

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50802/2018 (51) Int. Cl.: **G05B 9/02** (2006.01)
(22) Anmeldetag: 20.09.2018 **G01M 17/08** (2006.01)
(45) Veröffentlicht am: 15.02.2023 **B61K 13/00** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
DE 19836081 A1
DE 10062602 A1
NGIGI R. W. et al.: "Modern Techniques for Condition Monitoring of Railway Vehicle Dynamics", Journal of Physics Conference Series, 364 (2012), DOI:10.1088/1742-6596/364/1/012016

(73) Patentinhaber:
Siemens Mobility Austria GmbH
1210 Wien (AT)

(72) Erfinder:
Dejaco Daniela
8020 Graz (AT)
Girstmair Bernhard Lukas
8010 Graz (AT)
Grabner Gerald Dr.
8010 Graz (AT)
Haigermoser Andreas Dr.
8455 Oberhaag (AT)
Simon Johannes
8043 Graz (AT)

(74) Vertreter:
Peham Alois Dipl.Ing.
1210 Wien (AT)

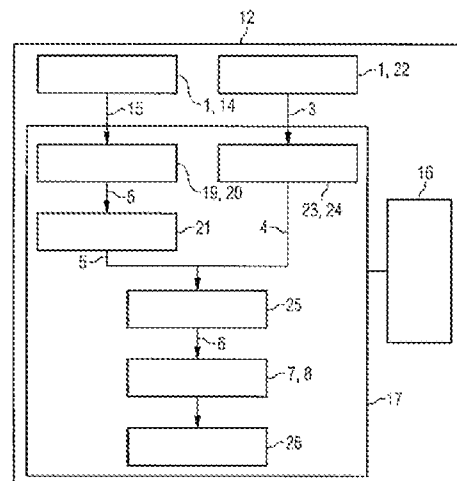
(54) Verfahren zur Diagnose und Überwachung von Fahrzeugkomponenten

(57) Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Diagnose und Überwachung von Fahrzeugkomponenten, wobei mittels zumindest eines ersten Sensors (1) eine physikalische Größe an zumindest einem Fahrzeug gemessen wird sowie entsprechende Signale aufgezeichnet werden und wobei mittels zumindest einer Recheneinheit eine Signalverarbeitung sowie eine Signalauswertung erfolgt.

Um vorteilhafte Verfahrensbedingungen zu erzielen, wird vorgeschlagen,

dass aus den Signalen Eigenschaftswerte gebildet werden, die Eigenschaftswerte auf zumindest einen ersten Referenzwert (5) normiert werden, wobei Detektionswerte gebildet werden und mittels Vergleichs (7) der Detektionswerte oder eines aus den Detektionswerten abgeleiteten statistischen Detektionsparameters mit zumindest einem statistischen Modellparameter ein kritischer Zustand, eine Störung oder ein Schaden zumindest einer Fahrzeugkomponente detektiert wird.

Dadurch wird eine besonders sichere und effiziente Erkennung von kritischen Zuständen, Störungen oder Schäden ermöglicht.



Beschreibung

VERFAHREN ZUR DIAGNOSE UND ÜBERWACHUNG VON FAHRZEUGKOMPONENTEN

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Diagnose und Überwachung von Fahrzeugkomponenten, insbesondere für Schienenfahrzeuge, wobei mittels zumindest eines ersten Sensors eine physikalische Größe an zumindest einem Fahrzeug gemessen wird sowie entsprechende Signale aufgezeichnet werden und wobei mittels zumindest einer Recheneinheit eine Signalverarbeitung sowie eine Signalauswertung erfolgt, wobei aus den Signalen Eigenschaftswerte gebildet werden.

[0002] Fahrzeuge, insbesondere Schienenfahrzeuge, müssen eine hohe Fahrsicherheit aufweisen. Eine genaue Einschätzung und Vorhersage von technischen Zuständen von Fahrzeugen, Fahrwerken und weiteren Fahrzeugkomponenten ist daher wichtig.

Weiterhin bedeutend ist eine effektive und effiziente Wartung und Instandhaltung der Fahrzeuge und der Fahrzeugkomponenten. Bei einer Beurteilung der technischen Zustände von Fahrzeugen ist eine genaue Unterscheidbarkeit von Einflüssen des Fahrzeugs selbst bzw. einer Fahrzeugkomponente und Streckeneinflüssen erforderlich. Streckeneinflüsse können aufgrund von Gleislagefehlern und speziellen Trassierungseigenschaften eine hohe Varianz aufweisen. Veränderte Fahrzeugreaktionen, beispielsweise aufgrund einer fehlerhaften Fahrzeugkomponente, sind daher in einer computergestützten Auswertung kaum von Streckeneinflüssen unterscheidbar.

[0003] Aus dem Stand der Technik ist die DE 101 63 148 A1 bekannt, welche ein Überwachungs- und Diagnoseverfahren für ein Schienenfahrzeug zeigt, wobei Betriebsparameter des Schienenfahrzeugs erfasst und zur Charakterisierung eines Fahrverhaltens des Schienenfahrzeugs die Betriebsparameter einer Überwachungshierarchie zugeführt werden.

[0004] Weiterhin zeigt die JP 2017-90367 A eine Diagnosevorrichtung für Fahrzeuge. Es ist ein Sensor vorgesehen, über den abnorme Zustände einer Primärfeder erkannt werden können. Eine Detektion derartiger Zustände erfolgt über Auswertung eines Schwingverhaltens der Primärfeder. Dieser Ansatz weist in seiner bekannten Form den Nachteil auf, dass strecken- oder fahrbahnbedingte Reaktionen der Primärfeder (z.B. aufgrund starker Unebenheiten von Strecken oder Fahrbahnen) kaum von Reaktionen, welche auf kleine Fehler der Primärfeder (z.B. Montageungenauigkeiten) zurückzuführen sind, unterschieden werden können.

[0005] Ferner offenbart die DE 198 36 081 A1 ein Verfahren zur Detektion von Schäden an einem Schienenfahrzeug, wobei ein Schwingungsverhalten von Fahrzeugkomponenten ortsbezogen erfasst wird und, wiederum ortsabhängig, mit geschwindigkeitsbezogenen Referenzwerten verglichen wird. Die Referenzwerte können geschwindigkeitsabhängig normiert sein. Eine Detektion von Schäden erfolgt anhand von ortsabhängigen Abweichungen zwischen aktuell erfassten Werten und entsprechenden Referenzwerten.

[0006] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein gegenüber dem Stand der Technik weiterentwickeltes Verfahren anzugeben, welches eine besonders genaue und zugleich effiziente Diagnose und Überwachung einer Fahrzeugkomponente ermöglicht.

