



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2010 038 463.1**

(22) Anmeldetag: **27.07.2010**

(43) Offenlegungstag: **02.02.2012**

(51) Int Cl.: **G01M 17/007 (2006.01)**

(71) Anmelder:
**Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft,
80809, München, DE**

(72) Erfinder:
**Schwarz, Matthäus, 81373, München, DE;
Krösser, Christian, 80687, München, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

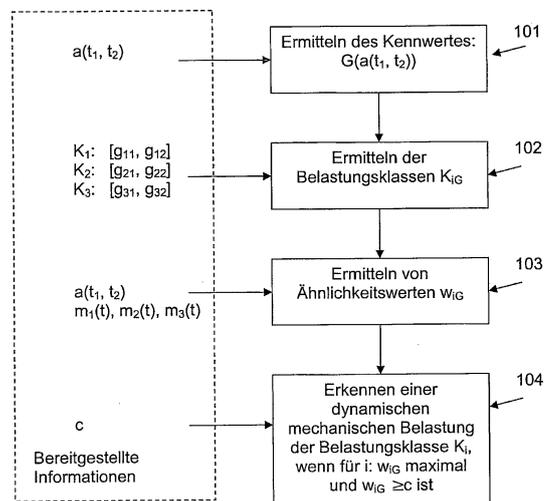
DE 101 44 076 A1
DE 10 2008 049 224 A1
US 2008 / 0 161 989 A1

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum Erkennen dynamischer mechanischer Belastungen beim Fahrbetrieb eines Fahrzeugs**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Erkennen dynamischer mechanischer Belastungen beim Fahrbetrieb eines Fahrzeugs. Das erfindungsgemäße Verfahren zum Erkennen dynamischer mechanischer Belastungen einer Anzahl i vorgegebener Belastungsklassen K_i beim Fahrbetrieb eines Fahrzeugs, das zumindest ein Sensorsystem aufweist, mit dem während des Fahrbetriebs zumindest ein Signalverlauf $a(t)$ erfasst wird, umfasst folgende Schritte: für jede der Belastungsklassen K_i Vorgeben eines Kennwertintervalls $[g_{i1}, g_{i2}]$ und eines Mustersignalverlaufs $m_i(t)$, auf Basis des für einen vorgebbaren Zeitabschnitt $[t_1, t_2]$ erfassten Signalverlaufs $a(t_1, t_2)$ Ermitteln eines Kennwertes $G(a(t_1, t_2))$, Ermitteln derjenigen Belastungsklassen K_{iG} aus den Belastungsklassen K_i , deren Kennwertintervalle $[g_{i1}, g_{i2}]$ den Kennwert $G(a(t_1, t_2))$ enthalten, und Ermitteln einer jeweiligen Ähnlichkeit zwischen dem Signalverlauf $a(t_1, t_2)$ oder einem daraus abgeleiteten Wertverlauf und den Mustersignalverläufen $m_i(t)$ der Belastungsklassen K_{iG} , wobei für den Signalverlauf $a(t_1, t_2)$ eine dynamische Belastung einer Belastungsklasse K_{iG} erkannt wird, wenn die ermittelte Ähnlichkeit eine oder mehrere vorgegebene Bedingungen erfüllt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Erkennen dynamischer mechanischer Belastungen einer Anzahl i vorgegebener Belastungsklassen beim Fahrbetrieb eines Fahrzeugs. Im Fahrbetrieb auftretende dynamische mechanische Belastungen, bspw. das Auftreten von mechanischen Beschleunigungen in x -, y -, und/oder z -Richtung, beeinflussen die Auslegung und damit die Lebensdauer von Bauteilen und Bauteilgruppen des Fahrzeugs, aber auch Wartungsprogramme und insbesondere Wartungsintervalle des Fahrzeugs und seiner Bauteile. Es besteht der Bedarf, während des Kundenbetriebs auftretende dynamische mechanische Belastungen des Fahrzeugs, von Baugruppen des Fahrzeugs oder von einzelnen Bauteilen des Fahrzeugs für vorgegebene Belastungsklassen zu erkennen und zu erfassen, beispielsweise um die Fahrzeugwartung flexibler auf tatsächliche Nutzungsszenarien abzustimmen. Die heute im Rahmen der Fahrzeugentwicklung oder Fahrzeugprüfung eingesetzten Verfahren und Vorrichtungen zum Erfassen und Erkennen von vorgegebenen Klassen oder Ereignissen dynamischer mechanischer Belastungen sind aufwendig und daher im Rahmen des Kundenbetriebs nur bedingt einsatzfähig.

