

(12) **Patentschrift**

(21) Anmeldenummer: A 50615/2019
(22) Anmeldetag: 05.07.2019
(45) Veröffentlicht am: 15.06.2024

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

(56) Entgegenhaltungen:
EP 0846945 A2
US 2016201277 A1
WO 2011054363 A1
US 2012053789 A1
EP 3178674 A1
EP 2148182 A2

(73) Patentinhaber:
AVL LIST GMBH
8020 GRAZ (AT)

(72) Erfinder:
Ebner Thomas Dr.
8151 Hitzendorf (AT)
Rutz Johann
30625 Hannover (DE)
Ecker Joachim Dipl.Ing.
8151 St. Bartholomä (AT)

(74) Vertreter:
Babeluk Michael Dipl.Ing. Mag.
1080 Wien (AT)

(54) **VERFAHREN ZUR BEURTEILUNG DER FAHRBARKEIT VON FAHRZEUGEN**

(57) Verfahren zur Beurteilung der Fahrbarkeit von Fahrzeugen, mit folgenden Schritten:

- Durchführen von Messungen an einem sich auf einer Fahrbahn bewegendem realen Fahrzeug zur Gewinnung von Messgrößen über das Fahrverhalten;
- laufende Überprüfungen, ob bestimmte Triggerbedingungen (4a) erfüllt sind;
- bei Erfüllen der Triggerbedingungen (4a): Berechnen mindestens einer Bewertungsgröße, die die Fahrbarkeit des Fahrzeuges ausdrückt, aus einer oder mehreren Messgrößen;
- Ausgabe der Bewertungsgröße.

Um Fahrbahneinflüsse bei der Bewertung der Fahrbarkeit auszuschalten, ist vorgesehen, dass zumindest zwei Messungen, vorzugsweise Beschleunigungsmessungen in Richtung einer Fahrachse (x) und einer Hochachse (z) des Fahrzeuges, über die Beschaffenheit und den Zustand der Fahrbahn, insbesondere über Unebenheiten der Fahrbahn, zeitgleich und an unterschiedlichen Orten des sich gleichmäßig bewegendem realen Fahrzeuges, vorzugsweise auf

verschiedenen Seiten einer parallel zur Fahrtrichtung angeordneten Hochmittelebene (ε) des Fahrzeuges, durchgeführt werden und dass zumindest eine Messgröße über das Fahrverhalten hinsichtlich des Einflusses der Beschaffenheit und des Zustands der Fahrbahn korrigiert wird.

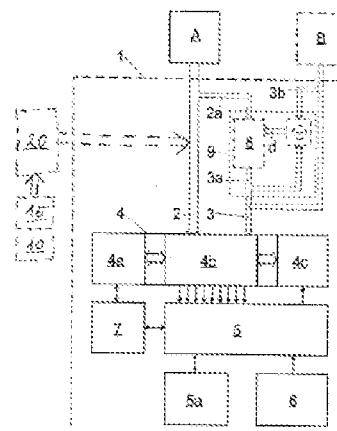


Fig.1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Beurteilung der Fahrbarkeit von Fahrzeugen, mit folgenden Schritten:

- Durchführen von Messungen an einem sich auf einer Fahrbahn bewegendem realen Fahrzeug zur Gewinnung von Messgrößen über das Fahrverhalten;
- laufende Überprüfungen, ob bestimmte Triggerbedingungen, d.h. Konstellationen von bestimmten Messgrößen, erfüllt sind;
- bei Erfüllen der Triggerbedingungen Berechnen mindestens einer Bewertungsgröße, die die Fahrbarkeit des Fahrzeuges ausdrückt, aus einer oder mehreren Messgrößen aufgrund einer vorbestimmten Funktion;
- Ausgabe der Bewertungsgröße.

Weiters betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Beurteilung der Fahrbarkeit von Fahrzeugen, zur Durchführung des Verfahrens.

[0002] Zielgrößen bei der Entwicklung und Optimierung des Antriebssystems von Kraftfahrzeugen sind Emissionsverhalten, Verbrauch, Leistung und die Fahrbarkeit bzw. Driveability. Allgemein wird unter Driveability eine subjektive Empfindung von Fahrern verstanden, die besonders mit dem Verhalten des Fahrzeugs in transienten Betriebszuständen zusammenhängt. Bei einem schnellen Niederdrücken des Gaspedals eines Fahrzeugs wird es als angenehm empfunden, wenn die Beschleunigung schnell und ruckfrei einsetzt. Ähnliches gilt für andere transiente Betriebszustände, wie etwa plötzlicher Wechsel in den Schubbetrieb oder die Beendigung des Schubbetriebs. Verzögerungen, Unregelmäßigkeiten oder Schwankungen in den Reaktionen des Fahrzeugs auf vom Fahrer induzierte Änderungen werden von diesem zumeist als störend empfunden. Beispiele dafür sind Ruckelschwingungen, Ansprechverzögerungen, Oszillationen der Drehzahl oder Zugkraftschwankungen. Positiv wird eine gute Gasannahme empfunden sowie eine entsprechende Durchzugskraft oder ein ruhiger und stabiler Leerlauf. Die Fahrbarkeit wird durch das Motormanagement wesentlich beeinflusst, aber auch durch die Aufhängung des Motors und die gesamte Gestaltung des Antriebsstranges. Da man versucht, durch Beeinflussung des Motormanagements niedrige Verbrauchswerte und eine günstige Abgasemission zu erzielen, muss als zusätzliche Zielgröße die Erhaltung oder Steigerung der Fahrbarkeit berücksichtigt werden.

[0003] Problematisch ist dabei jedoch, dass die objektive und reproduzierbare Bestimmung der Fahrbarkeit in der Praxis wesentlich schwieriger ist als die Bestimmung des Kraftstoffverbrauchs oder der Schadstoffemissionen. Aus diesem Grund werden dynamische Fahrbarkeitsfunktionen meist noch in Prototypenfahrzeugen auf der Straße abgestimmt anstatt auf dem Motor- oder Antriebsstrangprüfstand.

[0004] Mit einem bekannten Verfahren kann im Testbetrieb an einem realen Fahrzeug bei vorgegebener Einstellung des Motormanagements eine Beurteilung gewonnen werden. In der Praxis ist es jedoch schwierig durchführbar, eine Vielzahl verschiedener Motoreinstellungen auf diese Weise zu untersuchen. Die Übertragung auf einen Prüfstand gestaltet sich ebenso schwierig, da es derzeit nur teilweise möglich ist, den Antriebsstrang eines Fahrzeugs am Prüfstand so genau zu simulieren, dass ausreichend zuverlässige Aussagen über die Fahrbarkeit gewonnen werden.

[0005] Daher konnte bisher erst in späteren Fahrzeugentwicklungsphasen eine Fahrbarkeitsbewertung auf subjektiver Basis mit erfahrenen Versuchsfahrern durchgeführt werden. Mit zeitaufwendigen Messroutinen wurden dabei nacheinander fahrbarkeitsrelevante Fahrzustände gefahren und das Fahrzeugverhalten anhand von Formblättern bewertet. Aufgrund des subjektiven Charakters ist die Reproduzierbarkeit solcher Bewertungen allerdings beschränkt.

[0006] Aus der US 4,169,370 A ist ein Verfahren und eine Vorrichtung zur frequenzselektiven Erfassung von Schwingungen im Kraftfahrzeug bekannt. Die Vorrichtung besteht im Wesentlichen aus einem Beschleunigungssensor, einem Bandpassfilter mit einer fest eingestellten Mittelfrequenz von etwa 4 Hz sowie einer Auswerteeinheit, die den quadratischen Mittelwert bildet. Es kann zwar das subjektive menschliche Schwingungsempfinden für eine Frequenz von etwa 4

Hz näherungsweise simuliert werden, andere Frequenzen sowie andere Einflussgrößen auf die Fahrbarkeit werden allerdings nicht berücksichtigt. Es lässt sich somit keine vollständige Beurteilung über die Fahrbarkeit durchführen. Dies hat seinen Grund unter anderem darin, dass das Auftreten bestimmter Schwingungen je nach der augenblicklichen Fahrsituation von dem Fahrer eines Fahrzeugs völlig unterschiedlich beurteilt wird.

[0007] Eine weitere Beschränkung ist, dass das bekannte Verfahren samt Einrichtung auf den Einsatz in Testfahrzeugen beschränkt ist. Prüfstanduntersuchungen sind damit nicht möglich.

[0008] Ein ähnliches Verfahren ist auch aus der US 4,413,522 A bekannt. Bei diesem Verfahren wird durch Frequenzanalyse von Innengeräuschen und durch Spektralanalyse von Beschleunigungskomponenten ein Index ermittelt, der die Unannehmlichkeit eines Passagiers ausdrücken soll. Auch hier kann die Abhängigkeit von menschlichen Empfindungen vom jeweiligen Fahrzustand nicht abgebildet werden.

[0009] Ferner betrifft die DE 27 52 262 B ein Messgerät für die Wahrnehmungsstärke von Schwingungen. Aus den gleichen Gründen, wie oben beschrieben, kann ein solches Messgerät für sich allein genommen keine intersubjektiv zuverlässige Aussage über das Fahrverhalten eines Kraftfahrzeuges treffen.

[0010] Die EP 0846 945 A2 beschreibt ein Verfahren der eingangs genannten Art. Dabei wird in einem ersten Schritt ein Versuchsfahrer im realen Fahrzeug einem Testbetrieb unterzogen. In einem zweiten Schritt werden anhand von zuvor definierten Triggerbedingungen verschiedene Fahrzustände erkannt. Im dritten Schritt schließlich wird die Bewertungsgröße aus einer Funktion von einer oder mehreren Messgrößen in Echtzeit berechnet. Mit diesem Verfahren ist es möglich, die Fahrbarkeit (Driveability) reproduzierbar zu bestimmen, ohne alle Untersuchungen am realen Fahrzeug durchführen zu müssen. Eine Untersuchung der Fahrbarkeit eines Kraftfahrzeuges kann somit an einem Prüfstand mit relativ geringem Aufwand vorgenommen werden.