[0007] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst mit einem Verfahren der eingangs genannten Art,

bei dem die Eigenschaftswerte auf zumindest einen, zu einem früheren Zeitpunkt als die Eigenschaftswerte gebildeten, auf der physikalischen Größe basierenden ersten Referenzwert normiert werden, wobei Detektionswerte gebildet werden und mittels Vergleichs der Detektionswerte oder eines aus den Detektionswerten abgeleiteten statistischen Detektionsparameters mit zumindest einem statistischen Modellparameter ein kritischer Zustand, eine Störung oder ein Schaden zumindest einer Fahrzeugkomponente detektiert wird. Durch einen Normierungsschritt wird eine in einem nachgeordneten Verfahrensschritt durchgeführte Diagnose oder Überwachung sicherer und effizienter, da die Detektionswerte eine geringere Varianz als die Eigenschaftswerte aufweisen. Die Detektionswerte weisen eine hohe Aussagequalität auf. Gibt der erste Referenzwert beispielsweise ein nominales, fehlerfreies Verhalten der Fahrzeugkomponente an und die Detek-

tionswerte ein reales Verhalten, so sind entsprechende Verhaltensmuster aufgrund des Normierungsschritts klar voneinander unterscheidbar. Bei einer Klassifizierung der Detektionswerte im Hinblick auf einen fehlerhaften oder fehlerfreien Zustand wird eine geringe Fehlerrate erzielt. Somit wird eine hohe technische Prozesssicherheit erzielt. Der erste Referenzwert kann beispielsweise ein Erwartungswert mit definierter Standardabweichung für eine Vertikalbeschleunigung eines Wagenkastens sein. Es ist jedoch auch möglich, die Eigenschaftswerte beispielsweise auf eine mittlere Standardabweichung etc. zu normieren. Vertikalbeschleunigungsinformationen werden mittels Beschleunigungsmessungen über einen oder mehrere Beschleunigungssensoren bestimmt. Für die Eigenschaftswerte und den ersten Referenzwert können neben Vertikalbeschleunigungsinformationen jedoch auch Longitudinal- oder Lateralbeschleunigungsinformationen oder Informationen bezüglich anderer Größen, wie z.B. mittels über einen Geschwindigkeitssensor durchgeführter Geschwindigkeitsmessungen bestimmte Geschwindigkeitsinformationen, mittels über einen Distanzsensor durchgeführter Distanzmessungen bestimmte Distanzinformationen, mittels über einen Temperatursensor durchgeführter Temperaturmessungen bestimmte Temperaturinformationen oder mittels eines Lastsensors bestimmte Zuladungsinformationen etc., eingesetzt werden.

[0008] Es ist günstig, wenn der zumindest erste Referenzwert aus während einer Messfahrt des zumindest einen Fahrzeugs aufgezeichneten Referenzsignalen gebildet wird, wobei jene Fahrzeugkomponente, welche für eine Detektion eines kritischen Zustands, einer Störung oder eines Schadens vorgesehen ist, während der Messfahrt frei von kritischen Zuständen, von dieser Fahrzeugkomponente selbst stammenden Störungen und Schäden ist.

Durch diese Maßnahme wird ein Verhalten des Fahrzeugs bzw. der Fahrzeugkomponente realistisch nachgebildet bzw. wird ein erster Referenzwert bestimmt, welcher dieses Verhalten besonders genau wiedergibt.

Werden die Signale während eines Betriebseinsatzes des Fahrzeugs aufgezeichnet, aus den Signalen die Eigenschaftswerte gebildet und auf den mittels genannter Messfahrt bestimmten ersten Referenzwert normiert, so wird eine präzise Unterscheidbarkeit von Fehlerzuständen und fehlerfreien Zuständen der Fahrzeugkomponente (z.B. eines Dämpfers, einer Federvorrichtung oder eines Rads etc.) erzielt.

[0009] Eine günstige Lösung wird erreicht, wenn der zumindest erste Referenzwert mittels Fahrsimulation gebildet wird. Dadurch wird eine hohe Einsatzflexibilität des Fahrzeugs erzielt, da Messfahrten zur Bildung des ersten Referenzwerts nicht zwingend erforderlich sind.

[0010] Eine vorteilhafte Ausgestaltung erhält man, wenn der zumindest erste Referenzwert bezogen auf eine erste Fahrzeugkomponente gebildet wird und die Eigenschaftswerte bezogen auf eine zweite Fahrzeugkomponente gebildet werden. Beispielsweise kann der erste Referenzwert aus Bewegungen oder Temperaturen eines ersten Fahrwerks des Fahrzeugs und der erste Eigenschaftswert aus Bewegungen oder Temperaturen eines konstruktiv und funktional mit dem ersten Fahrwerk vergleichbaren zweiten Fahrwerks des Fahrzeugs aufgezeichnet werden. Hierdurch wird eine Funktionsteilung zwischen der ersten Fahrzeugkomponente und der zweiten Fahrzeugkomponente bezüglich einer Bestimmung von Referenzwerten und Eigenschaftswerten erzielt.

[0011] Es kann weiterhin auch günstig sein, wenn der zumindest erste Referenzwert bezogen auf ein erstes Fahrzeug gebildet wird und die Eigenschaftswerte bezogen auf ein zweites Fahrzeug gebildet werden.

Beispielsweise kann das erste Fahrzeug einen ersten Streckenabschnitt passieren, die Referenzsignale aufzeichnen, den ersten Referenzwert bilden und diesen für eine weitere Auswertung in einer Datenbank speichern.

Dabei ist es denkbar, die Referenzsignale mittels Funk direkt oder über leit- und sicherheitstechnische Einrichtungen (z.B. Balisen in einem Gleis) an das zweite Fahrzeug, welches den ersten Streckenabschnitt in Fahrtrichtung des ersten Fahrzeugs, jedoch zu einem späteren Zeitpunkt als das erste Fahrzeug passiert, zu übermitteln.

Durch diese Maßnahme kann auf eigene Messfahrten des zweiten Fahrzeugs zur Aufzeichnung der Referenzsignale und zur Bestimmung des ersten Referenzwerts verzichtet werden.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert.

[0012] Es zeigen beispielhaft:

[0013] Fig. 1: Ein Flussdiagramm einer ersten beispielhaften Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Verfahrens,

[0014] Fig. 2: Ein Flussdiagramm einer zweiten beispielhaften Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Verfahrens,

[0015] Fig. 3: Ein erstes Diagramm mit einer Verteilung von Eigenschaftswerten und Nominalwerten,

[0016] Fig. 4: Ein zweites Diagramm mit einer Verteilung von Detektionswerten, und

[0017] Fig. 5: Ein Streudiagramm mit Detektionswerten für Fehlerzustände und nominale Zustände einer Fahrzeugkomponente für drei Streckenabschnitte.

[0018] Eine in Fig. 1 schematisch, als Flussdiagramm dargestellte, beispielhafte erste Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen, teilweise computerimplementierten Verfahrens ist in einem als Schienenfahrzeug ausgeführten Fahrzeug mit einer als schematisch gezeigter erster Wagenkasten ausgeführten ersten Fahrzeugkomponente 12 implementiert. Das Fahrzeug weist weiterhin eine als Vertikaldämpfer ausgeführte dritte Fahrzeugkomponente auf. An der dritten Fahrzeugkomponente werden mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens kritische Zustände, Störungen und/oder Schäden detektiert. Erfindungsgemäß kann jedoch auch vorgesehen sein, dass kritische Zustände, Störungen und/oder Schäden weiterer Fahrzeugkomponenten (z.B. an der ersten Fahrzeugkomponente 12 selbst oder einer vierten Fahrzeugkomponente etc.) detektiert werden.

Die dritte Fahrzeugkomponente ist zwischen der ersten Fahrzeugkomponente 12 und einer als erstes Fahrwerk ausgeführten fünften Fahrzeugkomponente vorgesehen und mit der ersten Fahrzeugkomponente sowie der fünften Fahrzeugkomponente verbunden.

[0019] Auf der ersten Fahrzeugkomponente 12 ist ein mit einem nicht gezeigten Fahrzeug-Bordnetz verbundener erster Sensor 1 vorgesehen, der als piezoelektrischer Beschleunigungssensor ausgeführt ist und mit welchem Messungen einer physikalischen Größe, nämlich von Vertikalbeschleunigungen, welche ein Dämpfungsverhalten der dritten Fahrzeugkomponente wiedergeben, durchgeführt werden. Diese Messungen erfolgen laufend während eines Betriebseinsatzes und einer vor dem Betriebseinsatz durchgeführten Messfahrt des Fahrzeugs mit einer Frequenz von 10 Hz, wobei selbstverständlich auch geringere oder höhere Frequenzen denkbar sind.