[0002] Dynamische mechanische Belastungen des Fahrzeugs bzw. bestimmter Baugruppen oder Bauteile des Fahrzeugs treten beispielsweise insbesondere auf, wenn das Fahrzeug ein Schlagloch, eine Straßenschwelle oder einen Bahnübergang überfährt. Natürlich sind beliebige weitere Fahrsituationen bekannt, die auf Basis anderer Ursachen dynamische mechanische Belastungen des Fahrzeugs hervorrufen. Ab einer bestimmten Intensität, bspw. ab einer bestimmten Fahrgeschwindigkeit, werden solche Ereignisse zu Sonderereignissen, die besondere mechanische Belastungen für Bauteile oder Baugruppen des Fahrzeugs darstellen. Um solche Sonderereignisse während des Kundenbetriebs zu erkennen, werden zurzeit hauptsächlich statistische Methoden verwendet, da die Messzyklen hierbei unter Umständen bis zu einem Jahr dauern können und die Statistik eine erhebliche Datenreduktion zulässt. Der Nachteil von statistischen Auswertungen besteht jedoch darin, dass keine Beziehung zu konkreten Ereignissen, Orten und Zeiten möglich ist. Hier sind Lastzeitreihen, welche neben einer aussagekräftigen Information zu solchen Sonderereignissen auch noch die Bestimmung des örtlichen und zeitlichen Auftretens ermöglichen, besser geeignet. Messungen mittels Lastzeitreihen haben aber den Nachteil, dass sie mit einer enormen Datenflut verbunden sind. Weiterhin ist es derzeit nicht zufriedenstellend möglich, das Auftreten von Sonderereignissen vorgegebener Klassen zu erkennen (zu klassifizieren). So ist beispielsweise das Unterscheiden einer dynamischen mechanischen Belastung, die durch ein Überfahren eines

Schlaglochs, einer Fahrbahnschwelle oder eines Eisenbahnübergangs hervorgerufen wird, nur mit großem Rechenaufwand möglich.

[0003] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Erkennen dynamischer mechanischer Belastungen einer Anzahl i vorgegebener Belastungsklassen beim Fahrbetrieb eines Fahrzeugs anzugeben, die für einen Einsatz im Rahmen des Kundenbetriebes geeignet sind, und Nachteile des Standes der Technik zumindest verringern.

[0004] Die Erfindung ergibt sich aus den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche. Vorteilhafte Weiterbildungen und Ausgestaltungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche. Weitere Merkmale, Anwendungsmöglichkeiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung, sowie der Erläuterung von Ausführungsbeispielen der Erfindung, die in den Figuren dargestellt sind.

[0005] Ein erster Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erkennen dynamischer mechanischer Belastungen einer Anzahl i vorgegebener Belastungsklassen K_i beim Fahrbetrieb eines Fahrzeugs, das zumindest ein Sensorsystem aufweist, mit dem während des Fahrbetriebs zumindest ein Signalverlauf $a(t)$ erfasst wird. Hierbei definiert jede Belastungsklasse K_i , die ihr zugeordneten dynamischen mechanischen Belastungen. So können einer ersten Belastungsklasse, die bei einem Überfahren von Schlaglöchern, einer zweiten Belastungsklasse, die bei einem Überfahren von Fahrbahnschwellen und einer dritten Belastungsklasse, die bei einem Überfahren von Bahnübergängen auftretenden mechanischen Belastungen zugeordnet sein. Ziel des Verfahrens ist es, zu Erkennen, ob im vom Sensorsystem ermittelten Signalverlauf $a(t)$ eine dynamische mechanische Belastung vorliegt, die einer der vorgegebenen Belastungsklassen K_i entspricht. Das Sensorsystem umfasst hierzu bevorzugt zumindest einen Sensor, bspw. einen Beschleunigungssensor, mit dem der Signalverlauf $a(t)$ als Zeitreihe erfasst wird. Der Sensor wird je nach Anforderung und Aufgabenstellung ausgewählt und im Fahrzeug, bspw. an dynamisch besonders belasteten Bauteilen, angeordnet. Der Signalverlauf $a(t)$ kann weiterhin auch mittelbar durch Auswertung eines oder mehrerer Sensoren erzeugt werden. So ist es beispielsweise möglich, einen Beschleunigungsverlauf $a(t)$ aus einer erfassten Radgeschwindigkeit $\omega(t)$ eines der Räder des Fahrzeugs, die typischerweise über einen im Fahrzeug vorhandenen Datenbus bereitgestellt wird, zu ermitteln. Hierbei wird die gemessene Radgeschwindigkeit $\omega(t)$ zunächst differenziert, so dass eine Radbeschleunigung $a_\omega(t)$ ermittelt wird. Anschließend wird aus der ermittelten Radbeschleunigung $a_\omega(t)$ durch lineare Anpassungsfaktoren der Beschleunigungsverlauf $a(t)$ bestimmt. Der derart ermittelte Beschleu-

nigungsverlauf $a(t)$ hat zwar nicht die Güte einer echten Beschleunigungsmessung, kann dieser aber durch entsprechende Wahl der Anpassungsfaktoren gut angenähert werden.

[0006] Das erfindungsgemäße Verfahren umfasst folgende Schritte. Für jede der Belastungsklassen K_i werden ein Kennwertintervall $[g_{i1}, g_{i2}]$ und ein Mustersignalverlauf $m_i(t)$ vorgegeben. Dabei entspricht g_{i1} der Untergrenze des Kennwertintervalls und g_{i2} der Obergrenze des Kennwertintervalls. Die einer Belastungsklasse K_i zuzuordnenden dynamischen mechanischen Belastungen werden somit durch das Kennwertintervall $[g_{i1}, g_{i2}]$ und den Mustersignalverlauf $m_i(t)$ definiert. Bevorzugt überlappen sich die i Kennwertintervalle $[g_{i1}, g_{i2}]$ nicht. Die Kennwertintervalle können weiterhin selbstverständlich auch n -dimensionale Kennwerte K_{in} , bspw. für n verschiedene Richtungen (bspw. für $n = 3$: x -, y -, oder z -Richtung) enthalten, d. h. das Kennwertintervall ist dann definiert durch: $[g_{i1n}, g_{i2n}]$. Gleiches gilt für den Mustersignalverlauf $m_i(t)$, der ebenfalls n -dimensional sein kann, d. h. bspw. eine Anzahl von n Mustersignalverläufe: $m_{in}(t)$ umfasst.