[0011] Einflüsse, die auf die Beschaffenheit und den Zustand der Fahrbahn zurückzuführen sind, können allerdings das Ergebnis des Testbetriebes im realen Fahrzeug verfälschen. Es ist an sich bekannt, im Bereich eines Radträgers des Fahrzeuges, beispielsweise des rechten Vorderadträgers, mit einem Einachs-Beschleunigungssensor Beschleunigungen in Richtung der Hochachse (z-Achse) des Fahrzeuges zu erfassen, um Fahrbahnunebenheiten festzustellen und diese bei der Auswertung des Messergebnisses im Testbetrieb zu kompensieren. Allerdings hat sich gezeigt, dass mit einem einzigen Beschleunigungssensor die Schwingungseinflüsse der Vorder- und Hinterachse nicht ausreichend berücksichtigt werden können. Die Kompensation von Fahrbahneinflüssen bei der Bewertung der Fahrbarkeit ist somit nicht ausreichend.

[0012] Aufgabe der Erfindung ist es, eine verbesserte Kompensation von Fahrbahneinflüssen bei der Bewertung der Fahrbarkeit zu ermöglichen.

[0013] Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, dass zumindest zwei Messungen, vorzugsweise Beschleunigungsmessungen in Richtung einer Fahrachse des Fahrzeuges und in Richtung einer Hochachse des Fahrzeuges, über die Beschaffenheit und den Zustand der Fahrbahn, insbesondere über Unebenheiten der Fahrbahn, zeitgleich und an unterschiedlichen Orten des sich gleichmäßig bewegenden Fahrzeuges durchgeführt werden und dass zumindest eine Messgröße über das Fahrverhalten hinsichtlich des Einflusses aus der Beschaffenheit und des Zustandes der Fahrbahn korrigiert wird.

[0014] Zur Messung der Beschaffenheit und des Zustandes der Fahrbahn können beispielsweise Beschleunigungssensoren, vorzugsweise Zweiachs-Beschleunigungssensoren eingesetzt werden, welche Auslenkungen des Fahrzeuges in Richtung der Fahrachse (x-Achse) und in Richtung der Hochachse (z-Achse) des Fahrzeuges erfassen.

[0015] Diese Messaufnehmer sind günstiger Weise im Bereich von Rädern bzw. Radträgern des Fahrzeuges angeordnet und ermitteln Daten über die Beschaffenheit und den Zustand der Fahrbahn, also Amplituden von Störfrequenzen, welche die Messungen des Fahrverhalten verfälschen.

[0016] Wie aus der EP 0846 945 A2 bekannt, wird im ersten Schritt ein Versuchsfahrer im realen Fahrzeug einem Testbetrieb unterzogen, wobei an sich kein genau vordefinierter Fahrzyklus eingehalten werden muss. Es sollte jedoch der im Versuch durchgeführte Fahrzyklus im Wesentlichen einem normalen Fahrbetrieb entsprechen. Motorbezogene und fahrzeugbezogene Daten werden dabei als Zeitreihen während des Fahrbetriebes aufgezeichnet. Als motorbezogene Daten kommen insbesondere in Frage: Motordrehzahl, Elektromotordrehzahl, Drosselklappen- bzw. Gaspedalstellung, Saugrohrunterdruck, Kühlmitteltemperatur, Zündzeitpunkt, Einspritzmenge, Lambda-Wert, Abgasrückführrate und Abgastemperatur. Als fahrzeugbezogene Werte kann man nennen: Fahrzeuggeschwindigkeit, Raddrehzahlen und Fahrzeuglängs-, Fahrzeughoch- und Fahrzeugquerbeschleunigung, Zustand der Bremse, Gangwählhebelstellung, Sollgang.

[0017] Vorzugsweise weist die Messgröße über das Fahrverhalten Antriebsstrangschwingungen in Richtung der Fahrachse des Fahrzeuges und/oder in Richtung der Hochachse des Fahrzeuges auf.

[0018] Im zweiten Schritt werden anhand von zuvor definierten Triggerbedingungen verschiedene Fahrzustände erkannt. Beispielsweise wird mit „Tip-In“ ein Fahrzustand definiert, bei dem, ausgehend von einem Zustand niedriger Drehzahl und kleiner Last, eine plötzliche Öffnung der Drosselklappe erfolgt. Andere Fahrzustände sind beispielsweise Leerlauf, Schaltvorgang od. dgl. Für jeden dieser Fahrzustände werden Triggerbedingungen angegeben, d. h. Konstellationen von verschiedenen Messgrößen, bei deren Auftreten geschlossen wird, dass der betreffende Fahrzustand vorliegt. Bei der Analyse der aufgezeichneten Messdaten kann daher einzelnen Zeitpunkten das Vorliegen eines bestimmten Fahrzustandes zugeordnet werden. So kann beispielsweise bestimmt werden, zu welchen Zeitpunkten der Versuchsfahrt ein Tip-In-Vorgang stattgefunden hat. Zu jedem dieser Zeitpunkte kann dann auf der Basis eines oder mehrerer Messwerte eine oder mehrere Bewertungsgrößen errechnet werden. Um eine optimale Anpassung dieser Bewertungsgröße an das subjektive Empfinden der Fahrer des Fahrzeugs zu ermöglichen, ist dabei vorzugsweise vorgesehen, dass Aussagen von Versuchspersonen über die Fahrbarkeit des Fahrzeugs mit statistischen Mitteln ausgewertet werden. Die Versuchspersonen werden dabei über das Verhalten des Fahrzeugs in den einzelnen Betriebszuständen detailliert befragt. Die Bewertungsgröße wird in der Folge so ausgewählt, dass sie die Bewertung durch die Versuchspersonen möglichst gut widerspiegelt. Es ist auch möglich, die Unterteilung der Betriebszustände weiter zu verfeinern, indem zu jedem Betriebszustand auch der jeweils davor herrschende Betriebszustand berücksichtigt wird, da auch dieser einen Einfluss auf das Fahrzeugverhalten haben kann. Dadurch vervielfacht sich die Anzahl der möglichen Zustände.

[0019] Im dritten Schritt wird die Bewertungsgröße aus einer Funktion von einer oder mehreren Messgrößen in Echtzeit berechnet. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung wird etwa die Schwingungsamplitude der Fahrzeuglängsbeschleunigung bei einer charakteristischen Ruckelfrequenz als eine solche Bewertungsgröße verwendet.

[0020] Zuletzt wird die berechnete Bewertungsgröße ausgegeben.

[0021] Dadurch, dass zumindest zwei Messungen über die Beschaffenheit und den Zustand der Fahrbahn zeitgleich und an unterschiedlichen Orten, insbesondere an unterschiedlichen Seiten und/oder Achsen, des sich bewegendes Fahrzeuges durchgeführt werden, kann der Einfluss von Fahrbahnunebenheiten auf Antriebsstrangschwingungen erkannt und aus den gemessenen Messgrößen über das Fahrverhalten herausgefiltert werden, sodass nur mehr die für die Beurteilung der Fahrbarkeit maßgebenden Amplitudenauslenkungen in Richtung der Fahrachse und in Richtung der Hochachse übrig bleiben.

[0022] In einer Ausführungsvariante der Erfindung ist dabei vorgesehen, dass zur Ermittlung der Beschaffenheit und des Zustand der Fahrbahn eine erste Messung an einem Radträger, vorzugsweise Vorderradträger, des Fahrzeuges und eine zweite Messung an einem weiteren Radträger, vorzugsweise Hinterradträger des Fahrzeugs durchgeführt werden, wobei besonders vorzugsweise die Messungen im Bereich von diametral bezüglich einer Fahrzeugmitte gegenüberliegenden Radträgern des Fahrzeuges durchgeführt werden.

[0023] Ein besonders genaues Ergebnis kann erzielt werden, wenn zumindest an einem weiteren Radträger, vorzugsweise an zwei weiteren Radträgern, Daten über die Beschaffenheit und den Zustand der Fahrbahn in Richtung der Fahrachse des Fahrzeuges und in Richtung einer Hochachse des Fahrzeuges, ermittelt werden. Die dritte Messung und die vierte Messung werden dabei vorzugsweise im Bereich von diametral bezüglich einer Fahrzeugmitte gegenüberliegenden Radträgern des Fahrzeuges durchgeführt.

[0024] Der Messaufwand kann reduziert werden, wenn die Ermittlung der Daten über die Beschaffenheit und den Zustand der Fahrbahn im Bereich zumindest eines weiteren Radträgers des Fahrzeuges durch eine Signalsimulation auf der Basis der ersten Messung oder zweiten Messung erfolgt.

[0025] In einer Ausführung der Erfindung ist vorgesehen, dass aus der zumindest einen Messgröße über das Fahrverhalten Frequenzen unter einer Grenzfrequenz gefiltert werden. In einem Frequenzbereich zwischen der unteren Grenzfrequenz und einer Schwellfrequenz werden vorzugsweise Frequenzamplituden der zumindest einen Messgröße über das Fahrverhalten über eine Dämpfungsfaktor-Kennlinie und die Amplituden der Störfrequenzen von den Radträgersignalen und über der Schwellfrequenz vorzugsweise nur über die Amplituden der Störfrequenzen von den Radträgersignalen gefiltert. Dies dient einerseits alle relevanten Anregungen, die durch den Antriebsstrang entstehen, bei der Bewertung des Fahrverhaltens zu berücksichtigen und andererseits Anregungen, welcher auf die Beschaffenheit und den Zustand Fahrbahn zurückzuführen sind herauszufiltern. Die Dämpfungsfaktor-Kennlinie nimmt dabei vorzugsweise frequenzabhängig zwischen der unteren Grenzfrequenz und der Schwellfrequenz zu.