Vor der Messfahrt wird die dritte Fahrzeugkomponente auf kritische Zustände, Störungen oder Schäden überprüft, um sicherzustellen, dass die dritte Fahrzeugkomponente frei von kritischen Zuständen, Störungen und Schäden ist, d.h. die zu messenden Vertikalbeschleunigungen frei von aus Fehlern der dritten Fahrzeugkomponente selbst stammenden Einflüssen sind. Während der Messfahrt über ein Gleis, welches Gleislagefehler und sonstige Störungen aufweisen kann, welche auf die dritte Fahrzeugkomponente wirken, werden aus Referenz-Messungen 14 ein erstes Referenzsignal 15 sowie weitere Referenzsignale (10 Referenzsignale je Sekunde) bezüglich der genannten physikalischen Größe aufgezeichnet, welche die gemessenen Vertikalbeschleunigungen beschreiben und welche mittels einer nicht gezeigten, in der ersten Fahrzeugkomponente 12 angeordneten, mit dem Fahrzeug-Bordnetz verbundenen, ersten Ortungsvorrichtung 16 erfassten Orten zugeordnet werden.

Der erste Sensor 1 und die erste Ortungsvorrichtung 16 sind zur Datenübertragung an eine in der ersten Fahrzeugkomponente 12 vorgesehene, mit dem Fahrzeug-Bordnetz verbundene erste Recheneinheit 17 mit dieser ersten Recheneinheit 17 verbunden.

Die erste Ortungsvorrichtung 16 ist als Global Positioning System (GPS) ausgebildet und zum Empfang von Lokalisierungssignalen mit einer nicht dargestellten, auf einem Dach der ersten Fahrzeugkomponente 12 angeordneten Antenne mit Sende- und Empfangseinheit verbunden. Die Antenne wird über deren Verbindung mit dem Fahrzeug-Bordnetz mit Elektrizität versorgt.

[0020] In der ersten Recheneinheit 17 erfolgt eine Referenz-Signalverarbeitung 19 sowie eine Referenz-Signalauswertung 20. Weiterhin ist eine Streckendatenbank in der ersten Recheneinheit 17 implementiert, über welche eine Zuordnung von mittels der ersten Ortungsvorrichtung 16 erfassten Orten zu Streckenabschnitten erfolgt. Beispielsweise werden ein erster Ort einem ersten Streckenabschnitt 9 sowie weitere Orte dem ersten Streckenabschnitt 9, einem zweiten Streckenabschnitt 10 und einem dritten Streckenabschnitt 11, welche in Fig. 5 gezeigt sind, zugeordnet. Erfindungsgemäß ist es natürlich vorstellbar, mehr Streckenabschnitte als den ersten Streckenabschnitt 9, den zweiten Streckenabschnitt 10 und den dritten Streckenabschnitt 11 vorzusehen. Der erste Streckenabschnitt 9, der zweite Streckenabschnitt 10 und der dritte Streckenabschnitt 11 weisen jeweils eine Länge von 50 m auf. Erfindungsgemäß sind jedoch auch kleinere oder größere Längen denkbar.

Über oben beschriebene Zuordnung von Referenzsignalen zu Orten wird das erste Referenzsignal 15 dem ersten Streckenabschnitt 9 sowie weitere Referenzsignale dem ersten Streckenabschnitt 9, dem zweiten Streckenabschnitt 10 und dem dritten Streckenabschnitt 11 zugeordnet.

[0021] Aus dem ersten Referenzsignal 15 und den weiteren Referenzsignalen werden mittels der Referenz-Signalverarbeitung 19 Vertikalbeschleunigungsinformationen extrahiert. Diese Vertikalbeschleunigungsinformationen geben technische Referenz-Zustände der dritten Fahrzeugkomponente an und werden in der ersten Recheneinheit 17 ausgewertet, wobei für den ersten Streckenabschnitt 9 aus den diesem über das erste Referenzsignal 15 und weitere Referenzsignale zugeordneten Vertikalbeschleunigungsinformationen ein erster Referenzwert 5 gebildet wird. Bei dem ersten Referenzwert 5 handelt es sich um einen Erwartungswert einer aus den Vertikalbeschleunigungsinformationen gebildeten statistischen Verteilung mit zugehöriger Standardabweichung.

Für den zweiten Streckenabschnitt 10 wird ein zweiter Referenzwert und für den dritten Streckenabschnitt 11 ein dritter Referenzwert gebildet. Der zweite Referenzwert und der dritte Referenzwert werden nach jenem, oben beschriebenen Prinzip bestimmt, welches auch zur Bildung des ersten Referenzwerts 5 angewendet wird.

Erfindungsgemäß ist es auch denkbar, einem Streckenabschnitt mehr als einen Referenzwert zuzuordnen.

Es erfolgt eine Speicherung 21 des ersten Referenzwerts 5, des zweiten Referenzwerts und des dritten Referenzwerts in der ersten Recheneinheit 17.

[0022] Referenz-Signalverarbeitung 19, Referenz-Signalauswertung 20 und Speicherung 21 erfolgen unmittelbar nach jeder Referenz-Messung 14.

Eine Bildung des ersten Referenzwerts 5 erfolgt unmittelbar nachdem das Fahrzeug den ersten Streckenabschnitt 9 verlassen hat. Die weiteren Referenzwerte werden nach Verlassen des jeweiligen Streckenabschnitts bestimmt.

[0023] Nach der Messfahrt erfolgt der Betriebseinsatz des Fahrzeugs, wobei laufend Betriebsmessungen 22 von Vertikalbeschleunigungen (d.h. derselben physikalischen Größe wie während der Messfahrt) der ersten Fahrzeugkomponente 12 unter Aufzeichnung eines ersten Signals 3 sowie weiterer Signale, welche diese Vertikalbeschleunigungen beschreiben, erfolgen und eine Betriebs-Signalverarbeitung 23 sowie eine Betriebs-Signalauswertung 24 durchgeführt werden. Die Betriebs-Messungen 22, die Betriebs-Signalverarbeitung 23 sowie die Betriebs-Signalauswertung 24 erfolgen nach jenem oben beschriebenen Prinzip, welches auch für die Referenz-Messungen 14, die Referenz-Signalverarbeitung 19 und die Referenz-Signalauswertung 20 angewendet wird, mit einer Frequenz von 10 Hz.

[0024] Aus dem ersten Signal 3 und den weiteren Signalen werden Vertikalbeschleunigungsinformationen extrahiert und zu einem ersten Eigenschaftswert 4 sowie weiteren Eigenschaftswerten ausgewertet, welche technische Betriebs-Zustände der dritten Fahrzeugkomponente angeben.

Der erste Referenzwert 5 und die weiteren Referenzwerte werden demnach zu einem früheren Zeitpunkt gebildet als der erste Eigenschaftswert 4 und die weiteren Eigenschaftswerte. Der erste Eigenschaftswert 4 gibt die Vertikalbeschleunigungsinformationen des ersten Signals 3 wieder, die weiteren Eigenschaftswerte Vertikalbeschleunigungsinformationen der weiteren Signale. Es

ist erfindungsgemäß auch möglich, Vertikalbeschleunigungsinformationen aus dem ersten Signal 3 und weiteren Signalen zu mitteln, wobei dementsprechend der erste Eigenschaftswert 4 und die weiteren Eigenschaftswerte als Mittelwerte gebildet werden.