[0007] Weiterhin wird erfindungsgemäß auf Basis des für einen vorgebbaren Zeitabschnitt $[t_1, t_2]$ vom Sensorsystem erfassten Signalverlaufs $a(t_1, t_2)$ ein Kennwert $G(a(t_1, t_2))$ ermittelt. Im Fall, dass der Signalverlauf n -dimensional ist: $a_n(t_1, t_2)$, ist der ermittelte Kennwert natürlich ebenfalls n -dimensional: $G_n(a(t_1, t_2))$. Der vom Sensor erfasste Signalverlauf $a(t)$ kann somit als Abfolge von zeitlich benachbarten Signalverläufen $a(t_1, t_2)_n$ bzw. Zeitbereichen $[t_1, t_2]_n$ mit $n = 1, 2, \dots$ aufgefasst werden.

[0008] Für die erfassten Signalverläufe $a(t_1, t_2)_n$ weisen die zugehörigen Zeitabschnitte $[t_1, t_2]_n$ bevorzugt eine konstante Länge im Bereich von 0,1 bis 60 s, von < 5 s, < 1 s, insbesondere von $\leq 0,5$ s auf. Dabei gibt t_1 den Anfang des jeweiligen Zeitabschnitts $[t_1, t_2]_n$ und t_2 das Ende des Zeitabschnitts $[t_1, t_2]_n$ an. Die Zeitabschnittslänge $t_2 - t_1$ wird bevorzugt derart gewählt, dass jedes interessierende dynamisch mechanische Belastungsereignis darin vollständig abgebildet werden kann. Beispielsweise ist zur Abbildung des Ereignisses „Überfahren eines Schlaglochs“ bzw. „Überfahren einer Fahrbahnschwelle“ bzw. „Überfahren eines Bahnübergangs“ eine Zeitabschnittslänge von 0,5 s ausreichend. Die weiteren Ausführungen beschäftigen sich ohne Einschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens mit der Auswertung eines Signalverlaufs $a(t_1, t_2)$. Eine Übertragung auf andere Zeitintervalle $a(t_1, t_2)_n$ einer Zeitreihe $a(t)$ ist problemlos möglich.

[0009] Zur Kennwertermittlung werden bevorzugt Verfahren verwendet, die Eigenarten bzw. signalspezifische Charakteristika des erfassten Signalverlaufs $a(t_1, t_2)$ hervorheben bzw. ein besonderes Gewicht

verleihen, um so eine möglichst eindeutige Klassifizierung (Zuordnung) des erfassten Signalverlaufs oder eines darin enthaltenen Abschnitts zu den vorgegebenen Belastungsklassen K_i zu ermöglichen.

[0010] Bevorzugt wird der Kennwert $G(a(t_1, t_2))$ derart ermittelt, dass erstens alle Werte des Signalverlaufs $a(t_1, t_2)$ mit einem geraden Exponenten potenziert werden (dies hat die positiven Effekte: die Polarität des Signalverlaufs braucht nicht berücksichtigt zu werden, sehr kleine Amplituden werden unterdrückt, relevante Amplituden werden hervorgehoben, und optisch unterscheiden sich beide Kurven jetzt deutlicher als zuvor), dass zweitens der dadurch als Ergebnis erzeugte potenzierte Signalverlauf $a^p(t_1, t_2)$ mittels einer Integraltransformation transformiert wird, und dass drittens alle Werte des transformierten Signalverlaufs $a^p(t_1, t_2)$ über die Zeit integriert oder summiert werden. Dieses Verfahren eliminiert insbesondere einen Einfluss der Fahrzeuggeschwindigkeit und der Fahrzeugmasse auf das Erkennen bzw. das Klassifizieren der dynamischen Belastungen. Als Integraltransformation wird bevorzugt eine Fouriertransformation benutzt.

[0011] Nachdem auf Basis des Signalverlaufs $a(t_1, t_2)$ der Kennwert $G(a(t_1, t_2))$ ermittelt wurde, werden erfindungsgemäß diejenigen Belastungsklassen K_{iG} aus den Belastungsklassen K_i ermittelt, deren Kennwertintervalle $[g_{i1}, g_{i2}]$ den Kennwert $G(a(t_1, t_2))$ enthalten. Hierbei gibt es grundsätzlich folgende Fälle:

A) der ermittelte Kennwert $G(a(t_1, t_2))$ liegt in keinem Kennwertintervall $[g_{i1}, g_{i2}]$ der Belastungsklassen K_i .

B) der ermittelte Kennwert $G(a(t_1, t_2))$ liegt in dem Kennwertintervall $[g_{i1}, g_{i2}]$ einer einzigen Belastungsklasse K_{iG} .