[0026] Zur Durchführung des Verfahrens dient eine Vorrichtung zur Beurteilung der Fahrbarkeit von Fahrzeugen vorgesehen, mit:

- einem erstes Messsystem mit Messwertaufnehmern zur Erfassung zumindest einer für die Fahrbarkeit relevanten motor- und/oder fahrzeugbezogenen Messgröße aus der Gruppe Motordrehzahl, Elektromotordrehzahl, Drosselklappenstellung, Gaspedalstellung, Fahrzeuggeschwindigkeit, Fahrzeuglängsbeschleunigung, Fahrzeughoch- und Querbewegungsbeschleunigung, Zustand der Bremse, Gangwählhebelstellung, Sollgang, Saugrohrunterdruck, Kühlmitteltemperatur, Zündzeitpunkt, Einspritzmenge, Lambda-Wert, Abgasrückführrate und Abgastemperatur samt Aufnahmeelektronik;
- einem Datenablatesystem mit Daten über den Motor- und/oder Fahrzeugbetriebszustand sowie über korrelierende Bewertungsgrößen über die Fahrbarkeit;
- einem Zuordnungssystem zum Zuordnen von Bewertungsgrößen über die Fahrbarkeit des Fahrzeuges zu den Daten über den Betriebszustand des Motors und/oder des Fahrzeuges;
- einer Auswerteeinheit zum Vergleichen der gemessenen mit den abgelegten Daten sowie zur Bestimmung von Bewertungsgrößen über die Fahrbarkeit unter Verwendung des Zuordnungssystems

[0027] Zur verbesserten Kompensation von Fahrbahneinflüssen bei der Bewertung der Fahrbarkeit weist die Vorrichtung erfindungsgemäß

- ein zweites Messsystem mit zumindest zwei Messwertaufnehmern zur Erfassung der Beschaffenheit und des Zustandes, insbesondere von Unebenheiten der Fahrbahn und
- ein Kompensationseinrichtung zur Kompensation von mit dem zweiten Messsystem erfassten Fahrbahneinflüssen auf.

[0028] Vorzugsweise ist ein erster Messaufnehmer zur Erfassung der Beschaffenheit und des Zustandes der Fahrbahn im Bereich eines einem ersten Rad des Fahrzeuges zugeordneten ersten Radträgers angeordnet und ein zweiter Messaufnehmer zur Erfassung der Beschaffenheit und des Zustandes der Fahrbahn im Bereich eines einem zweiten Rad des Fahrzeuges zugeordneten zweiten Radträgers angeordnet.

[0029] Der erste Radträger und der zweite Radträger sind günstigerweise diametral in Bezug auf eine Fahrzeugmitte angeordnet. Dies ermöglicht es, die Fahrbahnbeschaffenheit auf beiden Seiten des Fahrzeuges zu erfassen. Die Fahrzeugmitte ist hier als Schnittpunkt der durch die Auf-

standsflächen der Räder verlaufenden Fahrzeugdiagonalen definiert.

[0030] Eine Ausführungsvariante der Erfindung sieht vor, dass ein dritter Messaufnehmer zur Erfassung der Beschaffenheit und des Zustandes der Fahrbahn im Bereich eines einem dritten Rad des Fahrzeuges zugeordneten dritten Radträgers angeordnet ist, und/oder dass ein vierter Messaufnehmer zur Erfassung der Beschaffenheit und des Zustandes der Fahrbahn im Bereich eines einem vierten Rad des Fahrzeuges zugeordneten vierten Radträgers angeordnet ist, wobei vorzugsweise der dritte Radträger und der vierte Radträger diametral in Bezug auf eine Fahrzeugmitte angeordnet sind.

[0031] Eine weitere Ausführungsvariante der Erfindung sieht vor, dass zumindest ein weiterer Messaufnehmer, vorzugsweise ein fünfter, sechster, siebenter und/oder achter Messaufnehmer, zur Erfassung der Beschaffenheit und des Zustandes der Fahrbahn im Falle von Fahrzeugen mit mehr als 2 Achsen im Bereich eines einem fünften, sechsten, siebten, achten Rades des Fahrzeuges zugeordneten fünften, sechsten, siebten, achten Radträgers angeordnet sind.

[0032] Gemäß einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung weist die Vorrichtung eine Signal-Simulationseinrichtung auf, um Daten über die Beschaffenheit und den Zustand der Fahrbahn im Bereich zumindest eines einem dritten Rad des Fahrzeuges zugeordneten dritten Radträgers und/oder im Bereich zumindest eines einem vierten Rad des Fahrzeuges zugeordneten vierten Radträgers des Fahrzeuges auf der Basis der Messergebnisse des ersten Messaufnehmers und/oder zweiten Messaufnehmers zu simulieren, wobei vorzugsweise der dritte Radträger und der vierte Radträger diametral in Bezug auf die Fahrzeugmitte angeordnet sind. Dadurch können Messaufnehmer eingespart werden.

[0033] Um Fahrbahneinflüsse auf einfache Weise zu kompensieren ohne die grundlegende Beschleunigung des Fahrzeuges zu filtern, wird unterhalb einer Grenzfrequenz f_U nicht gefiltert, zwischen der unteren Grenzfrequenz f_U und einer Schwellfrequenz f_S mittels einer Dämpfungsfaktor-Kennlinie sowie den Amplituden der Störfrequenzen von den Radträgersignalen und über der Schwellfrequenz f_S mittels der Amplituden der Störfrequenzen von den Radträgersignalen gefiltert. Die eigentliche Filterung wird vorzugsweise über einen oder mehrere Bandpassfilter oder Bandsperren durchgeführt. Die untere Grenzfrequenz f_U liegt vorzugsweise bei etwa 2Hz, die Schwellfrequenz f_S vorzugsweise bei etwa 10Hz, maximal 20Hz.

[0034] Um mit möglichst geringem Messaufwand genaue Informationen über die Fahrbahnbeschaffenheit zu bekommen ist es vorteilhaft, wenn zumindest ein Messwertaufnehmer zur Erfassung der Beschaffenheit und des Zustandes der Fahrbahn durch einen zumindest zweiachsigen Beschleunigungssensor gebildet ist.

[0035] Die Erfindung wird im Folgenden an Hand der Figuren näher erläutert.

[0036] Es zeigen schematisch

- [0037]** Fig. 1 eine Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens in einem schematischen Blockschaltbild,
- [0038]** Fig. 2 ein zweites Messsystem zur Erfassung der Beschaffenheit und des Zustandes der Fahrbahn,
- [0039]** Fig. 3 ein Beispiel für eine Messfahrt über Fahrbahnunebenheiten,
- [0040]** Fig. 4 eine Kennlinie für den Dämpfungsfaktor,
- [0041]** Fig. 5 ein Messdiagramm für die Messgrößen Drosselklappenstellung, Beschleunigung und Drehzahl,
- [0042]** Fig. 6 die Messgrößen Beschleunigung und Drehzahl nach einer FFT,
- [0043]** Fig. 7 und 8 Drosselklappenstellung-Drehzahl-Diagramme mit eingetragenen Ruckelercheinungen und
- [0044]** Fig. 9 ein 3-D-Diagramm mit der berechneten Fahrbarkeits-Bewertung.

[0045] Beim Verfahren zur Beurteilung der Fahrbarkeit von Fahrzeugen werden Messungen an einem sich auf einer Fahrbahn bewegendem realen Fahrzeug zur Gewinnung von Messgrößen über das Fahrverhalten durchgeführt. Die Messgröße über das Fahrverhalten weist Antriebsstrangschwingungen in Richtung der Fahrachse x des Fahrzeuges und/oder in Richtung der Hochachse z des Fahrzeuges auf.

[0046] Dabei werden laufende Überprüfungen vorgenommen, ob bestimmte Triggerbedingungen, d.h. Konstellationen von bestimmten Messgrößen, erfüllt sind. Bei Erfüllen der Triggerbedingungen wird mindestens eine Bewertungsgröße, die die Fahrbarkeit des Fahrzeuges ausdrückt, aus einer oder mehreren Messgrößen aufgrund einer vorbestimmten Funktion berechnet und schließlich ausgegeben. Das Verfahren wird mit dem in Fig. 1 schematisch dargestellten System 1 durchgeführt.

[0047] Das erste Messsystem 1 wird im zu testenden Fahrzeug installiert und misst selbständig, ohne jeglichen Bedienungsaufwand, die fahrbarkeitsrelevanten Messgrößen 2, 3 der Betriebszustände des Motors A und/oder des Fahrzeuges B, beispielsweise Motordrehzahl N (Brennmaschinenendrehzahl), Drosselklappenstellung DK oder Gaspedalstellung, Fahrzeuggeschwindigkeit, Fahrzeuglängsbeschleunigung, Fahrzeughoch- und Querschleunigung, Zustand der Bremse, Gangwählhebelstellung, Sollgang, Saugrohrunterdruck, Kühlmitteltemperatur, Zündzeitpunkt, Einspritzmenge, λ -Wert, Abgasrückführrate und Abgastemperatur. Die Messdaten 2, 3 werden von Speicherzellen 4b der Datenablageeinheit 4 permanent aufgezeichnet. Fahrbarkeitsrelevante, stationäre und dynamische Zustände dieser Messdaten, sogenannte Triggerbedingungen 4a, sind ebenfalls in der Datenablageeinheit 4 abgelegt. Bei Übereinstimmung der Messdaten 2, 3 mit den gespeicherten Triggerbedingungen 4a wird durch die Auswerteeinheit 5 eine vordefinierte mathematische und statistische Auswertung in einer Auswertungseinheit 5a gestartet. Diese Auswertung beinhaltet eine vollständige, objektive und reproduzierbare Nachbildung des Fahrergefühls des momentanen Fahrzustandes. Der Berechnungsablauf und der Zusammenhang zwischen den momentanen Messdaten und dem subjektiven Fahrbarkeitsgefühl ist als Resultat einer Vielzahl von Messungen und Korrelationen zwischen subjektiver Beurteilung und objektiven Messgrößen in einem Zuordnungssystem 6 abgelegt. Die Ergebnisse der Berechnungen werden vollautomatisch in vordefinierten Speicherzellen 4c der Datenablageeinheit 4 abgelegt.

[0048] Das erste Messsystem 1 kann im Permanentbetrieb im realen Fahrbetrieb eingesetzt werden. Der Fahrer braucht dabei keinerlei Aufmerksamkeit für das System 1 aufzubringen, die Fahrt kann dadurch auch anderen Zwecken dienen. Zur Erfassung eines fahrer-, fahrzeug- und streckenrelevanten Fahrprofilverlaufes wird die Anzahl gefahrener Triggerbedingungen 4a analysiert und gespeichert. Unter anderem kann dieses Ergebnis dazu dienen, Fahrzustände, die in der Praxis oft gefahren werden, in der Entwicklungs- und Kalibrierphase genauer abzustimmen.

