



(10) **DE 10 2014 013 472 A1** 2015.04.02

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2014 013 472.5**

(22) Anmeldetag: **11.09.2014**

(43) Offenlegungstag: **02.04.2015**

(51) Int Cl.: **G01H 1/16** (2006.01)

G07C 5/08 (2006.01)

B60R 21/01 (2006.01)

(66) Innere Priorität:

10 2013 016 165.7 30.09.2013

10 2014 006 423.9 30.04.2014

(74) Vertreter:

Patentanwälte Jabbusch Siekmann & Wasiljeff,
26131 Oldenburg, DE

(71) Anmelder:

Hella KGaA Hueck & Co., 59557 Lippstadt, DE;
Universität Bremen, 28359 Bremen, DE

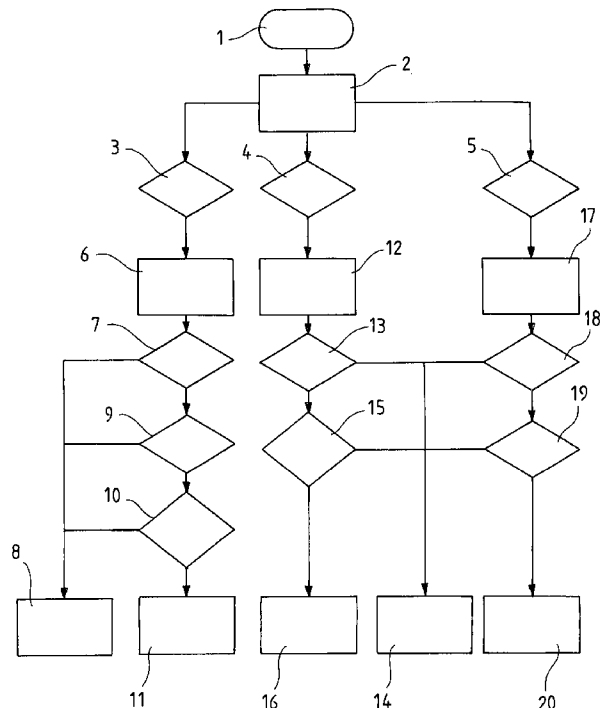
(72) Erfinder:

Baumgärtel, Klaas Hauke, 27753 Delmenhorst,
DE; Niemann, Thomas, 27753 Delmenhorst,
DE; Krieger, Karl-Ludwig, Prof. Dr.-Ing., 26835
Brinkum, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Erkennung und Klassifikation von Schadensereignissen an Kraftfahrzeugen und Vorrichtung hierfür**

(57) Zusammenfassung: Bei einem Verfahren zur Erkennung und Klassifikation von Schadensereignissen und/oder Berührungseignissen, insbesondere an Kraftfahrzeugen, durch die Erfassung und Auswertung von wenigstens einem Körperschallsignal, sollen die verschiedenen Formen von Schadensereignissen erfasst, ausgewertet und klassifiziert werden. Dies wird erreicht, indem eine Amplitudenhüllkurve des Körperschallsignals bestimmt wird und das Körperschallsignal aufgrund des zeitlichen Verlaufs der Amplitudenhüllkurve klassifiziert wird. Dabei werden verschiedenen Arten des zeitlichen Verlaufs der Amplitudenhüllkurve verschiedene Schadensereignisse oder Berührungseignisse zugeordnet.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erkennung und Klassifikation von Schadensereignissen und/oder Berührungseignissen, insbesondere an Kraftfahrzeugen, durch die Erfassung und Auswertung von wenigstens einem Körperschallsignal. Weiterhin betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens, wobei die Vorrichtung wenigstens einen Körperschallsensor aufweist, der mit einer Auswerteeinheit zur Signalübertragung verbunden ist. Außerdem betrifft die Erfindung ein Fahrzeug, insbesondere ein Kraftfahrzeug, mit einer vorbezeichneten Vorrichtung.