C) der ermittelte Kennwert $G(a(t_1, t_2))$ liegt in zwei oder mehreren Kennwertintervallen $[g_{i1}, g_{i2}]$ der Belastungsklassen K_{iG} . Der Fall C) tritt nur ein, wenn sich die Kennwertintervalle $[g_{i1}, g_{i2}]$ der Belastungsklassen teilweise überschneiden.

[0012] Weiterhin wird erfindungsgemäß eine jeweilige Ähnlichkeit zwischen dem Signalverlauf $a(t_1, t_2)$ oder einem daraus abgeleiteten Wertverlauf und den Mustersignalverläufen $m_i(t)$ der Belastungsklassen K_{iG} ermittelt. Bevorzugt wird hierzu ein normierter Signalverlauf $a(t_1, t_2)$ mit normierten Mustersignalverläufen $m_i(t)$ verglichen. Das Ermitteln der Ähnlichkeit erfolgt bevorzugt lediglich für die vorstehend angegebenen Fälle B) und C). Diese Ähnlichkeit wird bevorzugt mittels Kreuzkorrelation oder mittels eines Mustererkennungsverfahrens ermittelt. Dem Fachmann sind hierzu Verfahren aus dem Stand der Technik bekannt. Schließlich wird für den Signalverlauf $a(t_1, t_2)$ eine dynamische mechanische Belastung einer Belastungsklasse K_{iG} erfindungsgemäß dann erkannt, wenn für die ermittelte Ähnlichkeit eine oder mehrere vorgegebene Bedingungen erfüllt sind. Die vorge-

gebenen Bedingung/en der vorstehenden Klassifizierung des Signalverlaufs $a(t_1, t_2)$ richten sich grundsätzlich nach der Aufgabenstellung und ggf. weiteren Anforderungen der konkreten Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens und können vom Fachmann entsprechend vorgegeben werden.

[0013] Liegt der vorstehend aufgeführte Fall B) vor, so wird eine dynamische mechanische Belastung der einen Belastungsklasse K_{iG} nur dann positiv erkannt, wenn die Ähnlichkeit von Signalverlauf $a(t_1, t_2)$ oder einem daraus abgeleiteten Wertverlauf und dem dazugehörigen Mustersignalverlauf $m_i(t)$ der einen Belastungsklasse K_{iG} den vorgegebenen Bedingungen genügt.

[0014] Liegt der vorstehend aufgeführte Fall C) vor, d. h. liegt der ermittelte Kennwert $G(a(t_1, t_2))$ in zwei oder mehreren Kennwertintervallen $[g_{i1}, g_{i2}]$ der Belastungsklassen K_{iG} , so wird die Ähnlichkeitsermittlung für diese zwei oder mehreren Belastungsklassen K_{iG} durchgeführt, wobei eine dynamische mechanische Belastung einer der Belastungsklassen K_{iG} dann positiv erkannt wird, wenn für die jeweils ermittelte zugehörige Ähnlichkeit eine oder mehrere vorgegebene Bedingungen erfüllt ist/sind. Dabei gibt es grundsätzlich folgende Fälle:

- a) Keine der für die Belastungsklassen K_{iG} ermittelten Ähnlichkeiten erfüllt die vorgegebenen Bedingungen. In diesem Fall wird im Signalverlauf $a(t_1, t_2)$ keine dynamische mechanische Belastung einer Belastungsklasse K_{iG} positiv erkannt.
- b) Eine einzige ermittelte Ähnlichkeit für eine Belastungsklasse K_{iG} erfüllt die vorgegebenen Bedingungen. In diesem Fall wird eine dynamische mechanische Belastung dieser Belastungsklasse K_{iG} positiv erkannt.
- c) Zwei oder mehr ermittelte Ähnlichkeiten für die zwei oder mehreren Belastungsklassen K_{iG} erfüllen die vorgegebenen Bedingungen. In diesem Fall wird bevorzugt entweder:
 - c1) dem Signalverlauf $a(t_1, t_2)$ eine Kennung zugeordnet, die auf eine nicht eindeutige Klassifizierung hinweist,
 - c2) ein weiterer Auswerteschritt(-algorithmus) genutzt, um eine eindeutige Klassifizierung, d. h. einer Zuordnung des Signalverlaufs $a(t_1, t_2)$ zu einer einzigen Belastungsklasse, zu ermöglichen, oder
 - c3) dem Signalverlauf $a(t_1, t_2)$ alle Belastungsklassen K_{iG} zugewiesen.

[0015] Das erfindungsgemäße Verfahren benutzt damit zum Erkennen einer dynamischen mechanischen Belastung einer der Belastungsklassen K_{iG} des Fahrzeugs eine Kombination aus einer Kennwertberechnung und einer Mustererkennung bzw. einer Ähnlichkeitsermittlung.

[0016] In einer bevorzugten Weiterbildung des Verfahrens wird die Ähnlichkeit jeweils als Ähnlichkeits-

wert w_{iG} ermittelt, der mit zunehmender Ähnlichkeit von Signalverlauf $a(t_1, t_2)$ oder einem daraus abgeleiteten Wertverlauf und den Mustersignalverläufen $m_i(t)$ der Belastungsklassen K_{iG} positiv korreliert ist, d. h. mit zunehmender Ähnlichkeit nimmt der Ähnlichkeitswert w_{iG} zu. In diesem Fall wird eine dynamische mechanische Belastung derjenigen Belastungsklasse K_{iG} erkannt, wenn der zugehörige Ähnlichkeitswert w_{iG} maximal und/oder größer oder gleich in einem vorgegebenen Wert c ist.