Es erfolgt eine nicht dargestellte Zwischenspeicherung von Vertikalbeschleunigungsinformationen bzw. des ersten Eigenschaftswerts 4 und der weiteren Eigenschaftswerte in der ersten Recheneinheit 17.

[0025] Da das Fahrzeug in gleicher Sequenz und auf dem gleichen Gleis wie während der Messfahrt den ersten Streckenabschnitt 9, den zweiten Streckenabschnitt 10 und den dritten Streckenabschnitt 11 befährt, wird das erste Signal 3 dem ersten Ort zugeordnet und die weiteren Signale den weiteren Orten (entsprechend der Messfahrt). Der erste Ort und die weiteren Orte werden, gleich der Messfahrt, mittels der ersten Ortungsvorrichtung 16 erfasst und mit der Streckendatenbank in der ersten Recheneinheit 17 abgeglichen, wodurch eine Zuordnung des ersten Orts und der weiteren Orte zu dem ersten Streckenabschnitt 9, dem zweiten Streckenabschnitt 10 und dem dritten Streckenabschnitt 11 erfolgt. Somit werden auch das erste Signal 3 und die weiteren Signale sowie der erste Eigenschaftswert 4 und die weiteren Eigenschaftswerte dem ersten Streckenabschnitt 9, dem zweiten Streckenabschnitt 10 sowie dem dritten Streckenabschnitt 11 zugeordnet.

[0026] Dem ersten Streckenabschnitt 9 zugeordnete Eigenschaftswerte (z.B. der erste Eigenschaftswert 4) werden in der ersten Recheneinheit 17 jeweils durch den ersten Referenzwert 5 dividiert, dem zweiten Streckenabschnitt 10 zugeordnete Eigenschaftswerte durch den zweiten Referenzwert und dem dritten Streckenabschnitt 11 zugeordnete Eigenschaftswerte durch den dritten Referenzwert. Dadurch erfolgen Normierungen 25 des ersten Eigenschaftswerts 4 zu einem ersten Detektionswert 6 und der weiteren Eigenschaftswerte zu weiteren Detektionswerten.

[0027] Erfindungsgemäß ist es auch denkbar, dass für die Normierungen 25 statt Divisionen beispielsweise Subtraktionen der Referenzwerte von den Eigenschaftswerten durchgeführt werden.

[0028] Die Normierungen 25 erfolgen unmittelbar nach Bildung des jeweiligen Eigenschaftswerts. Erfindungsgemäß ist es jedoch auch denkbar, die Normierungen 25 beispielsweise erst am Ende des ersten Streckenabschnitts 9, des zweiten Streckenabschnitts 10 oder des dritten Streckenabschnitts 11 durchzuführen, wofür der erste Eigenschaftswert 4 und die weiteren Eigenschaftswerte zwischengespeichert werden.

Es erfolgt ein Vergleich 7 des ersten Detektionswerts 6 und der weiteren Detektionswerte mit einem statistischen Modellparameter. Der statistische Modellparameter ist in dieser beispielhaften Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Verfahrens als unterer, erster Grenzwert 8 ausgeführt. Unterschreitet eine definierte, in der ersten Recheneinheit 17 gezählte Anzahl an Detektionswerten den ersten Grenzwert 8, so wird ein Fehler der dritten Fahrzeugkomponente erkannt und in der ersten Recheneinheit 17 ein entsprechendes Warnsignal erzeugt (Warnsignalerzeugung 26).

Zur Bildung und Auswertung des ersten Detektionswerts 6 und der weiteren Detektionswerte ist es selbstverständlich denkbar, den ersten Detektionswert 6 sowie die weiteren Detektionswerte und/oder den ersten Eigenschaftswert 4 und die weiteren Eigenschaftswerte in der ersten Recheneinheit 17 zwischenzuspeichern.

Erfindungsgemäß ist es auch vorstellbar, mehrere Grenzwerte vorzusehen. Beispielsweise kann neben dem ersten Grenzwert 8 auch ein oberer, zweiter Grenzwert vorgesehen sein, wobei bei dessen Überschreitung durch den ersten Detektionswert 6 und die weiteren Detektionswerte ebenfalls ein Warnsignal erzeugt wird.

[0029] Ferner ist es erfindungsgemäß möglich, dass aus dem ersten Detektionswert 6 und den weiteren Detektionswerten ein statistischer Detektionsparameter (z.B. ein Mittel- oder Extremwert) gebildet wird und dieser Detektionsparameter mit dem ersten Grenzwert 8 verglichen wird. Darüber hinaus ist es vorstellbar, dass der statistische Modellparameter aus einem statistischen Modell (beispielsweise als Extremwert eines erwarteten Beschleunigungsverhaltens der ersten Fahrzeugkomponente 12) gebildet wird.

Das Warnsignal wird über einen nicht gezeigten Fahrzeug-Datenbus, mit welchem die erste Re-

cheneinheit 17 verbunden ist, an einen ebenfalls nicht gezeigten Führerstand des Fahrzeugs geleitet und dort auf einer Anzeige dargestellt. Erfindungsgemäß ist es weiterhin möglich, dass die erste Recheneinheit 17 mit der Antenne verbunden ist und dass das Warnsignal oder der erste Eigenschaftswert 4 und die weiteren Eigenschaftswerte, der erste Referenzwert 5 und die weiteren Referenzwerte und/oder der erste Detektionswert 6 und die weiteren Detektionswerte als Funksignale über die Antenne abgestrahlt werden und von einem Wartungsstand, einer Streckenzentrale etc. empfangen und dort ausgewertet werden. Weiterhin ist es denkbar, den ersten Eigenschaftswert 4 und die weiteren Eigenschaftswerte, den ersten Referenzwert 5 und die weiteren Referenzwerte und/oder den ersten Detektionswert 6 und die weiteren Detektionswerte in einer Überwachungs- und/oder Diagnosedatenbank zu speichern und in dem Wartungsstand, der Streckenzentrale etc. auszuwerten.

[0030] Ferner ist es vorstellbar, dass ein Verhalten der ersten Fahrzeugkomponente 12 und der dritten Fahrzeugkomponente simuliert wird (beispielsweise auf Grundlage einer Mehrkörperdynamik-Fahrsimulation mittels eines aus dem Stand der Technik bekannten Simulationsprogramms) und daraus der erste Referenzwert 5 und die weiteren Referenzwerte gebildet werden, wodurch auf Messfahrten verzichtet werden kann.

[0031] Darüber hinaus ist es möglich, dass die dritte Fahrzeugkomponente beispielsweise als Rad oder Radsatz, an welchem mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens über entsprechendes Beschleunigungsverhalten Flachstellen etc. festgestellt werden, als Federvorrichtung (z.B. Primärfedern und Sekundärfedern) oder Elastikelement (z.B. Gummipuffer) etc. ausgeführt ist. Bei einer Detektion von kritischen Zuständen, Störungen oder Schäden kann es sich beispielsweise um eine Feststellung von Fahrsicherheitsrisiken, von Montagefehlern, von übermäßigem Verschleiß oder von Alterung bzw. Materialermüdung (beispielsweise kann eine Versprödung eines Federsystems anhand eines geänderten Schwingverhaltens einer Fahrzeugkomponente detektiert werden) etc. handeln, wodurch durch das erfindungsgemäße Verfahren sowohl Überwachungs- als auch Diagnosefunktionen erfüllt werden.

[0032] Neben einer Aufzeichnung von Vertikalbeschleunigungen können (z.B. zur Detektion von kritischen Zuständen oder Fehlern von Längs- oder Querdämpfern) auch Longitudinal- oder Lateralbeschleunigungen gemessen werden.