[0002] Verfahren und Vorrichtungen zur Erkennung von Schadensereignissen sind bekannt und kommen vor allem im Kraftfahrzeugbereich zum Einsatz. So ist in der DE 100 34 542 ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Erkennung einer unfallbedingten Verformung mindestens eines Bauteils eines Kraftfahrzeugs durch die Erfassung eines Körperschallfrequenzspektrums beschrieben. Das Körperschallfrequenzspektrum wird als ein Sensorsignal an eine Auswerteeinrichtung geleitet. Mindestens ein Bauteil wird mit einem definierten, sich wiederholenden Frequenzimpuls angeregt und das daraus resultierende Körperschallfrequenzspektrum wird erfasst und ausgewertet. Mit diesem Körperschallfrequenzspektrum werden andere aus dem gleichen Frequenzimpuls resultierende Körperschallfrequenzspektren verglichen und ein signifikanter Unterschied wird als unfallbedingte Verformung interpretiert. Eine Unterscheidung, um welche Art der Verformung es sich handelt, wird nicht getroffen. Auch die Detektion geringerer Beschädigungen, wie beispielsweise Lackkratzen, ist nicht vorgesehen.

[0003] Körperschallsensoren, die in Kraftfahrzeugen zur Verwendung kommen, sind hauptsächlich auf eine Kollisionserkennung ausgelegt. Die Erkennung solcher größerer Schadensereignisse durch Körperschallsensoren wird häufig dazu genutzt, einen Schutz für die Insassen des Kraftfahrzeuges oder anderer Verkehrsteilnehmer auszulösen. Zumeist wird zur Bewertung eines Ereignisses das detektierte Körperschallsignal umgewandelt, so dass beispielsweise die Energie des Körperschallsignals oder das Körperschallsignal in einer spektral aufgelösten Form untersucht wird. Durch den Vergleich mit einem vorher bestimmten Schwellwert ist beispielsweise bei einem spektral aufgelösten Körperschallsignal die Entscheidung möglich, ob beispielsweise ein Airbag ausgelöst oder nicht ausgelöst werden soll. Eine genauere Klassifikation des Schadensereignisses findet nicht statt.

[0004] Es ist somit mit den bekannten Verfahren nicht möglich zu entscheiden, ob es sich bei dem Schadensereignis um beispielsweise eine Delle, ei-

nen Lackkratzer oder um eine stärkere, plastische Verformung der Fahrzeughülle handelt. Zur genaueren Klassifikation, um welche Art des Schadens es sich handelt, muss daher eine optische Bewertung des Schadens durch beispielsweise Sichtkontrolle erfolgen. Dies ist während des Fahrbetriebes des Kraftfahrzeuges zumeist nicht möglich, so dass eine eindeutige Zuordnung des Schadensereignisses zu einer möglichen Ursache durch den zeitlichen Versatz vom Ereignis zur Kontrolle eingeschränkt ist.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren bereit zu stellen, mit dem Schadensereignisse und Berührungseignisse an einem Kraftfahrzeug erfasst, ausgewertet und klassifiziert werden können.

[0006] Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt mit einem Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1, einer Vorrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 16 und einem Fahrzeug mit den Merkmalen des Patentanspruchs 17. Weiterbildungen und vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den jeweiligen Unteransprüchen angegeben.

[0007] Das Verfahren zur Erkennung und Klassifikation von Schadensereignissen und/oder Berührungseignissen, insbesondere an Kraftfahrzeugen, durch die Erfassung und Auswertung von wenigstens einem Körperschallsignal, zeichnet sich erfindungsgemäß dadurch aus, dass eine Amplitudenhüllkurve des Körperschallsignals bestimmt wird, und dass das Körperschallsignal aufgrund des zeitlichen Verlaufs der Amplitudenhüllkurve klassifiziert wird, wobei verschiedenen Arten des zeitlichen Verlaufs der Amplitudenhüllkurve verschiedene Schadensereignisse oder Berührungseignisse zugeordnet werden.

[0008] Durch die Analyse der Amplitudenhüllkurve ist eine genaue Bewertung des zeitlichen Verlaufs eines Körperschallsignals möglich. Anhand des zeitlichen Verlaufs der Amplitudenhüllkurve wird eine weitere Klassifikation des Körperschallsignals vorgenommen. Dadurch, dass das Signal nicht in ein Frequenzspektrum umgerechnet wird, liegen sämtliche zeitabhängigen Informationen des Signals vor. So können beispielsweise die Anstiegskurve, die Abklingkurve, die zeitlich abhängige Maximalamplitude sowie die Signallänge des Körperschallsignals bestimmt werden. Diese Signaleigenschaften können zur weiteren Klassifikation des Körperschallsignals genutzt werden.