[0049] Ein Zähler 7 zählt wie viele der vordefinierten Triggerbedingungen 4a bereits erfasst wurden und liefert Informationen über die erforderliche Messdauer in Abhängigkeit von der geforderten Analysengenauigkeit.

[0050] Mehrfach detektierte Triggerbedingungen 4a werden dabei mit statistischen Mitteln ausgewertet, etwa durch Mittelwertbildung der Berechnungsergebnisse oder durch Herausfiltern von abweichenden Ergebnissen.

[0051] Die erforderliche Messdauer für eine gesamte Fahrzeuganalyse beträgt einige Stunden. Danach steht ein vollständiger Datensatz für die Fahrbarkeitsbeurteilung zur Verfügung. Auf dem Wege einer statistischen Bewertung kann aus dem Gesamtdatensatz eine Ersatzzahl zur Fahrbarkeitsbewertung gebildet werden.

[0052] Gegebenenfalls kann - etwa zur Kalibrierung - eine Messung und Analyse selektiver Fahrbarkeitszustände, etwa Leerlauf, Volllast, oder ähnliches, durchgeführt werden. In diesem Falle stehen nur die Einzelergebnisse zur Verfügung.

[0053] Im On-line-Betrieb kann das System 1 auch als selbstlernendes System ausgelegt sein. Sollten Fahrzustände auftreten, die nicht über die Triggerbedingungen 4a in der Recheneinheit

vordefiniert sind, deren Auswertung jedoch eine sehr schlechte oder auch sehr gute Fahrbarkeitsbeurteilung ergeben, werden diese in Kombination mit dem Ergebnis erfasst und für die Auswertung gekennzeichnet. Bei der nächsten Messung sind die somit gelernten Triggerbedingungen 4a bereits vordefiniert.

[0054] Im Off-line-Betrieb können die Auswerteergebnisse tabellarisch und graphisch dargestellt werden. Durch Vorgabe von Schwellenergebnissen können auch Auswerteergebnisse, die beispielsweise schlechter als die Schwellwerte sind, hervorgehoben werden. Gelernte Triggerbedingungen 4a können ggf. separat dargestellt werden. Im Off-line-Betrieb ist auch ein einfacher Vergleich zwischen den aktuellen Messungen und vorangegangenen Messungen möglich, wobei Auswirkungen von Änderungen sofort überprüft werden können. Darüber hinaus können die Ergebnisse auch mit Messresultaten von anderen Fahrzeugen ähnlicher Bauart verglichen werden.

[0055] Ein besonderer Vorteil ist, dass bereits am dynamischen Motorprüfstand eine Fahrbarkeitsbeurteilung möglich ist. Dazu wird eine in der Fig. 1 strichliert angedeutete Einrichtung 8 eingesetzt, welche fahrbarkeitsrelevante Fahrzeugmessdaten 3, die am dynamischen Motorprüfstand nicht zur Verfügung stehen, etwa die Längsbeschleunigung des Fahrzeuges, aus motorbezogenen Ersatzmessdaten 2a, etwa aus Motorvibration, Lagerauflagekraft, Motordrehzahländerung, etc. nachbildet.

[0056] Das System 1 kann in Verbindung mit einer selbstlernenden Fahrzeug-Simulationseinrichtung 9 eingesetzt werden, wie in der Fig. 1 punktiert eingezeichnet ist. Eine selbstlernende Fahrzeug-Simulationseinrichtung 9, aufgebaut etwa aus neuronalen Netzen, simuliert vollständig die Fahrzeugeigenschaften. Die Fahrzeug-Simulationseinrichtung 9 kann im realen Fahrzeugen-satz trainiert bzw. kalibriert werden. Dabei werden die durch die motorbezogenen Ersatzmessdaten 2a simulierten Fahrzeugdaten 3a für verschiedene Betriebspunkte mit realen Fahrzeugmessdaten 3b, beispielsweise in einem iterativen Verfahren, verglichen und die Differenz d der Einrichtung 8 zur Nachbildung der Fahrzeugmessdaten zugeführt. Aufgrund der Differenz d werden die Parameter des verwendeten Simulationsalgorithmus korrigiert und aktualisiert. Nach genügend genauer Simulation der Fahrzeugmessdaten kann die trainierte Fahrzeug-Simulationseinrichtung 9 am dynamischen Motorenprüfstand für das Fahrbarkeits-Beurteilungs-Verfahren eingesetzt werden. Somit ist am Dynamikprüfstand eine exakte Fahrzeugnachbildung verfügbar. Die Fahrzeug-Simulationseinrichtung 9 ist vorteilhafterweise als ein an das System 1 andockbares Modul ausgebildet. Dies ermöglicht einen raschen Wechsel bzw. Umbau zwischen Trainings- und Prüfstandeinsatz.

[0057] Das erste Messsystem 1 kann weiters an automatischen Kalibrierprogrammen zur Parameterbestimmung von Motormanagementsystemen angekoppelt werden. Die Koppelung ermöglicht dabei die Einbeziehung der Fahrbarkeitsinformation zur raschen stationären und dynamischen Kalibrierung.

[0058] Beim realen Fahrbetrieb wirken auf das Fahrzeug und den Fahrer Beschleunigungen in Fahrtrichtung (x-Richtung) und in Richtung der Hochachse (z-Richtung) des Fahrzeuges ein, welche zum Teil aus Antriebskräften im Antriebsstrang, zum Teil aus Fahrbahneinflüssen entstehen. Fahrbahneinflüsse, wie beispielsweise Fahrbahnunebenheiten, rauher Asphalt, Rillen, Straßenabläufe, etc. wirken als Störgrößen beim Trainieren und Kalibrieren der Simulationseinrichtung und verfälschen die Aussagekraft der Fahrbarkeitsbewertung.

[0059] Um diese Störgrößen zu isolieren und aus den auf das Fahrzeug und den Fahrer einwirkenden Beschleunigungen in x-Richtung und z-Richtung herauszufiltern, werden beim erfindungsgemäßen Verfahren mittels mehreren Messaufnehmern eines zweiten Messsystems 10 mehrere Beschleunigungsmessungen in Richtung der x-Achse (Fahrachse) des Fahrzeuges und in Richtung der z-Achse (Hochachse) des Fahrzeuges zur Erfassung der Beschaffenheit und des Zustandes der Fahrbahn, insbesondere über Unebenheiten der Fahrbahn, zeitgleich und an unterschiedlichen Orten des sich bewegenden realen Fahrzeuges durchgeführt. Die Messaufnehmer des zweiten Messsystems 10 können vorteilhafter Weise mindestens als Zweiachs-Beschleunigungssensoren 11, 12, 13, 14 (Fig. 2) ausgebildet sein, wobei jeder Zweiachs-Beschleunigungssensor 11, 12, 13, 14 Auslenkungen in Fahrtrichtung x und in Hochrichtung z erfasst.

[0060] Die Beschleunigungsmessungen werden auf verschiedenen Seiten einer parallel zur Fahrtrichtung angeordneten Hochmittelebene e des Fahrzeuges durchgeführt. Auf der Basis dieser Messungen über den Fahrbahnzustand wird eine Kompensation der Fahrbahneinflüsse und Korrektur der Messgrößen über das Fahrverhalten durchgeführt.

[0061] Zur Ermittlung der Beschaffenheit und des Zustandes der Fahrbahn werden eine erste Beschleunigungsmessung an einer Vorderachse 15 und eine zweite Beschleunigungsmessung an einer Hinterachse 16 durchgeführt wird, wobei die Messungen an der Vorder- und Hinterachse 15, 16 im Bereich von diametral bezüglich einer Fahrzeugmitte gegenüberliegenden Radträgern 110, 120, 130, 140 des Fahrzeuges durchgeführt werden (Fig. 2). Dabei ist der erste Radträger 110 einem ersten Rad 111 des Fahrzeuges, der zweite Radträger 120 einem zweiten Rad 121 des Fahrzeuges, der dritte Radträger 130 einem dritten Rad 131 des Fahrzeuges und der vierten Radträger 140 einem vierten Rad 141 des Fahrzeuges zugeordnet. Im Falle weiterer Fahrzeugachsen können weitere Beschleunigungsmessungen im Bereich der Radträger an diesen Achsen durchgeführt werden.

[0062] Um eine möglichst korrekte Kompensation der Fahrbahneinflüsse zu erreichen, ist es günstig, wenn die Auslenkungen in x-Richtung und z-Richtung im Bereich jedes Radträgers des Fahrzeuges berücksichtigt werden. In einer einfachen Ausführung ist vorgesehen, dass nur an zwei Radträgern, beispielsweise an diametral bezüglich der Fahrzeugmitte M gegenüberliegenden Radträgern 110, 120 Beschleunigungsaufnehmer 11, 12 vorgesehen sind und Beschleunigungsmessungen in x-Richtung und z-Richtung nur hier durchgeführt werden. An den restlichen Radträgern 130, 140 können die Auslenkungen in x-Richtung und z-Richtung auf der Basis der Messdaten an den die Beschleunigungsaufnehmer 11, 12 aufweisenden Radträgern 110, 120 mittels Signal-Simulation abgebildet werden.

[0063] Mittels einer Kompensationseinrichtung 20 werden durch Fahrbahnunebenheiten verursachten Schwingungsanteile aus den Anregungen in Fahrtrichtung x und in Richtung der Hochachse z aus den gemessenen Längs- und Hochbeschleunigungen herausgefiltert.

[0064] Eine Filterung mit zwei Zweiachs-Beschleunigungssensoren 11, 12 mit insgesamt vier Sensorsignalen wäre bei einer symmetrischen Anregung hinreichend genau; bei asymmetrischer Anregung, wie dies beispielsweise bei der Überfahrt über einen Gully vorliegt, können zwei Sensoren allerdings keine genaue Filterung erzeugen.