Weiterhin ist es möglich, kritische Zustände, Störungen oder Schäden beispielsweise über Messungen von Geschwindigkeiten (z.B. auch Winkelgeschwindigkeiten oder Drehzahlen von Rädern) oder Distanzen zu detektieren. Dementsprechend können auf dem Fahrzeug Geschwindigkeits- oder Distanzsensoren zur Bildung von Geschwindigkeitsinformationen oder Distanzinformationen vorgesehen sein.

Ist die dritte Fahrzeugkomponente beispielsweise als Bremsscheibe ausgebildet, so können mittels eines Temperatursensors und des erfindungsgemäßen Verfahrens Temperatur-Referenzwerte, Temperatur-Eigenschaftswerte sowie Temperatur-Detektionswerte bestimmt werden und, zur Detektion eines kritischen Temperaturzustands der Bremsscheibe, mit Temperatur-Grenzwerten verglichen werden.

[0033] Erfindungsgemäß ist es weiterhin denkbar, dass eine Bestimmung des ersten Referenzwerts 5 und der weiteren Referenzwerte auf der ersten Fahrzeugkomponente 12 während der Messfahrt erfolgt und eine Bestimmung des ersten Eigenschaftswerts 4 und der weiteren Eigenschaftswerte auf einer beispielsweise als zweiter Wagenkasten ausgeführten zweiten Fahrzeugkomponente 13 während des Betriebseinsatzes. Voraussetzung hierfür ist, dass die erste Fahrzeugkomponente 12, die zweite Fahrzeugkomponente 13 und jene Komponenten, an welchen Schäden etc. detektiert werden (z.B. die mit der ersten Fahrzeugkomponente 12 verbundene dritte Fahrzeugkomponente und die mit der zweiten Fahrzeugkomponente 13 verbundene vierte Fahrzeugkomponente) in Bezug auf konstruktive und funktionale Eigenschaften etc. vergleichbar ausgebildet sind.

[0034] Fig. 2 zeigt eine als Flussdiagramm dargestellte, beispielhafte zweite Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen, teilweise computerimplementierten Verfahrens. Bei dieser zweiten Ausführungsvariante wird, im Unterschied zu jener Ausführungsvariante, die

in Fig. 1 dargestellt ist, auf eine Messfahrt verzichtet und es werden ein erster Referenzwert 5 sowie weitere Referenzwerte während eines Betriebseinsatzes eines als Schienenfahrzeug ausgebildeten ersten Fahrzeugs gebildet.

Ein erster Wagen des ersten Fahrzeugs, welcher eine als erster Wagenkasten ausgeführte, erste Fahrzeugkomponente 12 aufweist, ist in Fahrtrichtung vor einem zweiten Wagen des ersten Fahrzeugs, welcher eine als zweiter Wagenkasten ausgeführte zweite Fahrzeugkomponente 13 aufweist, vorgesehen (d.h. der erste Wagen fährt vor dem zweiten Wagen) und mit dem zweiten Wagen mechanisch, elektrisch, pneumatisch sowie über einen nicht gezeigten Fahrzeug-Datenbus gekoppelt.

[0035] Die erste Fahrzeugkomponente 12 weist einen als Beschleunigungssensor ausgebildeten ersten Sensor 1, sowie eine erste Recheneinheit 17 auf.

Die zweite Fahrzeugkomponente 13 weist einen zweiten Sensor 2 sowie eine zweite Recheneinheit 18 auf, welche konstruktiv und funktional gleich wie der erste Sensor 1 sowie die erste Recheneinheit 17 ausgeführt sind.

Die erste Recheneinheit 17 ist mit der zweiten Recheneinheit 18 über den Fahrzeug-Datenbus verbunden, d.h. es erfolgt eine Kommunikation zwischen der ersten Recheneinheit 17 und der zweiten Recheneinheit 18.

Der erste Sensor 1 zeichnet Vertikalbeschleunigungen auf, welche mittels der ersten Recheneinheit 17 zu einem ersten Referenzwert 5 und weiteren Referenzwerten ausgewertet und über den Fahrzeug-Datenbus an die zweite Recheneinheit 18 übertragen und dort gespeichert werden.

Der zweite Sensor 2 zeichnet ebenfalls Vertikalbeschleunigungen auf, welche mittels der zweiten Recheneinheit 18 zu einem ersten Eigenschaftswert 4 und weiteren Eigenschaftswerten ausgewertet werden.

Die Referenzwerte und die Eigenschaftswerte werden in der zweiten Recheneinheit 18 örtlich korreliert.

Das ist deshalb möglich, weil die erste Fahrzeugkomponente 12 und die zweite Fahrzeugkomponente 13 bzw. der erste Sensor 1 und der zweite Sensor 2 einen annähernd konstanten Abstand zueinander aufweisen und daher ein örtlicher Abgleich von mittels des ersten Sensors 1 erfassten Signalen und mittels des zweiten Sensors 2 erfassten Signalen über aus dem allgemeinen Stand der Technik bekannte Zusammenhänge zwischen Geschwindigkeiten, Zeiten und Orten erfolgen kann. Hierzu sind die erste Recheneinheit 17 und die zweite Recheneinheit 18 über den Fahrzeug-Datenbus mit einer nicht gezeigten Fahrgeschwindigkeitserfassungseinrichtung des Fahrzeugs verbunden. Weiterhin weisen die erste Recheneinheit 17 und die zweite Recheneinheit 18 nicht dargestellte Zeiterfassungseinrichtungen auf, über welche dem ersten Referenzwert 5 und den weiteren Referenzwerten sowie dem ersten Eigenschaftswert 4 und den weiteren Eigenschaftswerten Zeitstempel zugeordnet werden.

[0036] Wird anhand einer Fahrgeschwindigkeitsinformation des ersten Fahrzeugs, dem Abstand zwischen dem ersten Sensor 1 und dem zweiten Sensor 2 sowie den Zeitstempeln festgestellt, dass sich beispielsweise der erste Referenzwert 5 und der erste Eigenschaftswert 4 auf den gleichen, ersten Ort bzw. auf einen ersten Streckenabschnitt 9 beziehen, so erfolgt daraus eine Bestimmung des ersten Detektionswerts 6 mittels einer, auch im Zusammenhang mit Fig. 1 beschriebenen Normierung 25. Unterschreiten der ermittelte erste Detektionswert 6 sowie weitere, nach gleichem Schema bestimmte Detektionswerte den Grenzwert 8, so wird festgestellt, dass eine dritte Fahrzeugkomponente und/oder eine vierte Fahrzeugkomponente, welche in Bezug auf konstruktive und funktionale Eigenschaften und auf deren Anordnung im jeweiligen Wagen gleich ausgeführt sind, einen Fehler aufweist und es wird ein Warnsignal erzeugt.

Die dritte Fahrzeugkomponente ist zwischen der ersten Fahrzeugkomponente 12 und einer als erstes Fahrwerk ausgeführten fünften Fahrzeugkomponente vorgesehen und mit der ersten Fahrzeugkomponente 12 sowie der fünften Fahrzeugkomponente verbunden.

Die vierte Fahrzeugkomponente ist zwischen der zweiten Fahrzeugkomponente 13 und einer als zweites Fahrwerk ausgeführten sechsten Fahrzeugkomponente vorgesehen und mit der zweiten Fahrzeugkomponente 13 sowie der sechsten Fahrzeugkomponente verbunden.

[0037] Erfindungsgemäß ist es auch möglich, dass der zweite Sensor 2 und die zweite Rechen-

einheit 18 in einem zweiten Fahrzeug angeordnet sind. Das erste Fahrzeug ist hierbei beispielsweise ein Messfahrzeug, weist die dritte Fahrzeugkomponente, welche geprüft und fehlerfrei ist, auf und fährt dem zweiten Fahrzeug voraus.