[0009] Die Berechnung und Speicherung von Signaleigenschaften des Körperschallsignals wird begonnen, sobald wenigstens ein bestimmter Parameter durch das Körperschallsignal oder durch ein aus dem Körperschallsignal hervorgehendes Signal erfüllt wird. Die von der Fahrzeughülle oder anderen Bauteilen des Kraftfahrzeuges eingehenden Körper-

schallsignale werden kontinuierlich überwacht. Sobald eines dieser Körperschallsignale einen vorher bestimmten Schwellwert überschreitet, wird der Algorithmus zur Berechnung und Speicherung der Signaleigenschaften gestartet. Durch diesen permanenten Abgleich des Körperschallsignals mit einem Schwellwert ist eine Art Voruntersuchung gegeben, so dass es nicht notwendig ist, zu jedem Körperschallsignal die komplette Berechnung aller Signaleigenschaften durchzuführen. Durch diese Maßnahme sind erhebliche Einsparungen in der Rechenzeit gegeben.

[0010] Vorzugsweise werden Frequenzen des Körperschallsignals, die unterhalb einer Grenzfrequenz liegen, mit einem Filter, insbesondere einem Hochpassfilter, gedämpft. Bei Überschreitung eines Schwellwertes durch das gefilterte Signal wird mit der Berechnung und Speicherung von Signaleigenschaften des ursprünglichen und des gefilterten Körperschallsignals begonnen. Durch die Filterung des gesamten Körperschallsignals mittels eines Hochpassfilters können häufige Störgeräusche, die zumeist in einem Frequenzbereich unterhalb des Körperschallsignals liegen, wie Motorvibrationen, Radlaufgeräusche oder ähnliche ausgeblendet werden. Durch die Verwendung des hochpassgefilterten Körperschallsignals für den Vergleich mit einem Schwellwert, der als Voruntersuchung fungiert, kann der Anteil fehlerhafter Schadensmeldungen reduziert werden. Durch die Dämpfung der niedrigeren Frequenzen tragen Störgeräusche aus einem niederen Frequenzbereich weniger zum Spektrum des Körperschallsignals bei.

[0011] Zur Auswertung werden die Signaleigenschaften des Körperschallsignals von einzelnen, zeitlich aufeinanderfolgenden Körperschallsignalblöcken bestimmt. Durch die Auswertung einzelner Signalblöcke, die typischerweise eine Länge von einer bis zehn Millisekunden aufweisen, kann die zur Auswertung benötigte Rechenleistung erheblich reduziert werden.

[0012] Bei der Überschreitung eines Schwellwertes durch das hochpassgefilterte Körperschallsignal wird die Maximalamplitude und/oder der Mittelwert und/oder die Varianz des Körperschallsignals, sowie die Maximalamplitude des hochpassgefilterten Signals berechnet und gespeichert. Zudem werden die Energiewerte des Körperschallsignals und die Energiewerte des hochpassgefilterten Körperschallsignals bestimmt und gespeichert. Diese zeitlich aufgelöst gespeicherten Signalangaben werden verwendet, um detektierte Körperschallsignale näher zu klassifizieren und ihnen somit verschiedene Schadensereignisse oder Berührungseignisse zuzuordnen.

[0013] Die Speicherung der Körperschallsignalwerte wird solange fortgesetzt, bis sich der Signalenergiepegel einem vorher bestimmten Rauschpegel an-

genähert hat oder bis sich der Signalenergiepegel wenigstens zweier aufeinanderfolgender Signalblöcke nicht signifikant ändert. Sobald sich der Signalenergiepegel dem vorherigen Rauschpegel angenähert hat, ist sichergestellt, dass die Änderung im Körperschallsignalwert bewirkende Ereignis beendet ist. Es können ebenfalls Ereignisse auftreten, die den Signalenergiepegel nachhaltig ändern. Die vollständige Erfassung eines solchen Ereignisses ist dann sichergestellt, wenn sich die Signalenergiepegel wenigstens zweier, vorzugsweise aber mehrerer aufeinanderfolgender Signalblöcke nicht grundlegend ändert. Die Signalenergiewerte haben sich also auf einen neuen Wert eingependelt. Bei der Erfüllung dieser Kriterien kann die Auswertung und Speicherung der Signaldaten eingestellt werden.