[0065] Fig. 3 zeigt die Beschleunigung a über der Zeit t einer Fahrt eines Fahrzeuges über einen Gullideckel auf der linken Seite mit vier zweiachsigen-Beschleunigungssensoren 11, 12, 13, 14 und acht Sensorsignalen. Zu erkennen ist eine recht genaue Filterung der Hindernisschwingungen. Dabei sind die gemessene Fahrzeuglängsbeschleunigung a_M und die gefilterte Fahrzeuglängsbeschleunigung a_F dargestellt.

[0066] Bei der Filterung mit zwei Beschleunigungssensoren 11, 12 werden die Schwingungen im Bereich der Überfahrt der Hinterachse 16 allerdings nicht genau genug berücksichtigt. Dies liegt daran, dass der Beschleunigungssensor des Radträgers 140 hinten links fehlt und wichtige Schwingungsphänomene nicht erkannt werden.

[0067] Die fehlenden Signale können mittels einer Signal-Simulationseinrichtung 15 auf der Basis der vorhandenen Sensorsignale auf der gleichen Fahrzeugseite und unter Verwendung der Informationen über die Geschwindigkeit und dem Radstand des Fahrzeugs simuliert werden. Für die Signal-Simulation des hinteren linken Beschleunigungssensors 14 kann die Information des vorderen linken Beschleunigungssensors 11 verwendet werden. Dadurch, dass die Überfahrt des Hindernisses der Vorderachse 15 bei der Überfahrt der Hinterachse 16 in der Vergangenheit liegt, kann eine beliebig lange Verzögerungszeit t_{delay} für diese Abschätzung berechnet werden. Anhand dieser Verzögerungszeit t_{delay} werden die simulierten Beschleunigungssignale des Radträgers 140 hinten links Acc_X_{RLsim} und Acc_Z_{RLsim} wie folgt berechnet:

$$Acc_X_{RLsim}(i) = Acc_X_{FL}(i - t_{delay} \cdot \text{Samplerate}) \text{ für } t_{delay} > 0 \quad (1)$$

$$Acc_Z_{RLsim}(i) = Acc_Z_{FL}(i - t_{delay} \cdot \text{Samplerate}) \text{ für } t_{delay} > 0 \quad (2)$$

[0068] Für die Signal-Simulation des Beschleunigungssensors 13 des rechten vorderen Radträgers 130 in x- und z Richtung vorne rechts Acc_X_{RLsim} und Acc_Z_{RLsim} werden die Beschleunigungssignale des Radträgers 120 hinten rechts Acc_X_{RR} und Acc_Z_{RR} verwendet. Es gilt:

$$Acc_X_{FRsim}(i) = Acc_X_{RR}(i + t_{delay} \cdot Samplerate) \text{ für } t_{delay} \leq (t_{leadtime} - \frac{FFT_{window}}{2 \cdot Samplerate}) \quad (3)$$

$$Acc_Z_{RRsim}(i) = Acc_Z_{RR}(i - t_{delay} \cdot Samplerate) \text{ für } t_{delay} \leq (t_{leadtime} - \frac{FFT_{window}}{2 \cdot Samplerate}) \quad (4)$$

[0069] Da die Signale für den Radträger 120 hinten rechts zeitlich erst nach dem Überfahren eines Hindernisses mit dem Rad vorne rechts auftreten, muss für einen Onlinebetrieb eine Vorlaufzeit $t_{leadtime}$ eingeführt werden, um welche die Online Auswertung zeitversetzt durchgeführt wird.

[0070] Zu beachten ist, dass nicht die ganze Vorlaufzeit t_{delay} genutzt werden kann, da aufgrund der Fensterbreite der FFT (Fast Fourier Transformation) diese Zeit begrenzt ist.

[0071] Alternativ zu einer Signal-Simulation der Auslenkung eines oder zweier Radträger in x- und z-Richtung können Fahrbahneinflüsse exakt erfasst werden, wenn zusätzlich zur ersten und zweiten Messung zur Ermittlung der Beschaffenheit und des Zustandes der Fahrbahn eine dritte Messung an einer Vorderachse 15 und eine vierte Messung an einer Hinterachse 16 durchgeführt werden, wobei die Messungen an der Vorder- und Hinterachse 15, 16 jeweils im Bereich von diametral bezüglich einer Fahrzeugmitte M gegenüberliegenden Radträgern 110, 120; 130, 140 des Fahrzeuges durchgeführt werden. Es wird somit an allen vier Radträgern 110, 120, 130, 140 jeweils eine Beschleunigungsmessung in x-Richtung und in z-Richtung durchgeführt, wie in Fig. 2 schematisch angedeutet ist. Im Falle weiterer Fahrzeugachsen können weitere Beschleunigungsmessungen im Bereich der Radträger zur exakten Erfassung der Fahrbahneinflüsse an diesen Achsen durchgeführt werden.

[0072] In einem weiteren Schritt werden am Fahrzeug empirisch Schwingungsmessungen bei Zugschaltungen, Lastwechsel und anderen Fahrmanövern ohne Hinderniseinflüsse durchgeführt und ein Schwellwert f_s für relevante Störfrequenzen aus der Fahrbahnbeschaffenheit ermittelt. Somit erhält man einen unteren Bereich des Frequenzbandes. Der Großteil der Störfrequenzen aus der Fahrbahnbeschaffenheit liegt aufgrund der Radaufhängungseigenschaften in der Regel über dem Schwellwert f_s .

[0073] Schließlich werden aus der zumindest einen Messgröße über das Fahrverhalten Frequenzen oberhalb des ermittelten Schwellwertes f_s zumindest teilweise herausgefiltert, wenn Störfrequenzen mit ausreichender Amplitude aus der Fahrbahnbeschaffenheit vorliegen, wobei vorzugsweise der Schwellwert f_s der Frequenz maximal 20 Hz, besonders vorzugsweise maximal 10 Hz, beträgt.

[0074] Bei tieffrequenten Antriebsstrangschwingungen kann es vorteilhaft sein, wenn in einem Übergangsbereich unterhalb des Schwellwertes f_s zusätzlich zur Filterung eine Herabsetzung bzw. Dämpfung der Filterung durchgeführt wird, um einen abrupten Übergang mit der Gefahr, dass relevante Antriebsstrangschwingungen irrtümlicherweise herausgefiltert werden, zu vermeiden. Unterhalb der Schwellfrequenz f_s kann dazu die Amplitude der zumindest einen Messgröße über das Fahrverhalten unter Verwendung einer definierten Dämpfungsfaktor-Kennlinie D verringert werden. Die Dämpfungsfaktor-Kennlinie D kann dabei frequenzabhängig zwischen einem Minimalwert bei einer unteren Grenzfrequenz f_u und einem Maximalwert bei der Schwellfrequenz f_s zunehmen (Fig. 4).

[0075] Die eigentliche Bewertung der Fahrbarkeit erfolgt wie in der EP 0 846 945 A2 beschrieben und ist nicht Gegenstand der vorliegenden Erfindung.

[0076] Im Folgenden wird daher nur kurz die Bewertung anhand eines konkreten Beispiels, nämlich anhand eines sogenannten „Tip In“ Vorganges im zweiten Gang, also einem Beschleunigungsvorgang mit zunehmender Drosselklappenöffnung, erläutert.

[0077] Im realen Fahrbetrieb wird zunächst für den Tip In Fall die Drosselklappenstellung DK, die

Motordrehzahl N und die Längsbeschleunigung a über der Zeit gemessen (siehe Fig. 5). Parallel dazu werden die subjektiven Empfindungen von Testpersonen erfasst. Als Bewertungskriterium dient dabei eine zehnteilige Skala von ausgezeichnet = 10 bis äußerst schlecht = 1.

[0078] Danach wird eine Auswertung von Drehzahl N und Längsbeschleunigung a durchgeführt. Berechnet wird dabei die FFT (Fast Fourier Transformation) der Drehzahl N und der Längsbeschleunigung a , wie in Fig. 6 dargestellt ist. Deutlich ist zu erkennen, dass Amplitudenmaxima im Bereich zwischen 3 und 4 Hz für den konkreten Fall auftreten.

[0079] Der Maximalwert der Ruckelschwingungen im Frequenzbereich zwischen 2 und 8 Hz, sowie die Frequenz, bei der der Maximalwert auftritt, wird dabei nach folgender Gleichung berechnet:

$$a(s) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{-ist} a(t) dt \quad (5)$$

wobei s den imaginären Anteil und $a(t)$ den zeitlichen Verlauf der Beschleunigung a darstellt.

[0080] In einem zweiten Schritt wird eine Korrelation von subjektivem Empfinden und den FFT-Amplituden der Längsbeschleunigung nach folgender Gleichung durchgeführt:

$$Dr = \frac{c1}{\sqrt{c2 \cdot a_{osc}^{c3}}} \quad (6)$$

wobei $c1$, $c2$ und $c3$ Einstellparameter sind, a_{osc} das Amplitudenmaximum der Ruckelschwingung im Bereich von 2 bis 8 Hz darstellt und Dr der berechnete Driveability-Index als Bewertungsgröße ist. Die Koeffizienten $c1$, $c2$ und $c3$ können in einem selbstlernenden System automatisch gefunden werden. Beispielsweise können dafür Iterationsschleifen verwendet werden, in denen die Koeffizienten so lange geändert werden, bis die Abweichung zwischen dem berechneten Wert Dr und der subjektiven Beurteilung Dr_{subj} ein Minimum wird. Dies geschieht nach den folgenden Gleichungen:

$$c1_{i+1} = c1_i + p_i, \quad (7)$$

$$c2_{i+1} = c2_i + q_i \quad (8)$$

$$c3_{i+1} = c3_i + r_i \quad (9)$$

dabei stellen die Ausdrücke p_i , q_i und r_i Variationsschrittweiten dar. Die Variation von $c1$, $c2$ und $c3$ wird solange durchgeführt, bis die Differenz zwischen dem berechneten Driveability-Index Dr und dem subjektiven Driveability-Index Dr_{subj} kleiner ist als ein vordefinierter Grenzwert.