[0038] Hierbei erfolgt, gemäß jener im Zusammenhang mit Fig. 1 beschriebenen Vorgehensweise, eine Ermittlung von mittels einer in Fig. 1 gezeigten, ersten Ortungsvorrichtung 16 lokalisierten Referenzwerten bezüglich der dritten Fahrzeugkomponente in dem ersten Fahrzeug, welche zusammen mit entsprechenden Ortsinformationen mittels Funk an das zweite Fahrzeug übertragen werden.

In dem zweiten Fahrzeug erfolgen, gemäß jener im Zusammenhang mit Fig. 1 beschriebenen Vorgehensweise, eine Bildung von Eigenschaftswerten bezüglich der vierten Fahrzeugkomponente, welche in dem zweiten Fahrzeug vorgesehen ist und in Bezug auf konstruktive und funktionale Eigenschaften und auf deren Anordnung in dem zweiten Fahrzeug gleich wie die dritte Fahrzeugkomponente ausgeführt ist, mittels einer in dem zweiten Fahrzeug vorgesehenen, zweiten Ortungsvorrichtung eine örtliche Korrelation der Eigenschaftswerte mit den Referenzwerten, eine Bestimmung von Detektionswerten sowie gegebenenfalls eine Erzeugung von Warnsignalen bezüglich eines Fehlers der vierten Fahrzeugkomponente.

[0039] Fig. 3 zeigt ein erstes Diagramm mit Verteilungsfunktionen von Eigenschaftswerten und Nominalwerten. Die Eigenschaftswerte basieren auf Vertikalbeschleunigungsinformationen einer Fahrzeugkomponente und weisen auf einen fehlerhaften Vertikaldämpfer eines Fahrzeugs hin. Die Nominalwerte beschreiben einen fehlerfreien Zustand des Vertikaldämpfers. Auf einer Abszisse des ersten Diagramms sind Vertikalbeschleunigungen in m/s^2 aufgetragen, auf einer Ordinate Häufigkeiten des Auftretens der Eigenschaftswerte und der Nominalwerte. Eine erste Verteilungsfunktion 27 auf Basis der Eigenschaftswerte ist nur geringfügig gegen eine zweite Verteilungsfunktion 28 auf Basis der Nominalwerte verschoben, wodurch Fehlerzustände von fehlerfreien Zuständen nicht eindeutig zu unterscheiden sind.

[0040] Ein erstes Maximum 29 der ersten Verteilungsfunktion 27 weist einen Abszissenwert von $0,55 \text{ m/s}^2$ auf, ein zweites Maximum 30 der zweiten Verteilungsfunktion 28 einen Abszissenwert von $0,5 \text{ m/s}^2$, was in einer Differenz von lediglich $0,05 \text{ m/s}^2$ resultiert. Weiterhin weisen die erste Verteilungsfunktion 27 und die zweite Verteilungsfunktion 28 große Varianzen auf. Aus diesem Grund erfolgt bei dem erfindungsgemäßen Verfahren keine Detektion von Fehlerzuständen auf Basis von Eigenschaftswerten, sondern auf Grundlage von Detektionswerten.

[0041] In Fig. 4 ist ein zweites Diagramm dargestellt, welches eine erste Verteilungsfunktion 27 und eine zweite Verteilungsfunktion 28, die auf Grundlage der im Zusammenhang mit Fig. 1 beschriebenen, beispielhaften ersten Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Verfahrens aufgezeichnet wurden, zeigt.

Auf einer Abszisse des zweiten Diagramms sind entsprechend der im Zusammenhang mit Fig. 1 beschriebenen ersten Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Verfahrens gebildete und somit einheitenfreie Detektionswerte aufgetragen. Auf einer Ordinate des zweiten Diagramms sind Häufigkeiten dieser Detektionswerte dargestellt.

Die erste Verteilungsfunktion 27 zeigt einen im Zusammenhang mit Fig. 1 beschriebenen, ersten Detektionswert 6 sowie weitere Detektionswerte, welche einen Fehlerzustand einer ebenfalls im Zusammenhang mit Fig. 1 beschriebenen dritten Fahrzeugkomponente angeben.

Die zweite Verteilungsfunktion 28 zeigt Detektionswerte auf Basis eines fehlerfreien Zustands der dritten Fahrzeugkomponente.

Der Fehlerzustand und der fehlerfreie Zustand sind eindeutig voneinander unterscheidbar. Ein erstes Maximum 29 der ersten Verteilungsfunktion 27 weist einen Abszissenwert von 0,6 auf, während ein zweites Maximum 30 der zweiten Verteilungsfunktion 28 einen Abszissenwert von 1 hat. Die Varianzen der ersten Verteilungsfunktion 27 und der zweiten Verteilungsfunktion 28 sind geringer als jene in Fig. 3 gezeigten Verteilungsfunktionen.

[0042] Fig. 5 zeigt ein Streudiagramm mit Detektionswerten für Fehlerzustände und für nominale, d.h. fehlerfreie Zustände einer im Zusammenhang mit Fig. 1 beschriebenen dritten Fahrzeugkomponente für einen ersten Streckenabschnitt 9, einen zweiten Streckenabschnitt 10 und einen

dritten Streckenabschnitt 11.

Auf einer Abszisse des Streudiagramms sind der erste Streckenabschnitt 9, der zweite Streckenabschnitt 10, der dritte Streckenabschnitt 11 sowie deren Längen in m angegeben. Der erste Streckenabschnitt 9, der zweite Streckenabschnitt 10 und der dritte Streckenabschnitt 11 weisen jeweils eine Länge von 50 m auf.

Auf einer Ordinate des Streudiagramms sind Detektionswerte dargestellt, welche mittels der im Zusammenhang mit Fig. 1 beschriebenen, beispielhaften ersten Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Verfahrens auf Grundlage von Beschleunigungsinformationen bezüglich einer in Fig. 1 gezeigten ersten Fahrzeugkomponente 12 bestimmt wurden. Die Detektionswerte wurden mittels einer ebenfalls im Zusammenhang mit Fig. 1 beschriebenen Normierung 25 gebildet und sind daher einheitenfrei.

Eine erste Verteilung 31 beschreibt einen Fehlerzustand der dritten Fahrzeugkomponente auf Basis eines ermittelten und im Zusammenhang mit Fig. 1 beschriebenen ersten Detektionswerts 6 sowie weiterer Detektionswerte.

Eine zweite Verteilung 32 gibt Detektionswerte an, welche einen fehlerfreien Zustand der dritten Fahrzeugkomponente beschreiben.

Die erste Verteilung 31 weist einen ersten Detektions-Mittelwert 33 von 0,6 auf, die zweite Verteilung 32 einen zweiten Detektions-Mittelwert 34 von 1. Die Varianzen der ersten Verteilung 31 und der zweiten Verteilung 32 sind gering, wodurch der Fehlerzustand eindeutig von dem fehlerfreien Zustand der dritten Fahrzeugkomponente unterscheidbar ist.

Der erste Detektionswert 6 und die weiteren Detektionswerte der ersten Verteilung 31 unterschreiten einen auch in Zusammenhang mit Fig. 1 beschriebenen, als statistischer Modellparameter ausgebildeten ersten Grenzwert 8, woran der Fehlerzustand der dritten Fahrzeugkomponente festgestellt, d.h. detektiert wird.