[0017] In einer besonders bevorzugten Weiterbildung des Verfahrens werden die dynamischen mechanischen Belastungen des Fahrzeugs beim Überfahren von Fahrbahnunebenheiten einer Anzahl i vorgegebener Belastungsklassen K_i beim Fahrbetrieb eines Fahrzeugs erkannt. Bevorzugt ist dabei der Signalverlauf $a(t)$ ein Verlauf einer Vertikalbeschleunigung $a_v(t)$. In diesem Fall repräsentiert eine erste Belastungsklasse K_1 der Belastungsklassen K_i Schlaglöcher und/oder eine zweite Belastungsklasse K_2 der Belastungsklassen K_i Straßenschwellen und/oder eine dritte Belastungsklasse K_3 der Belastungsklassen K_i Bahnübergänge.

[0018] Eine weitere besonders bevorzugte Weiterbildung des Verfahrens zeichnet sich dadurch aus, dass das Fahrzeug einen Ringspeicher und einen Datenspeicher umfasst, der Signalverlauf $a(t_1, t_2)$ für den Zeitabschnitt $[t_1, t_2]$ im Ringspeicher gespeichert ist, und im Fall, dass für den Signalverlauf $a(t_1, t_2)$ eine dynamische mechanische Belastung einer der Belastungsklassen K_{iG} positiv erkannt ist, ein Speichern des Signalverlaufs $a(t_1, t_2)$ im Datenspeicher erfolgt. Dadurch werden im Datenspeicher nur die Zeitabschnitte $[t_1, t_2]$ des Signalverlaufs $a(t_1, t_2)$ oder eines daraus abgeleiteten Wertverlaufs gespeichert, für die eine dynamische mechanische Belastung positiv erkannt wurde. Alle anderen Signalverläufe $a(t_1, t_2)$ oder Ausschnitte daraus werden hingegen nicht gespeichert. Damit wird die für eine weitergehende spätere Auswertung erforderliche zu speichernde Datenmenge erheblich reduziert, so dass diese Verfahrensvariante auch im Kundenbetrieb unproblematisch anwendbar ist.

[0019] Eine weitere besonders bevorzugte Weiterbildung des Verfahrens zeichnet sich dadurch aus, dass beim Speichern des Signalverlaufs $a(t_1, t_2)$ im Datenspeicher weitere Daten, wie bspw. eine aktuelle Uhrzeit, eine aktuelle Position des Fahrzeugs, Daten zur Identifikation des Fahrers, oder aktuelle Fahrzeugszustandsgrößen gespeichert werden. Der Umfang und die Auswahl der zu speichernden weiteren Daten kann je nach Anforderung und Aufgabenstellung beliebig ergänzt oder verändert werden. Durch diese Zusatzinformationen kann bspw. ein örtlicher und zeitlicher Bezug eines im Datenspeicher gespeicherten Belastungsereignisses hergestellt werden.

[0020] Ein zweiter Aspekt der Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Erkennen von dynamischen mechanischen Belastungen einer Anzahl i vorgegebener Belastungsklassen K_i beim Fahrbetrieb eines Fahrzeugs, mit zumindest einem Sensorsystem, mit dem während des Fahrbetriebs ein Signalverlauf $a(t)$ erfassbar ist, einer Speichereinheit und einer Auswertereinheit. Erfindungsgemäß ist die Speichereinheit derart ausgeführt und eingerichtet, dass der für einen vorgebbaren Zeitabschnitt $[t_1, t_2]$ vom Sensorsystem erfasste Signalverlauf $a(t_1, t_2)$ speicherbar und der Auswertereinheit bereitstellbar ist. Weiterhin ist die Auswertereinheit derart ausgeführt und eingerichtet, dass für jede der Belastungsklassen K_i ein Kennwertintervall $[g_{i1}, g_{i2}]$ und ein Mustersignalverlauf $m_i(t)$ vorgegebbar sind, auf Basis des Signalverlaufs $a(t_1, t_2)$ ein Kennwert $G(a(t_1, t_2))$ ermittelbar ist, diejenigen Belastungsklassen K_{iG} der Belastungsklassen K_i ermittelbar sind, deren Kennwertintervalle $[g_{i1}, g_{i2}]$ den Kennwert $G(a(t_1, t_2))$ enthalten, und eine jeweilige Ähnlichkeit zwischen dem Signalverlauf $a(t_1, t_2)$ oder einem daraus abgeleiteten Wertverlauf und den Mustersignalverläufen $m_i(t)$ der Belastungsklassen K_{iG} ermittelbar ist, wobei für den Signalverlauf $a(t_1, t_2)$ eine dynamische Belastung derjenigen Belastungsklasse K_{iG} erkannt wird, für die ermittelte Ähnlichkeit eine oder mehrere vorgegebene Bedingungen erfüllt.

[0021] Die Ausführungen und vorteilhaften Weiterbildungen des vorstehend beschriebenen erfindungsgemäßen Verfahrens sind sinngemäß auch auf die erfindungsgemäße Vorrichtung übertragbar. Auf die genannten Ausführungen zum Verfahren wird hiermit verwiesen.

