaufend verändert wird.

- 35 -

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem beim Vergleich der Meßwerte einer Größe untersucht wird, ob eine Vorgabe für den Grad der Übereinstimmung erfüllt ist.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 9, bei dem Unterschiede
- zwischen einzelnen Schwingungen und/oder Schwingungsgemischen und/oder
 - unterschiedlichen, gemeinsam auftretenden Schwingungen und/oder Schwingungsgemischen und/oder
 - der Stärke einzelner Schwingungen und/oder von Schwingungsgemischen und/oder
 - der Einfallsrichtung einzelner Schwingungen und/oder von Schwingungsgemischen
- ermittelt werden.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 10, bei dem
- Frequenzänderungen von Schwingungen und/oder Schwingungsgemischen und/oder
 - Änderungen der Stärke von Schwingungen und/oder Schwingungsgemischen und/oder
 - Änderungen der Zusammensetzung eines Schwingungsgemisches und/oder
 - die Änderung der Einfallsrichtung von Schwingungen und/oder Schwingungsgemischen und/oder
 - anderen Charakteristika von Schwingungen und/oder Schwingungsgemischen
- ermittelt werden.

- 36 -

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 11, bei dem bei der Verarbeitung der ermittelten Schwingungen und/oder Schwingungsgemische mit technischen Mitteln das Verhalten des menschlichen Gehörs nachgeahmt wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 12, bei dem die ermittelten Unterschiede von Schwingungen und/oder Schwingungsgemischen miteinander verknüpft werden.
14. Verfahren nach Anspruch 13, bei dem die Bedingungen für die Verknüpfungen
 - intern unverändert festgelegt und/oder
 - extern zugeführt und/oder
 - fortlaufend durch festgelegte Algorithmen ermittelt und/oder
 - in einer Datenverarbeitungsanlage in einem fortwährenden Lernprozeß insbesondere im Sinne der künstlichen Intelligenz (KI) oder neuronaler Netze ermittelt und/oder
 - von Hand verändert und/oder
 - aus einer Kombination der vorgenannten Möglichkeiten gewonnen werden.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, bei dem bei Auftreten einer unzulässigen Veränderung ein Signal ausgegeben wird und/oder ein Eingriff in den Betrieb des Elementes oder der Gesamtheit erfolgt und/oder die unzulässige Veränderung dokumentiert wird.
16. Verfahren nach Anspruch 15, bei dem ein akustisches und/oder optisches Signal ausgegeben wird.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, bei dem die Meßwerte analog verarbeitet werden.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, bei dem die Meßwerte digitalisiert und digital verarbeitet werden.
19. Verfahren nach Anspruch 18, bei dem eine digitalisierter Meßwert gespeichert und mit einem anderen digitalisierten Meßwert verglichen wird.
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 19, bei dem das Erscheinungsbild der Oberfläche des Elements oder der Gesamtheit zumindest teilweise optisch abgetastet wird.
21. Verfahren nach Anspruch 20, bei dem die Oberfläche des Elementes oder der Gesamtheit an einer optischen Abtasteinrichtung vorbeigeführt wird.
22. Verfahren nach Anspruch 22, bei dem mindestens eine Flanke eines Radreifens optisch abgetastet wird.
23. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 22, bei dem an dem Element oder der Gesamtheit Meßwerte der magnetischen Permeabilität ermittelt werden.
24. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 23, bei dem an dem Element oder der Gesamtheit Meßwerte der Temperatur ermittelt werden.

25. Verfahren nach Anspruch 24, bei dem an dem Element oder der Gesamtheit Meßwerte der durch örtliche Wirbelströme erhöhten Temperatur ermittelt werden.
26. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 25, bei dem Meßwerte der Kapazität zwischen dem Element oder der Gesamtheit und einer Gegenelektrode ermittelt wird.
27. Verfahren nach Anspruch 26, bei dem das Element oder die Gesamtheit beweglich und die Gegenelektrode ortsfest ist.
28. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 27, bei dem Elemente von Schienen-, Straßen- oder Luftfahrzeugen oder Schiffen, von Maschinen, verfahrenstechnischen und energietechnischen Anlagen oder Bauwerken oder diese Gesamtheiten insgesamt überwacht werden.
29. Verfahren zum Erkennen schadhafter Radreifen an fahrenden Schienenfahrzeugen, dadurch gekennzeichnet, daß die Laufgeräusche der Radreifen eines Fahrzeugs detektiert und mit den Laufgeräuschen mindestens eines anderen Radreifens des betreffenden Fahrzeugs verglichen werden und daß vom Erkennen von markant unterschiedlichen Laufgeräuschen auf das Vorhandensein eines schadhaften Radreifens geschlossen wird.
30. Verfahren nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, daß die Laufgeräusche über den einzelnen Radreifen zugeordnete, akustisch an diese angekoppelte Mikrofone detektiert werden.