LISTE DER BEZEICHNUNGEN

- 1 Erster Sensor
- 2 Zweiter Sensor
- 3 Erstes Signal
- 4 Erster Eigenschaftswert
- 5 Erster Referenzwert
- 6 Erster Detektionswert
- 7 Vergleich
- 8 Erster Grenzwert
- 9 Erster Streckenabschnitt
- 10 Zweiter Streckenabschnitt
- 11 Dritter Streckenabschnitt
- 12 Erste Fahrzeugkomponente
- 13 Zweite Fahrzeugkomponente
- 14 Referenz-Messung
- 15 Erstes Referenzsignal
- 16 Erste Ortungsvorrichtung
- 17 Erste Recheneinheit
- 18 Zweite Recheneinheit
- 19 Referenz-Signalverarbeitung
- 20 Referenz-Signalauswertung
- 21 Speicherung
- 22 Betriebs-Messung
- 23 Betriebs-Signalverarbeitung
- 24 Betriebs-Signalauswertung
- 25 Normierung
- 26 Warnsignalerzeugung
- 27 Erste Verteilungsfunktion
- 28 Zweite Verteilungsfunktion
- 29 Erstes Maximum
- 30 Zweites Maximum
- 31 Erste Verteilung
- 32 Zweite Verteilung
- 33 Erster Detektions-Mittelwert
- 34 Zweiter Detektions-Mittelwert

Patentansprüche

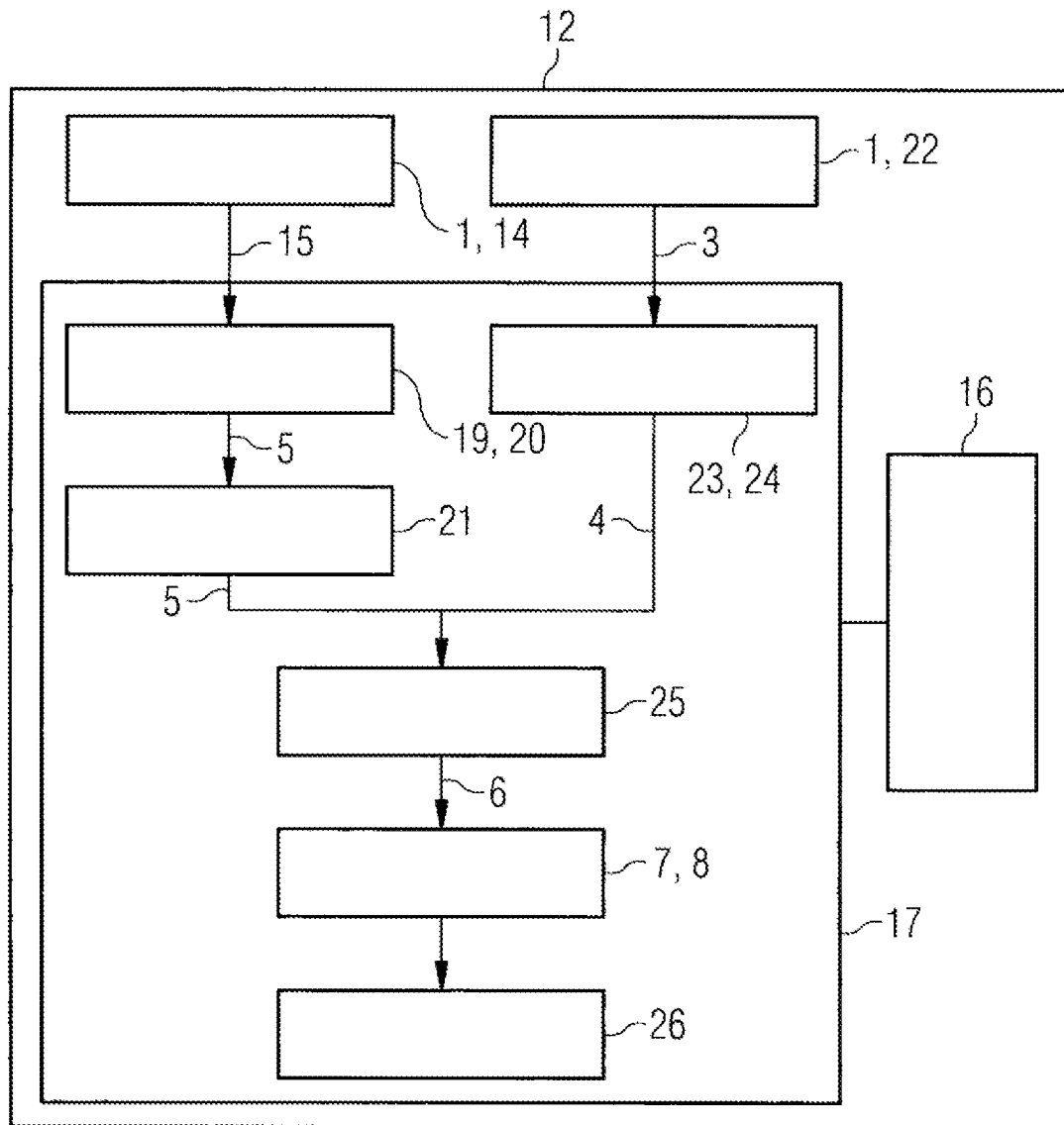
1. Verfahren zur Diagnose und Überwachung von Fahrzeugkomponenten, insbesondere für Schienenfahrzeuge, wobei mittels zumindest eines ersten Sensors eine physikalische Größe an zumindest einem Fahrzeug gemessen wird sowie entsprechende Signale aufgezeichnet werden und wobei mittels zumindest einer Recheneinheit eine Signalverarbeitung sowie eine Signalauswertung erfolgt, wobei aus den Signalen Eigenschaftswerte gebildet werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Eigenschaftswerte auf zumindest einen, zu einem früheren Zeitpunkt als die Eigenschaftswerte gebildet, auf der physikalischen Größe basierenden ersten Referenzwert (5) normiert werden, wobei Detektionswerte gebildet werden und mittels Vergleichs (7) der Detektionswerte oder eines aus den Detektionswerten abgeleiteten statistischen Detektionsparameters mit zumindest einem statistischen Modellparameter ein kritischer Zustand, eine Störung oder ein Schaden zumindest einer Fahrzeugkomponente detektiert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Eigenschaftswerte und der zumindest erste Referenzwert (5) Orten zugeordnet werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Eigenschaftswerte und der zumindest erste Referenzwert (5) zumindest einem ersten Streckenabschnitt (9) zugeordnet werden.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Eigenschaftswerte auf den als Erwartungswert ausgebildeten, zumindest ersten Referenzwert (5) normiert werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Eigenschaftswerte und der zumindest erste Referenzwert (5) aus Beschleunigungsinformationen gebildet werden.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Eigenschaftswerte und der zumindest erste Referenzwert (5) aus Geschwindigkeitinformationen gebildet werden.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Eigenschaftswerte und der zumindest erste Referenzwert (5) aus Distanzinformationen gebildet werden.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Eigenschaftswerte und der zumindest erste Referenzwert (5) aus Temperaturinformationen gebildet werden.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zumindest erste Referenzwert (5) aus während einer Messfahrt des zumindest einen Fahrzeugs aufgezeichneten Referenzsignalen (15) gebildet wird, wobei jene Fahrzeugkomponente, welche für eine Detektion eines kritischen Zustands, einer Störung oder eines Schadens vorgesehen ist, während der Messfahrt frei von kritischen Zuständen, von dieser Fahrzeugkomponente selbst stammenden Störungen und Schäden ist.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zumindest erste Referenzwert (5) mittels Fahrsimulation gebildet wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Signale während eines Betriebseinsatzes des zumindest einen Fahrzeugs aufgezeichnet werden.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein kritischer Zustand, eine Störung oder ein Schaden eines Dämpfers, einer Federvorrichtung oder eines Elastikelements detektiert wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zumindest erste Referenzwert (5) bezogen auf eine erste Fahrzeugkomponente (12) gebildet wird und die Eigenschaftswerte bezogen auf eine zweite Fahrzeugkomponente (13) gebildet werden.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zumindest erste Referenzwert (5) bezogen auf ein erstes Fahrzeug gebildet wird und die Eigenschaftswerte bezogen auf ein zweites Fahrzeug gebildet werden.