[0022] Ein dritter Aspekt der Erfindung betrifft ein Fahrzeug mit einer vorstehend beschriebenen Vorrichtung zum Erkennen von dynamischen mechanischen Belastungen einer Anzahl i vorgegebener Belastungsklassen K_i beim Fahrbetrieb eines Fahrzeugs.

[0023] Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung in Verbindung mit der Figur. Das dabei beschriebene Ausführungsbeispiel stellt die Erfindung, ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens, anhand einer Anwendung zur Erkennung von dynamischen mechanischen Belastungen dar, die durch ein Überfahren von Schlaglöchern, Fahrbahnsschwellen und Bahnübergängen hervorgerufen werden. Beschriebene Merkmale bilden für sich oder in beliebiger, sinnvoller Kombination den Gegenstand der Erfindung, gegebenenfalls auch unabhängig von den Ansprüchen, und können insbesondere zusätzlich auch Gegenstand einer oder mehrerer separaten Anmeldung/en sein.

[0024] Es zeigt:

[0025] [Fig. 1](#) einen schematischen Verfahrensablauf eines Ausführungsbeispiels.

[0026] Die Schlaglochdurchfahrt und die Schwellenüberfahrt gehören im Normalbetrieb eines Fahrzeugs typischerweise ab einer Fahrgeschwindigkeit von > 40 km/h zu den wichtigsten dynamischen mechanischen Belastungen und werden im Folgenden als „Sonderereignisse“ bezeichnet. Diese beiden Sonderereignisse sind in ihrer Erscheinungsform sehr identisch, so dass eine sichere Unterscheidung, vor allem während des Fahrbetriebs, nur mit erheblichem Aufwand möglich ist. Das vorliegend verwendete Sensorsystem umfasst einen Vertikal-Beschleunigungssensor und erfasst einen Vertikalbeschleunigungssignalverlauf $a_v(t)$. Die vom Vertikal-Beschleunigungssensor erfasste Zeitreihe besteht vorliegend aus aufeinanderfolgenden Vertikalbeschleunigungssignalverläufen $a_v(t_1, t_2)_n$ mit einer konstanten Zeitdauer $t_2 - t_1$ von jeweils einer halben Sekunde (0,5 s).

[0027] Mit dem Verfahren des vorliegenden Ausführungsbeispiels können Sonderereignisse in den erfassten Vertikalbeschleunigungssignalverläufen $a_v(t_1, t_2)$, erkannt und klassifiziert werden. Nachdem Erkennen eines Sonderereignisses kann weiterhin kurzzeitig eine Datenaufzeichnung gestartet werden, die nur den dem Sonderereignis zugeordneten Vertikalbeschleunigungssignalverlauf $a_v(t_1, t_2)_n$ oder einen daraus abgeleiteten Wertverlauf speichert. Insbesondere ist das erfindungsgemäße Verfahren zum Erkennen der Sonderereignisse von der Fahrzeug-Gesamtmasse unabhängig, von der Fahrzeug-Geschwindigkeit unabhängig, weitgehend nicht an ein bestimmtes Fahrzeug-Modell gebunden, und erfordert keinen großen technischen Implementierungsaufwand.

[0028] [Fig. 1](#) zeigt einen schematischen Verfahrensablauf des Ausführungsbeispiels. Das Verfahren zum Erkennen eines Sonderereignisses der drei Belastungsklassen K_i ($K_1 =$ Überfahren eines Schlaglochs, $K_2 =$ Überfahren einer Fahrbahnsschwelle, $K_3 =$ Überfahren eines Bahnübergangs) beim Fahrbetrieb eines Fahrzeugs, das zumindest ein Sensorsystem aufweist, mit dem während des Fahrbetriebs ein Vertikalbeschleunigungssignalverlauf $a_v(t)$ erfasst wird, umfasst folgende Schritte. Für jede der drei Belastungsklassen K_i wird ein Kennwertintervall $[g_{i1}, g_{i2}]$ und ein Mustersignalverlauf $m_i(t)$, mit $i = 1, 2, 3$ vorgegeben. Auf Basis des für einen Zeitabschnitt $[t_1, t_2]$, mit $t_2 - t_1 = 0,5$ s, erfassten Vertikalbeschleunigungssignalverlaufs $a_v(t_1, t_2)$ wird in Schritt **101** ein Kennwert $G(a(t_1, t_2))$ ermittelt. Dies erfolgt derart, dass alle Werte des Vertikalbeschleunigungssignalverlaufs $a_v(t_1, t_2)$ quadriert werden, der dadurch als Ergebnis erzeugte potenzierte Vertikalbeschleunigungssignalverlauf $a_v^p(t_1, t_2)$ mittels einer schnellen Fouriertransformation (engl. „Fast Fourier Transformation, FFT“) transformiert wird, und alle Werte des transformierten

Vertikalbeschleunigungssignalverlaufs $a^p_v(t_1, t_2)$ über die Zeit integriert werden. Weiterhin werden in Schritt **102** diejenigen Belastungsklassen K_{iG} aus den drei Belastungsklassen K_i ermittelt, deren Kennwertintervalle $[g_{i1}, g_{i2}]$ den Kennwert $G(a(t_1, t_2))$ enthalten. Es sei dabei vorliegend unterstellt, dass der ermittelte Kennwert $G(a(t_1, t_2))$ in allen drei Kennwertintervallen K_{iG} enthalten ist, so dass auf Basis des Ermittelten Kennwertes keine eindeutige Klassifizierung des Vertikalbeschleunigungssignalverlaufs $a(t_1, t_2)$ möglich ist. Dies ist nur deshalb möglich da sich vorliegend die Kennwertintervalle $[g_{i1}, g_{i2}]$ überlappen und der ermittelte Kennwert $G(a(t_1, t_2))$ im Überlappungsbereich aller drei Kennwertintervall liegt.