- 39 -

31. Verfahren nach Anspruch 29 oder 30, dadurch gekennzeichnet, daß die Laufgeräusche der Radreifen mit den Laufgeräuschen aller übrigen Radreifen des betreffenden Fahrzeugs verglichen werden.
32. Verfahren nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, daß die Laufgeräusche zeitlich versetzt miteinander verglichen werden.
33. Verfahren nach einem der Ansprüche 29 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß die Laufgeräusche der einzelnen Radreifen zum Vergleich ihrer Klangmuster digitalisiert und ggf. gespeichert werden.
34. Verfahren nach Anspruch 33, dadurch gekennzeichnet, daß ein bitweiser Vergleich der digitalisierten Klangmuster vorgenommen wird, wobei aus dem Grad der jeweiligen Klangmusterabweichung auf den ordnungsgeordneten bzw. den störbehafteten Zustand eines Radreifens geschlossen wird.
35. Vorrichtung zur laufenden Überwachung von Elementen oder Gesamtheiten jeglicher Art auf das Auftreten von Veränderungen, insbesondere solcher Elemente oder Gesamtheiten, die unterschiedlichen Betriebszuständen ausgesetzt sind, insbesondere unter Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 34, mit
 - mindestens einem Sensor (1, 2) zum Ermitteln von Meßwerten von physikalischen Größen zur gleichen Zeit an verschiedenen Elementen oder Gesamtheiten mit gleichen oder gleichartigen Eigenschaften und/oder zu verschiedenen Zeiten am gleichen Element oder der gleichen Gesamtheit,

- 40 -

- einem Vergleicher (8) zum Ermitteln von Unterschieden der ermittelten Meßwerte und
- einer Auswerteeinrichtung zum Ermitteln von Veränderungen aufgrund der ermittelten Unterschiede.

36. Vorrichtung nach Anspruch 35 mit

- mindestens einem Sensor (1, 2) zum Ermitteln von Schwingungen und/oder Schwingungsgemischen zur gleichen Zeit an verschiedenen Elementen oder Gesamtheiten mit gleichen und/oder gleichartigen Schwingungen und/oder Schwingungsgemischen und/oder Schwingungsgemischen und/oder zu verschiedenen Zeiten am gleichen schwingungsfähigen Element oder der gleichen schwingungsfähigen Gesamtheit,
- einem Vergleicher (8) zum Ermitteln von Unterschieden der ermittelten Schwingungen und/oder Schwingungsgemische und
- einer Auswerteeinrichtung zum Ermitteln von Veränderungen aufgrund der ermittelten Unterschiede.

37. Vorrichtung nach Anspruch 36, bei der der Sensor ein Mikrophon (1, 2) oder ein anderer Schwingungsaufnehmer ist.

38. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 35 bis 37, bei der dem Sensor (1, 2) ein Analog/Digital-Wandler (3, 4) zum Digitalisieren des Meßsignals des Sensors nachgeordnet ist.

39. Vorrichtung nach Anspruch 38, bei der dem Analog/Digital-Wandler (3, 4) ein Digitalfilter (5, 6) zum Hervorheben und/oder Unterdrücken bestimmter Bänder der ermittelten Schwingungsspektren nachgeordnet ist.

40. Vorrichtung nach Anspruch 38 oder 39, bei der dem Analog/Digital-Wandler (3, 4) oder dem Digitalfilter (5, 6) ein digitaler Vergleicher (8) zum Vergleichen eines digitalisierten Schwingungsspektrums mit einem anderen digitalisierten Schwingungsspektrum nachgeordnet ist.
41. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 35 bis 40, bei der die Ausgabereinrichtung (10) eine akustische Signaleinrichtung und/oder eine optische Anzeigeeinrichtung und/oder eine in den Betrieb des Elementes oder der Gesamtheit eingreifende Steuereinrichtung ist.
42. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 35 bis 41, bei der mindestens ein Sensor ein optoelektronischer Sensor (13) ist.
43. Vorrichtung nach Anspruch 42, bei der der optoelektronische Sensor (13) mehrere optoelektronische Sensorelemente (14) in Zeilenanordnung umfaßt.
44. Vorrichtung nach Anspruch 42 oder 43, bei der optoelektronische Sensorelemente (14) auf einer Spirallinie an einer Seite eines Radreifens (12) montiert sind.
45. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 35 bis 44, bei der mindestens ein Sensor ein Sensor für die magnetische Permeabilität (15) ist.
46. Vorrichtung nach Anspruch 45, bei der der Sensor für die magnetische Permeabilität (15) einen Transformator aufweist, dessen magnetischer Kreis das Element (12) oder die Gesamtheit zumindest teilweise einbe-