[0081] Nach vollständigem Systemtraining kann die subjektive Beurteilung im Fahrzeug vollständig aus den Amplituden a_{osc} der Ruckelschwingungen nachgebildet werden. Die gefundenen Koeffizienten $c1$, $c2$, $c3$ bilden die subjektive Beurteilung nach. Somit ist es auch möglich, nationale länderspezifische Eigenheiten genau zu erfassen. In Ländern, wo komfortables Fahrverhalten mit tendenziell größeren Ansprechzeiten bevorzugt werden, erfolgt die Bewertung anders als in Ländern mit eher sportlich orientierten Fahrweisen. Selbstverständlich kann das System auch zur Beurteilung der Fahrweise des Fahrers dienen.

[0082] Der gezeigte Berechnungsweg ist nur eine von zahlreichen Möglichkeiten, die Bewertung durchzuführen. Die Iteration kann beispielsweise auch mit anderen aus der Mathematik und Statistik bekannten Verfahren durchgeführt werden.

[0083] Am dynamischen Prüfstand steht keine Längsbeschleunigung als Messgröße zur Verfügung. In diesem Fall wird das Beschleunigungssignal a aus den vorhandenen Signalen der Drehzahl N und des Motordrehmomentes nachgebildet. Die Drehzahl N ist dabei das einzige Signal, das sowohl am dynamischen Prüfstand, als auch im Fahrzeug ohne weiteres zur Verfügung steht, da die Messung des Drehmomentes mit vergleichsweise großem Aufwand verbunden ist.

[0084] Zur Nachbildung der Längsbeschleunigung a aus der Drehzahl N wird wiederum ein

selbstlernendes System verwendet. Im ersten Schritt wird eine Korrelation zwischen dem Drehzahlsignal N und der Längsbeschleunigung a , beispielsweise auf iterativem Wege gebildet. Im zweiten Schritt wird das Längsbeschleunigungssignal a aus der Drehzahl N am dynamischen Prüfstand generiert.

[0085] In gleicher Weise wie die im Beispiel demonstrierte Tip In-Bewertung erfolgt die Auswertung von anderen relevanten Größen, wie etwa Leerlaufqualität, Konstantfahrt, Vollastbeschleunigung, Gangwechsel, Warmlaufverhalten, Startvorgang, etc. Zusätzlich können noch für die Bewertung wichtige zeitliche Größen, wie etwa Verzugszeiten berücksichtigt werden. Solche Verzugszeiten sind beispielsweise Verzögerungen in der Gasannahme oder Verzögerungen der Motorbremswirkung nach dem Schließen der Drosselklappe. Ein weiteres Beispiel hierfür sind Drehzahlüberschwingungen beim Schalten, wobei die Drehzahl nach dem Auskuppeln trotz gleichzeitigem Schließen der Drosselklappe ansteigt statt abzufallen.

[0086] Die Fig. 7 und 8 zeigen Kennfelder der im Tip In Fall auftretenden Amplitudenmaxima N_{osc} und a_{osc} der Ruckelschwingungen der Drehzahl N und der Längsbeschleunigung a , dargestellt über der Drehzahl N und über der maximalen Drosselklappenstellung DK während des Tip In Vorganges.

[0087] Das Ergebnis der Beurteilung für den Fall „Tip In“ ist das in Fig. 9 gezeigte Kennfeld, in welchem die Fahrbarkeitsbewertung Dr über der Drehzahl N und der Drosselklappenstellung DK aufgetragen ist. Die Fahrbarkeitsbewertung Dr im Kennfeld ist dabei folgendermaßen skaliert:

- 10 ... nicht störend für besonders erfahrene Testfahrer
- 9 ... störend für besonders erfahrene Testfahrer
- 8 ... störend für kritische Fahrer
- 7 ... störend für einige Fahrer
- 6 ... störend für alle Fahrer
- 5 ... sehr störend für alle Fahrer

Patentansprüche

1. Verfahren zur Beurteilung der Fahrbarkeit von Fahrzeugen, mit folgenden Schritten:
 - Durchführen von Messungen an einem sich auf einer Fahrbahn bewegendem realen Fahrzeug zur Gewinnung von Messgrößen über das Fahrverhalten;
 - laufende Überprüfungen, ob bestimmte Triggerbedingungen (4a), d.h. Konstellationen von bestimmten Messgrößen, erfüllt sind;
 - bei Erfüllen der Triggerbedingungen (4a): Berechnen mindestens einer Bewertungsgröße (D_r), die die Fahrbarkeit des Fahrzeuges ausdrückt, aus einer oder mehreren Messgrößen aufgrund einer vorbestimmten Funktion;
 - Ausgabe der Bewertungsgröße (D_r);**dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest zwei Messungen, vorzugsweise Beschleunigungsmessungen in Richtung einer Fahrachse (x) des Fahrzeuges und in Richtung einer Hochachse (z) des Fahrzeuges, über die Beschaffenheit und den Zustand der Fahrbahn, insbesondere über Unebenheiten der Fahrbahn, zeitgleich und an unterschiedlichen Orten des sich gleichmäßig bewegendem realen Fahrzeuges, vorzugsweise auf verschiedenen Seiten einer parallel zur Fahrtrichtung angeordneten Hochmittelebene (ϵ) des Fahrzeuges, durchgeführt werden und dass zumindest eine Messgröße über das Fahrverhalten hinsichtlich des Einflusses aus der Beschaffenheit und des Zustandes der Fahrbahn korrigiert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Ermittlung der Beschaffenheit und des Zustands der Fahrbahn eine erste Messung an einem Radträger (110), vorzugsweise Vorderradträger, des Fahrzeuges und eine zweite Messung an einem weiteren Radträger (120), vorzugsweise Hinterradträger des Fahrzeuges durchgeführt werden, wobei besonders vorzugsweise die Messungen im Bereich von diametral bezüglich einer Fahrzeugmitte gegenüberliegenden Radträgern (110, 120) des Fahrzeuges durchgeführt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest an einem weiteren Radträger (130, 140), vorzugsweise an zwei weiteren Radträgern (130, 140), Daten über die Beschaffenheit und den Zustand der Fahrbahn in Richtung der Fahrachse (x) des Fahrzeuges und in Richtung der Hochachse (z) des Fahrzeuges, ermittelt werden.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ermittlung der Daten über die Beschaffenheit und den Zustand der Fahrbahn im Bereich zumindest eines weiteren Radträgers (130, 140) des Fahrzeuges durch eine Signal-Simulation auf der Basis der ersten Messung oder zweiten Messung erfolgt.
5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ermittlung der Daten über die Beschaffenheit und den Zustand der Fahrbahn im Bereich zumindest eines weiteren Radträgers (130, 140) des Fahrzeuges durch eine dritte und/oder vierte Messung über die Beschaffenheit und den Zustand der Fahrbahn erfolgt.
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die dritte Messung und die vierte Messung im Bereich von diametral bezüglich einer Fahrzeugmitte gegenüberliegenden Radträgern (130, 140) des Fahrzeuges durchgeführt werden.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zumindest eine Messgröße über das Fahrverhalten unterhalb einer definierten Grenzfrequenz (f_u) ungefiltert bleibt.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass in einem Frequenzbereich zwischen einer definierten Grenzfrequenz (f_u) und einer definierten Schwellfrequenz (f_s) die Frequenzamplituden der zumindest einen Messgröße über das Fahrverhalten mittels einer Dämpfungsfaktor-Kennlinie (D) und mittels den in den Messungen über die Beschaffenheit und den Zustand der Fahrbahn ermittelten Daten gefiltert werden.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass über einer definierten Schwellfrequenz (f_s) die Frequenzamplituden der zumindest einen Messgröße über das Fahrverhalten nur mittels den in den Messungen über die Beschaffenheit und den Zustand der Fahrbahn ermittelten Daten gefiltert werden.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Grenzfrequenz (f_u) etwa 1 bis 3 Hz, vorzugsweise 2 Hz, beträgt.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schwellfrequenz (f_s) maximal 20 Hz, vorzugsweise maximal 10 Hz, beträgt.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Dämpfungsfaktor-Kennlinie (D) frequenzabhängig zwischen einem Minimalwert bei einer unteren Grenzfrequenz (f_u) und einem Maximalwert bei der Schwellfrequenz (f_s) zunimmt.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Messgröße über das Fahrverhalten Antriebsstrangschwingungen in Richtung der Fahrachse des Fahrzeuges und/oder in Richtung der Hochachse des Fahrzeuges aufweist.
14. Vorrichtung zur Beurteilung der Fahrbarkeit von Fahrzeugen, zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 13 mit:
 - einem ersten Messsystem (1) mit Messwertaufnehmern zur Erfassung zumindest einer für die Fahrbarkeit relevanten motor- und/oder fahrzeugbezogenen Messgröße (2, 3) aus der Gruppe Motordrehzahl (N) einer verbrennungsmotorischen Antriebsmaschine, Elektromotordrehzahl einer elektrischen Antriebsmaschine, Drosselklappenstellung (DK), Gaspedalstellung, Fahrzeuggeschwindigkeit, Fahrzeuglängsbeschleunigung (a), Fahrzeughochbeschleunigung, Fahrzeugquerbeschleunigung, Zustand der Bremse, Gangwählhebelstellung, Saugrohrunterdruck, Kühlmitteltemperatur, Zündzeitpunkt, Einspritzmenge, Lambda-Wert, Abgasrückführrate und Abgastemperatur samt Aufnahmeelektronik;
 - einem Datenablatesystem (4) mit Daten (4a) über den Motor- und/oder Fahrzeugbetriebszustand sowie über korrelierende Bewertungsgrößen (Dr) über die Fahrbarkeit;
 - einem Zuordnungssystem (6) zum Zuordnen von Bewertungsgrößen (Dr) über die Fahrbarkeit des Fahrzeuges (B) zu den Daten (2, 3) über den Betriebszustand des Motors (A) und/oder des Fahrzeuges (B);
 - einer Auswerteeinheit (5) zum Vergleichen der gemessenen mit den abgelegten Daten sowie zur Bestimmung von Bewertungsgrößen (Dr) über die Fahrbarkeit unter Verwendung des Zuordnungssystems (6);**dadurch gekennzeichnet**, dass
 - die Vorrichtung ein zweites Messsystem (10) mit zumindest zwei Messwertaufnehmern zur Erfassung der Beschaffenheit und des Zustandes, insbesondere von Unebenheiten der Fahrbahn, aufweist, wobei mit den Messwertaufnehmern zumindest zwei Messungen, vorzugsweise zumindest eine Beschleunigungsmessung in Richtung einer Fahrachse (x) des Fahrzeuges und in Richtung einer Hochachse (z) des Fahrzeuges zeitgleich und an unterschiedlichen Orten des sich gleichmäßig bewegenden realen Fahrzeuges durchführbar sind, und
 - die Vorrichtung eine Kompensationseinrichtung (20) zur Kompensation von mit dem zweiten Messsystem (10) erfassten Fahrbahneinflüssen aufweist, wobei zumindest eine Messgröße über das Fahrverhalten hinsichtlich des Einflusses aus der Beschaffenheit und des Zustandes der Fahrbahn korrigierbar ist.
15. Vorrichtung nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein erster Messaufnehmer zur Erfassung der Beschaffenheit und des Zustandes der Fahrbahn im Bereich eines einem ersten Rad (111) des Fahrzeuges zugeordneten ersten Radträgers (110) angeordnet ist und dass ein zweiter Messaufnehmer zur Erfassung der Beschaffenheit und des Zustandes der Fahrbahn im Bereich eines einem zweiten Rad (121) des Fahrzeuges zugeordneten zweiten Radträgers (120) angeordnet ist, wobei vorzugsweise der erste Radträger (110) und der zweite Radträger (120) diametral in Bezug auf eine Fahrzeugmitte (M) angeordnet sind.