[0029] Anschließend wird in Schritt **103** jeweils eine Ähnlichkeit zwischen dem Vertikalbeschleunigungssignalverlauf $a_v(t_1, t_2)$ und den Mustersignalverläufen $m_i(t)$ der drei Belastungsklassen K_{iG} als Ähnlichkeitswert w_{iG} ermittelt. Für den Vertikalbeschleunigungssignalverlauf $a_v(t_1, t_2)$ wird in Schritt **104** ein Sonderereignis einer der drei Belastungsklassen K_{iG} dann positiv erkannt, wenn der zugehörige Ähnlichkeitswert w_{iG} maximal (in Bezug auf die restlichen zwei Ähnlichkeitswerte) und größer oder gleich einem vorgegebenen Wert c ist.

[0030] In [Fig. 1](#) sind die zur Durchführung des Verfahrens bzw. eines Verfahrensschrittes erforderlichen, bereitgestellten Daten und Informationen: $a(t_1, t_2)$, $K1: [g_{11}, g_{12}]$, $K2: [g_{21}, g_{22}]$, $K3: [g_{31}, g_{32}]$, $m_1(t)$, $m_2(t)$, $m_3(t)$, und c in der strichlierten Box zusammengefasst. Das erfindungsgemäße Verfahren kann dabei im Online- oder im Offline-Betrieb genutzt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Erkennen dynamischer mechanischer Belastungen einer Anzahl i vorgegebener Belastungsklassen K_i beim Fahrbetrieb eines Fahrzeugs, das zumindest ein Sensorsystem aufweist, mit dem während des Fahrbetriebs zumindest ein Signalverlauf $a(t)$ erfasst wird, umfassend folgende Schritte:
 – für jede der Belastungsklassen K_i Vorgeben eines Kennwertintervalls $[g_{i1}, g_{i2}]$ und eines Mustersignalverlaufs $m_i(t)$,
 – auf Basis des für einen vorgebbaren Zeitabschnitt $[t_1, t_2]$ erfassten Signalverlaufs $a(t_1, t_2)$ Ermitteln eines Kennwertes $G(a(t_1, t_2))$,
 – Ermitteln derjenigen Belastungsklassen K_{iG} aus den Belastungsklassen K_i , deren Kennwertintervalle $[g_{i1}, g_{i2}]$ den Kennwert $G(a(t_1, t_2))$ enthalten, und
 – Ermitteln einer jeweiligen Ähnlichkeit zwischen dem Signalverlauf $a(t_1, t_2)$ oder einem daraus abgeleiteten Wertverlauf und den Mustersignalverläufen $m_i(t)$ der Belastungsklassen K_{iG} , wobei für den Signalverlauf $a(t_1, t_2)$ eine dynamische Belastung einer Belastungsklasse K_{iG} erkannt wird, wenn die ermittelte Ähnlich-

keit eine oder mehrere vorgegebene Bedingungen erfüllt.

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Ähnlichkeit jeweils als Ähnlichkeitswert w_{iG} ermittelt wird, der mit zunehmender Ähnlichkeit positiv korreliert ist, und eine dynamische Belastung derjenigen Belastungsklasse K_{iG} positiv erkannt wird, für die der zugehörige Ähnlichkeitswert w_{iG} maximal und/oder größer oder gleich in einem vorgegebenen Wert c ist.

3. Verfahren gemäß Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Kennwert $G(a(t_1, t_2))$ derart ermittelt wird, dass
 – alle Werte des Signalverlaufs $a(t_1, t_2)$ mit einem geraden Exponenten potenziert werden,
 – der dadurch als Ergebnis erzeugte potenzierte Signalverlauf $a^p(t_1, t_2)$ mittels einer Integraltransformation transformiert wird, und
 – alle Werte des transformierten Signalverlaufs $a^p(t_1, t_2)$ über die Zeit integriert oder summiert werden.

4. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Integraltransformation eine Fouriertransformation ist.

5. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Ähnlichkeit mittels Kreuzkorrelation oder mittels eines Mustererkennungsverfahrens ermittelt wird.

6. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass
 – das Fahrzeug einen Ringspeicher und einen Datenspeicher umfasst,
 – der Signalverlauf $a(t_1, t_2)$ für den Zeitabschnitt $[t_1, t_2]$ im Ringspeicher gespeichert ist, und
 – im Fall, dass für den Signalverlauf $a(t_1, t_2)$ eine dynamische mechanische Belastung einer Belastungsklasse K_{iG} positiv erkannt wird, ein Speichern des Signalverlaufs $a(t_1, t_2)$ im Datenspeicher erfolgt.

7. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Zeitabschnitt $[t_1, t_2]$ eine konstante Länge von 0,1 bis zu 60 s aufweist.

8. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass beim Speichern des Signalverlaufs $a(t_1, t_2)$ im Datenspeicher weitere Daten, wie bspw. eine aktuelle Uhrzeit, eine aktuelle Position des Fahrzeugs, Daten zur Identifikation des Fahrers, oder aktuelle Fahrzeugszustandsgrößen gespeichert werden.

9. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass sich der erfasste Signalverlauf $a(t)$ auf Basis einer zeitlichen Ableitung eines Winkelgeschwindigkeitsverlaufs $\omega(t)$ eines Rades des Fahrzeugs ergibt.

10. Vorrichtung zum Erkennen von dynamischen mechanischen Belastungen einer Anzahl i vorgegebener Belastungsklassen K_i beim Fahrbetrieb eines Fahrzeugs, mit zumindest einem Sensorsystem, mit dem während des Fahrbetriebs ein Signalverlauf $a(t)$ erfassbar ist, einer Speichereinheit und einer Auswerteeinheit, wobei

- die Speichereinheit derart ausgeführt und eingerichtet ist, dass der für einen vorgebbaren Zeitabschnitt $[t_1, t_2]$ vom Sensorsystem erfasste Signalverlauf $a(t_1, t_2)$ speicherbar und der Auswerteeinheit bereitstellbar ist, und
- die Auswerteeinheit derart ausgeführt und eingerichtet ist, dass
- für jede der Belastungsklassen K_i ein Kennwertintervall $[g_{i1}, g_{i2}]$ und ein Mustersignalverlauf $m_i(t)$ vorgebar sind,
- auf Basis des Signalverlaufs $a(t_1, t_2)$ ein Kennwert $G(a(t_1, t_2))$ ermittelbar ist,
- diejenigen Belastungsklassen K_{iG} der Belastungsklassen K_i ermittelbar sind, deren Kennwertintervalle $[g_{i1}, g_{i2}]$ den Kennwert $G(a(t_1, t_2))$ enthalten, und
- eine jeweilige Ähnlichkeit zwischen dem Signalverlauf $a(t_1, t_2)$ oder einem daraus abgeleiteten Wertverlauf und den Mustersignalverläufen $m_i(t)$ der Belastungsklassen K_{iG} ermittelbar ist, wobei für den Signalverlauf $a(t_1, t_2)$ eine dynamische Belastung derjenigen Belastungsklasse K_{iG} erkannt wird, für die ermittelte Ähnlichkeit eine oder mehrere vorgegebene Bedingungen erfüllt.

11. Fahrzeug mit einer Vorrichtung gemäß Anspruch 10.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

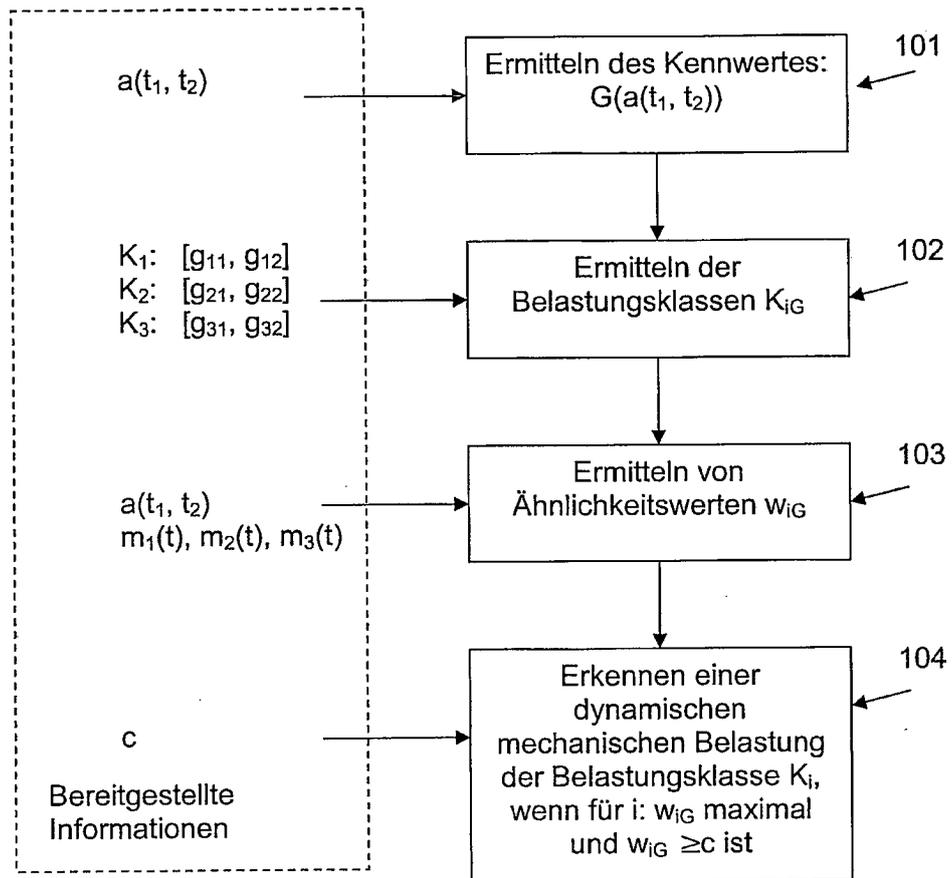


Fig. 1