- 42 -

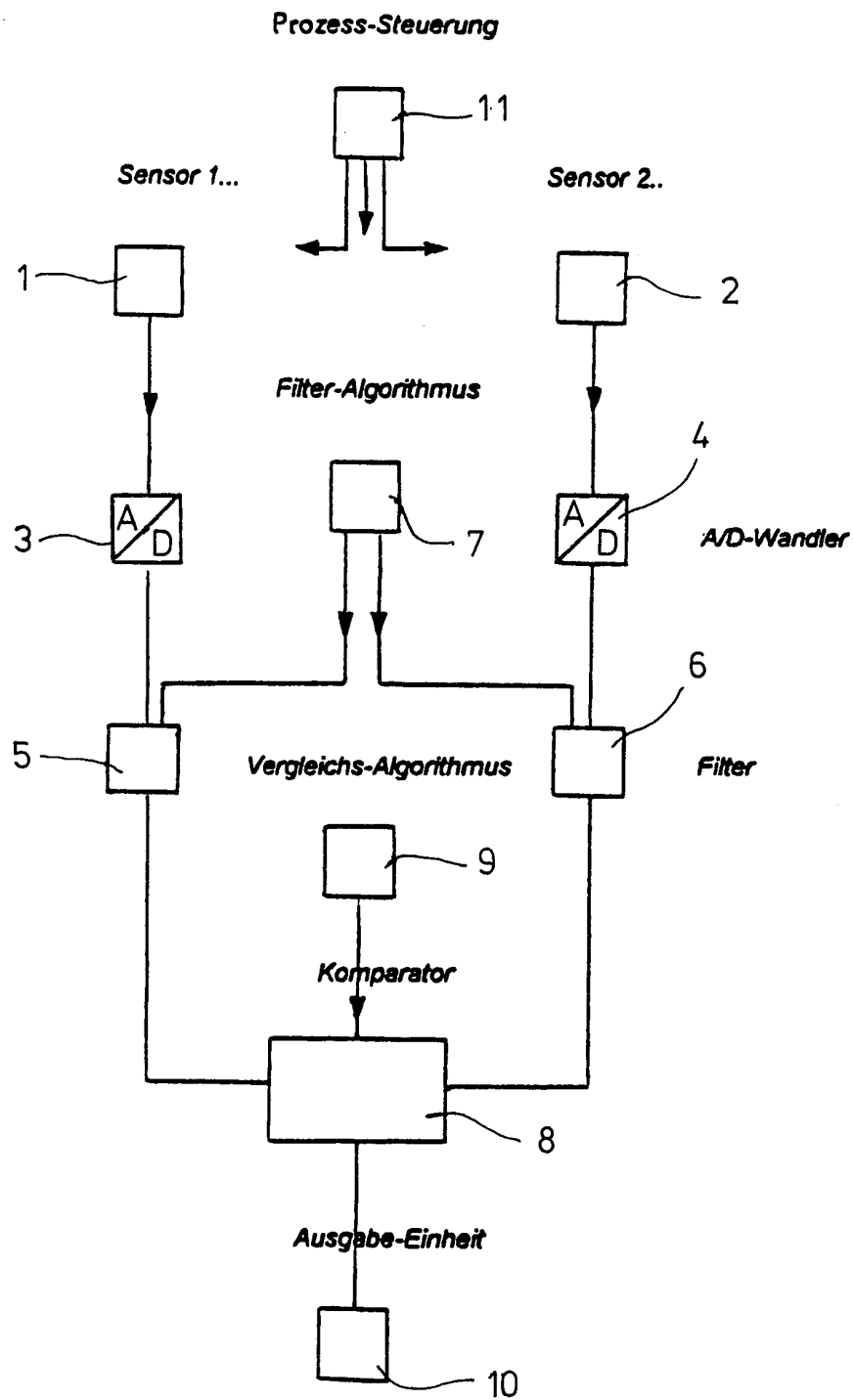
zieht, in dessen Primärwicklung (16) ein Wechselstrom eingespeist wird, der in der Sekundärwicklung (17) eine Spannung induziert, die ein Meßwert für die magnetische Permeabilität ist.

47. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 35 bis 46, bei der mindestens ein Sensor ein thermischer Sensor (19, 21) ist.
48. Vorrichtung nach Anspruch 47, bei der der thermische Sensor (19, 21) eine wechselstromdurchflossene Spule (19) umfaßt, deren magnetisches Wechselfeld im Element (12) oder in der Gesamtheit Wirbelströme fließen läßt, die zu einer örtlichen Erwärmung führen, und einen thermischen Differentialsensor (21) zur Ermittlung örtlicher und/oder zeitlicher Temperaturänderungen.
49. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 35 bis 48, bei der mindestens ein Sensor ein kapazitiver Sensor (22) ist.
50. Vorrichtung nach Anspruch 49, bei der der Sensor eine im Abstand vom Element (12) oder der Gesamtheit angeordneten elektrisch isolierten Elektrode (22) und dem Element oder der Gesamtheit als Gegenelektrode besteht und kapazitive Wirkung hat.
51. Vorrichtung nach Anspruch 50, bei der mittels einer dielektrischen Optik eine Fokussierung des elektrischen Feldes zwischen Elektrode (22) und Gegenelektrode auf das Element oder die Gesamtheit vorgenommen wird.

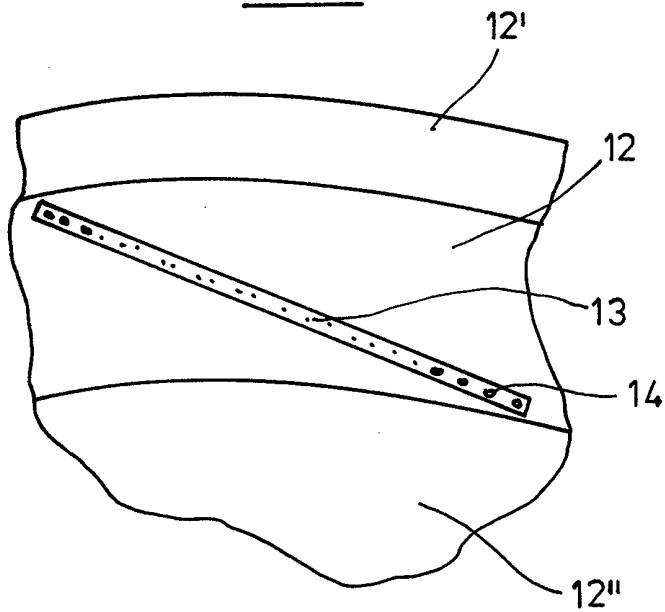
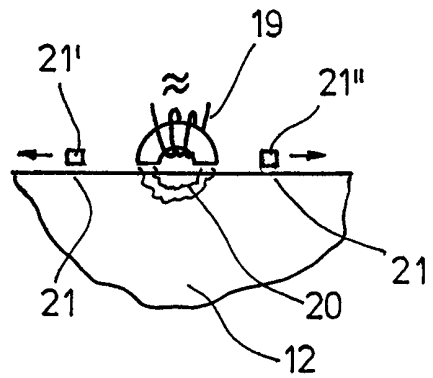
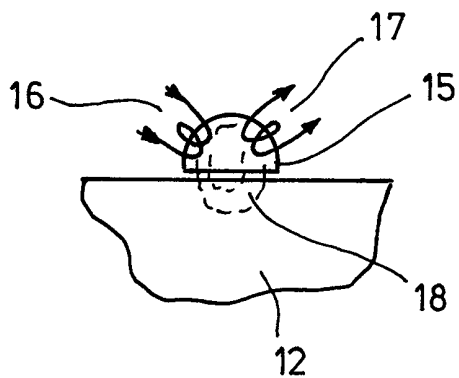
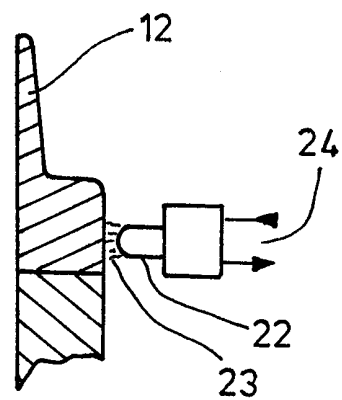
- 43 -

52. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 35 bis 51, bei dem mindestens ein Sensor (1, 2) mittels Magneteinrichtungen in einem bestimmten Abstand von der Oberfläche des Elementes oder der Gesamtheit gehalten ist.