16. Vorrichtung nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein dritter Messaufnehmer zur Erfassung der Beschaffenheit und des Zustandes der Fahrbahn im Bereich eines einem dritten Rad (131) des Fahrzeuges zugeordneten dritten Radträgers (130) angeordnet ist, und/oder dass ein vierter Messaufnehmer zur Erfassung der Beschaffenheit und des Zustandes der Fahrbahn im Bereich eines einem vierten Rad (141) des Fahrzeuges zugeordneten vierten Radträgers (140) angeordnet ist, wobei vorzugsweise der dritte Radträger (130) und der vierte Radträger (140) diametral in Bezug auf eine Fahrzeugmitte (M) angeordnet sind.
17. Vorrichtung nach Anspruch 15 oder 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung eine Signal-Simulationseinrichtung (15) aufweist, um Daten über die Beschaffenheit und den Zustand der Fahrbahn im Bereich zumindest eines einem dritten Rad (131) des Fahrzeuges zugeordneten dritten Radträgers (130) und/oder im Bereich zumindest eines einem vierten Rad (141) des Fahrzeuges zugeordneten vierten Radträgers (140) des Fahrzeuges auf der Basis der Messergebnisse des ersten Messaufnehmers und/oder zweiten Messaufnehmers zu simulieren, wobei vorzugsweise der dritte Radträger (130) und der vierte Radträger (140) diametral in Bezug auf die Fahrzeugmitte (M) angeordnet sind.
18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kompensationseinrichtung (20) einen Bandpassfilter oder eine Bandsperre aufweist, um Frequenzen der Fahrzeuglängsbeschleunigung zwischen einer unteren Grenzfrequenz (f_u) und einer Schwellfrequenz (f_s) mittels einer Dämpfungsfaktor-Kennlinie (D) sowie den Amplituden der Störfrequenzen von den Radträgersignalen zu filtern.
19. Vorrichtung nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass mittels der Kompensationseinrichtung (20) Frequenzen der Fahrzeuglängsbeschleunigung, die über der Schwellfrequenz (f_s) liegen, und über die in den Messungen über die Beschaffenheit und den Zustand der Fahrbahn ermittelten Daten filterbar sind, von der Messdatenerfassung bzw. Messdatenauswertung ausgenommen werden.
20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein Messwertaufnehmer zur Erfassung der Beschaffenheit und des Zustandes der Fahrbahn durch einen zumindest zweiachsigen Beschleunigungssensor (11, 12, 13, 14) gebildet ist.

Hierzu 5 Blatt Zeichnungen

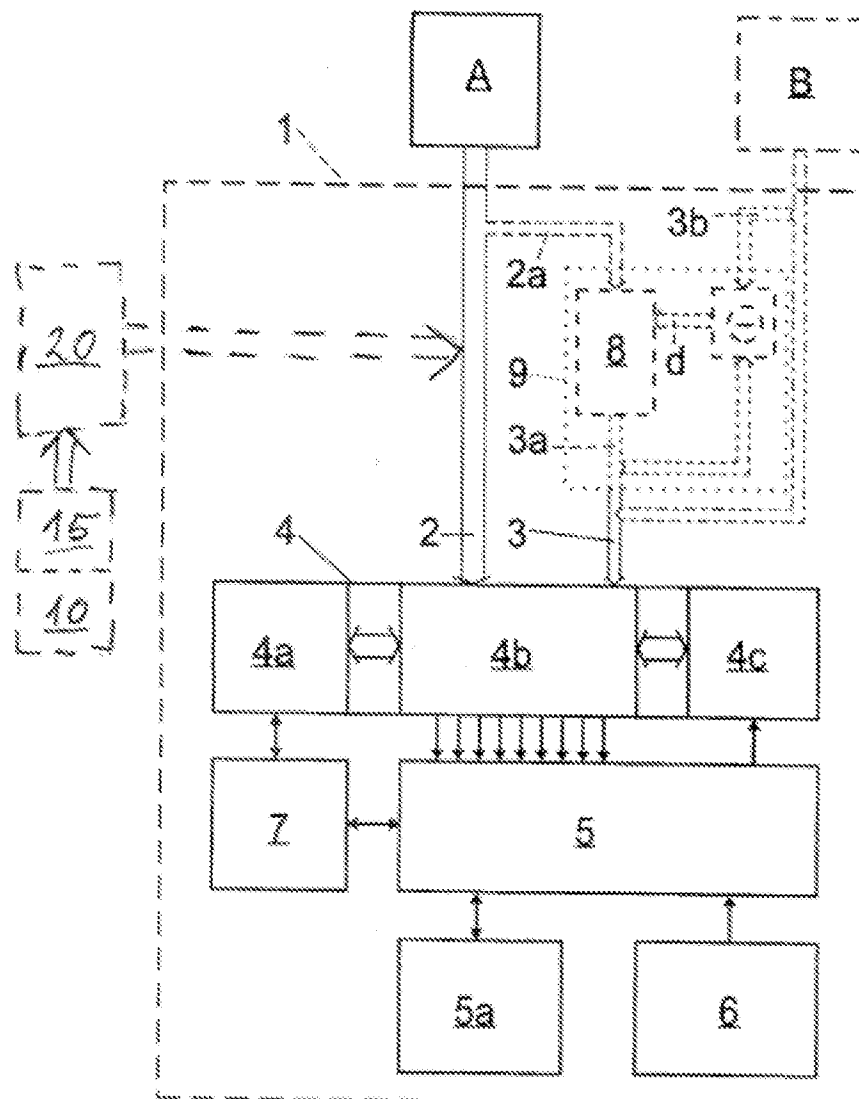
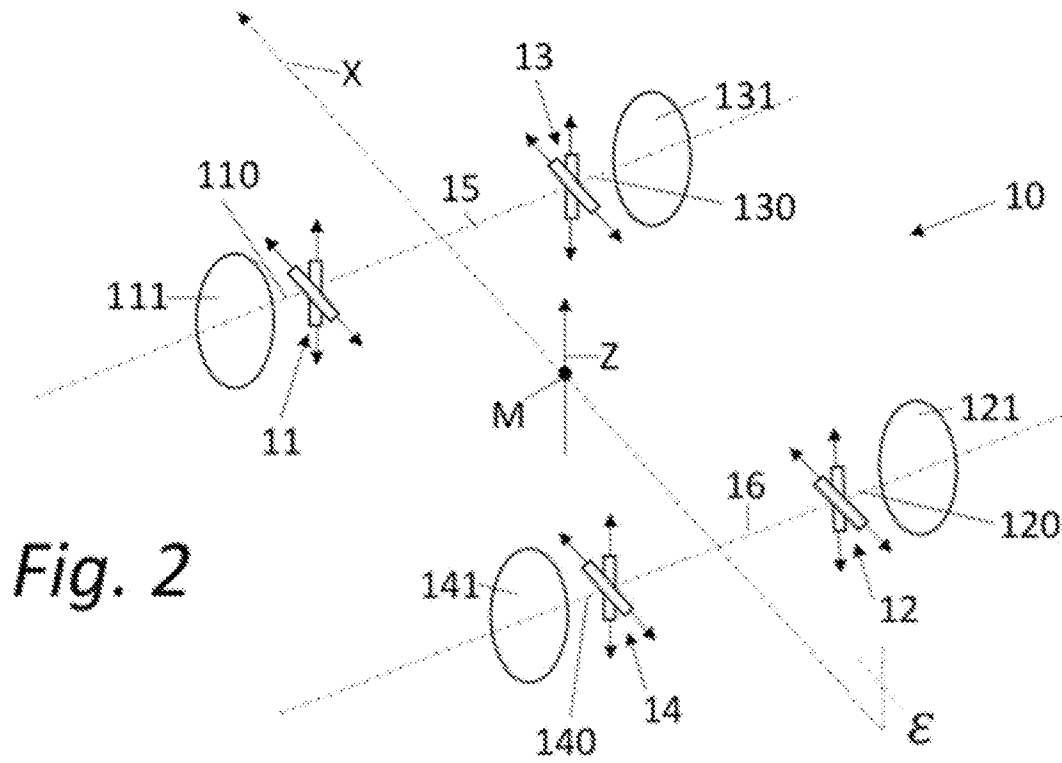