Hierzu 4 Blatt Zeichnungen

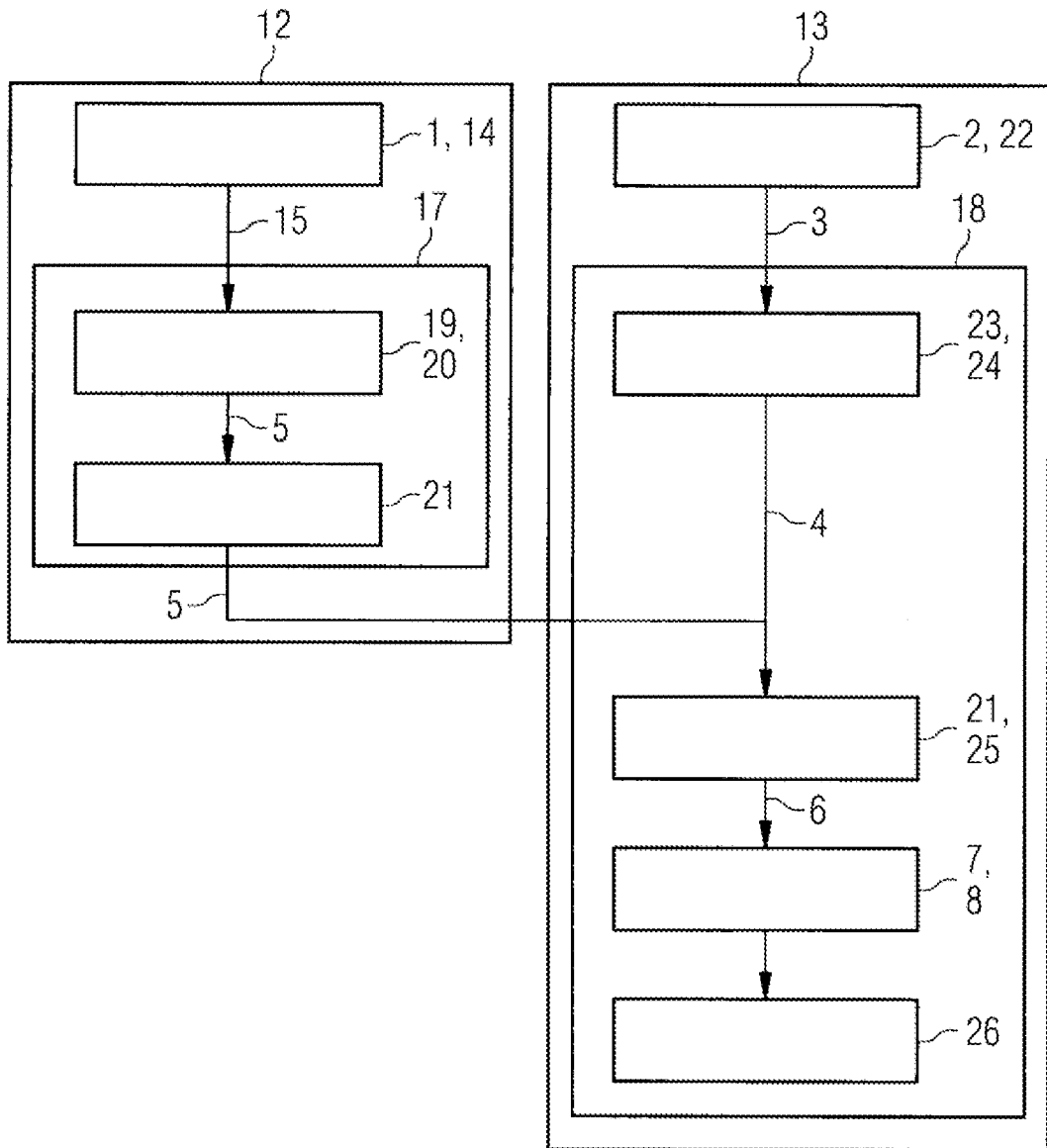
1/4

FIG 1



2/4

FIG 2



3/4

FIG 3

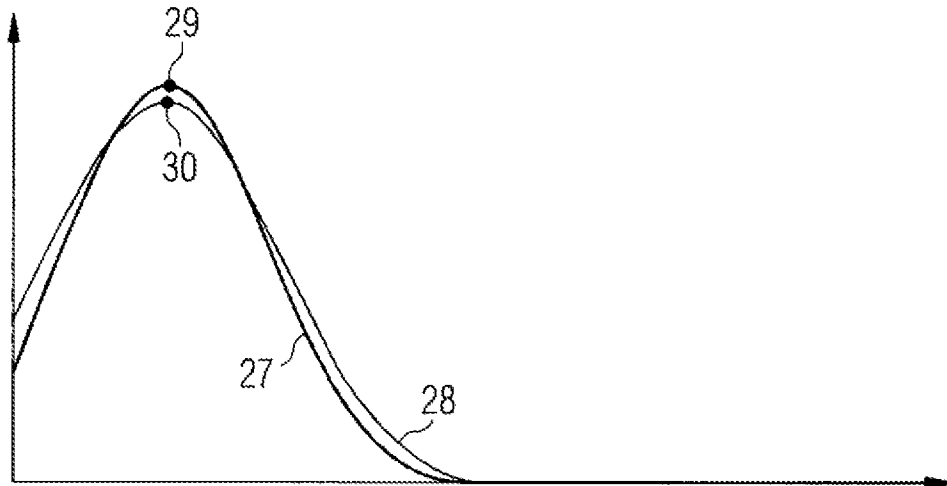


FIG 4

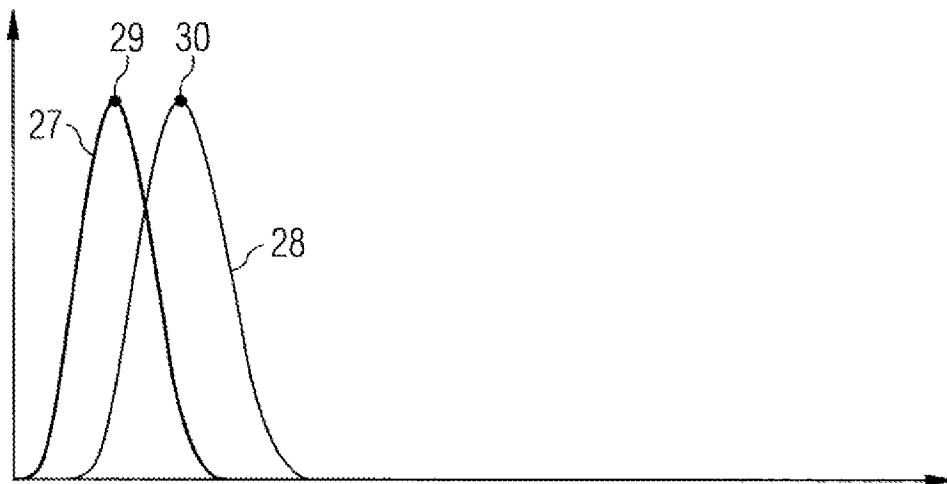


FIG 5