1/2

FIG. 1

2/2

FIG.2FIG.4FIG.3FIG.5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP 99/01200

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 6 G01H1/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 G01H B61K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 421 065 A (LEHN F HEINRICH) 10 April 1991	1,2,4-6, 9-11, 13-16, 18,19, 28,29, 35-38
Y	see abstract see page 3, line 27 - line 32 see page 4, line 41 - line 47 see page 6, line 36 - line 39	
	see page 8, line 19 - line 35 --- -/--	3,7,8, 17,20, 21, 23-25, 30-34,39

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

25 June 1999

Date of mailing of the international search report

01/07/1999

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Swartjes, H

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter nal Application No

PCT/EP 99/01200

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 82 00805 A (SINHA B) 18 March 1982 see page 2, line 13 - line 27 see page 4, line 12 - line 36 ---	3,7,8, 17, 30-34,39
Y	US 5 038 616 A (SCHNEIDER STANLEY ET AL) 13 August 1991 see column 9, line 22 see column 19, line 46 - line 60 ---	20,21, 23-25
A	DE 21 05 869 A (LICENTIA GMBH) 17 August 1972 ---	
A	US 4 901 575 A (BOHANNAN WILLIAM L ET AL) 20 February 1990 -----	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 99/01200

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0421065	A	10-04-1991	DE 4019501 A JP 3123826 A	11-04-1991 27-05-1991
WO 8200805	A	18-03-1982	SE 422559 B CA 1170753 A EP 0058705 A JP 2015428 B JP 57501278 T	15-03-1982 10-07-1984 01-09-1982 12-04-1990 22-07-1982
US 5038616	A	13-08-1991	NONE	
DE 2105869	A	17-08-1972	NONE	
US 4901575	A	20-02-1990	CA 2001926 A EP 0371631 A JP 2212734 A US 4956999 A	31-05-1990 06-06-1990 23-08-1990 18-09-1990

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 99/01200

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 6 G01H1/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 6 G01H B61K

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie ^o	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 421 065 A (LEHN F HEINRICH) 10. April 1991 siehe Zusammenfassung siehe Seite 3, Zeile 27 - Zeile 32 siehe Seite 4, Zeile 41 - Zeile 47 siehe Seite 6, Zeile 36 - Zeile 39	1, 2, 4-6, 9-11, 13-16, 18, 19, 28, 29, 35-38
Y	siehe Seite 8, Zeile 19 - Zeile 35 ----- -/--	3, 7, 8, 17, 20, 21, 23-25, 30-34, 39



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

^o Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

25. Juni 1999

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

01/07/1999

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Swartjes, H

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 99/01200

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie ^o	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	WO 82 00805 A (SINHA B) 18. März 1982 siehe Seite 2, Zeile 13 - Zeile 27 siehe Seite 4, Zeile 12 - Zeile 36 ----	3,7,8, 17, 30-34,39
Y	US 5 038 616 A (SCHNEIDER STANLEY ET AL) 13. August 1991 siehe Spalte 9, Zeile 22 siehe Spalte 19, Zeile 46 - Zeile 60 ----	20,21, 23-25
A	DE 21 05 869 A (LICENTIA GMBH) 17. August 1972 ----	
A	US 4 901 575 A (BOHANNAN WILLIAM L ET AL) 20. Februar 1990 -----	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 99/01200

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0421065 A	10-04-1991	DE 4019501 A JP 3123826 A	11-04-1991 27-05-1991
WO 8200805 A	18-03-1982	SE 422559 B CA 1170753 A EP 0058705 A JP 2015428 B JP 57501278 T	15-03-1982 10-07-1984 01-09-1982 12-04-1990 22-07-1982
US 5038616 A	13-08-1991	KEINE	
DE 2105869 A	17-08-1972	KEINE	
US 4901575 A	20-02-1990	CA 2001926 A EP 0371631 A JP 2212734 A US 4956999 A	31-05-1990 06-06-1990 23-08-1990 18-09-1990