Fig. 1



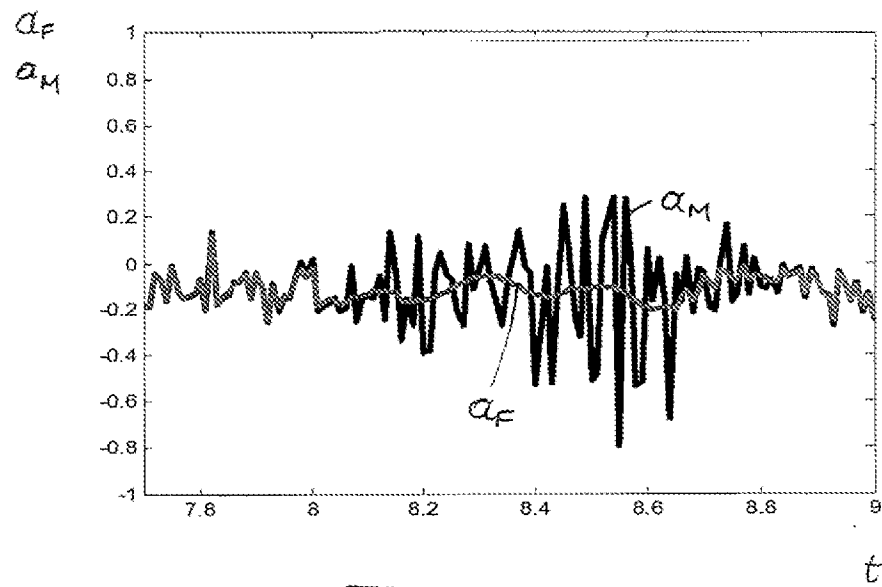


Fig.3

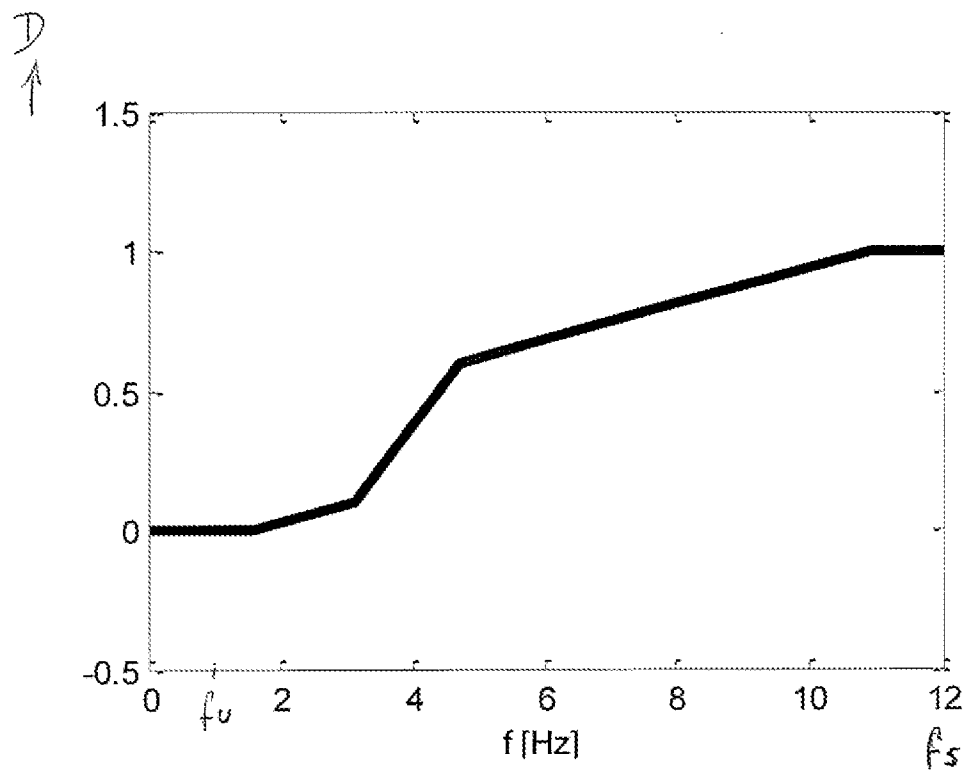


Fig.4

Fig.5

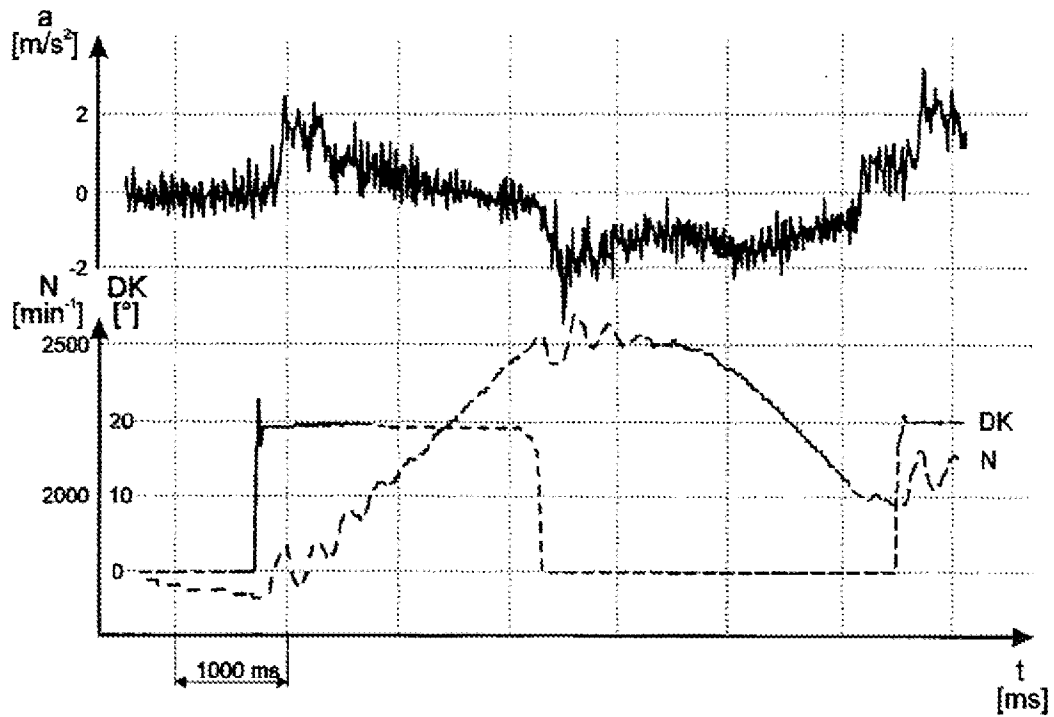


Fig.6

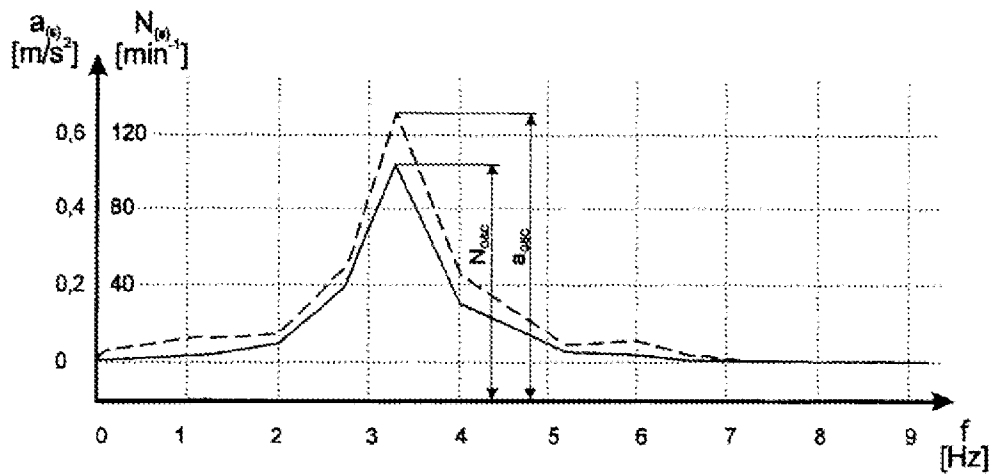


Fig.7

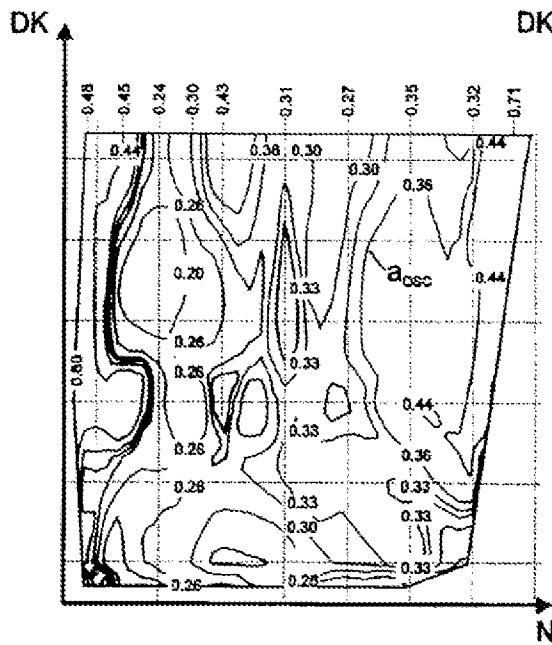


Fig.8

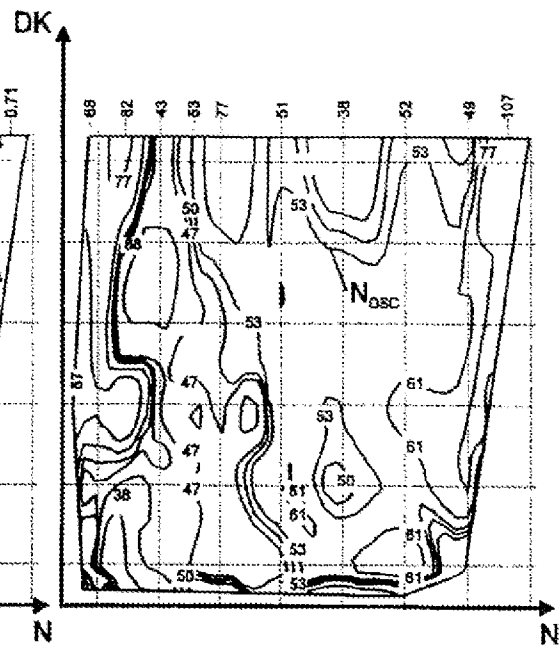


Fig.9