[0014] Die genauere Klassifikation der Körperschallsignale erfolgt über die Untersuchung des zeitlichen Verlaufs der Amplitudenhüllkurve des Körperschallsignals. So wird ein impulsartiger Verlauf der Amplitudenhüllkurve einer möglichen plastischen Verformung am Fahrzeug zugeordnet. Eine plastische Verformung kann beispielsweise eine Delle in der Fahrzeughülle sein, die durch einen Steinschlag hervorgerufen wurde. Ein impulsartiger Verlauf der Amplitudenhüllkurve zeichnet sich dadurch aus, dass er verhältnismäßig große Amplituden in einem relativ kurzen Zeitfenster aufweist. Dies kommt dadurch zustande, dass, beispielsweise bei einem Steinschlag, viel Energie in einem kurzen Zeitraum übertragen wird. Sobald der Stein abgeprallt ist, ist die Energieübertragung beendet und die Amplitude des Körperschallsignals nähert sich wieder dem Normalwert an. Ebenfalls ist es möglich, dass durch einen Steinschlag, der beispielsweise eine Verformung im Kraftfahrzeug hinterlässt, das gemessene Körperschallsignal dauerhaft geändert ist.

[0015] In einer Ausführungsform des Verfahrens weist der impulsartige Verlauf einen hohen Amplitudenausschlag gefolgt von einem exponentiellen Abfall auf. Der beispielsweise durch einen Steinschlag verursachte große Amplitudenausschlag ist charakteristisch für den impulsartigen Amplitudenhüllkurvenverlauf einer plastischen Verformung. Durch die relativ kurze Energieübertragungszeit auf das Fahrzeug fällt die Amplitudenhüllkurve schnell ab, die Kurve zeigt einen exponentiellen Abfall.

[0016] Nach einer Ausführungsform des Verfahrens wird ein länglicher zeitlicher Verlauf der Amplitudenhüllkurve des Körperschallsignals einer möglichen Beschädigung der Fahrzeuglackierung zugeordnet. Die Beschädigung der Fahrzeuglackierung, beispielsweise das Verursachen eines Kratzers durch Gestrüpp, Sträucher oder ähnliches, zeichnet sich dadurch aus, dass zumeist eine längere Einwirkung auf das Fahrzeug gegeben ist, die somit auch ein längliches Körperschallsignal verursacht.

Die übertragene Energie hierbei ist allerdings wesentlich geringer als bei der plastischen Verformung durch einen Stein.

[0017] In einer Ausführungsform des Verfahrens weist die Amplitudenhüllkurve einen ersten Ausschlag und zeitlich beabstandet einen zweiten Ausschlag auf und der zweite Ausschlag wird einer Beschädigung der Fahrzeuglackierung zugeordnet. Bei einer Beschädigung; beispielweise einer Verkratzung, der Fahrzeuglackierung wird zumeist ein erstes Amplitudenmaximum durch das Aufsetzen des die Beschädigung verursachenden Gegenstandes verursacht. Die eigentliche Beschädigung der Lackierung resultiert in einem weiteren Ausschlag der Amplitudenhüllkurve.

[0018] In einer Ausführungsform des Verfahrens weisen die Amplitudenausschläge in dem länglichen zeitlichen Verlauf ungefähr die gleiche Größenordnung auf. Der auf das eigentliche Verkratzen der Fahrzeuglackierung zurückgehende Abschnitt der Amplitudenhüllkurve weist eine ungefähr konstante Größenordnung auf, da zumeist die Krafteinwirkung auf die Fahrzeuglackierung bei Verkratzen relativ konstant ist.

[0019] Ein unregelmäßiger zeitlicher Verlauf der Amplitudenhüllkurve des Körperschallsignals wird einer möglichen Verschrammung am Fahrzeug zugeordnet. Verschrammungen, beispielweise an der Fahrzeughülle, treten beispielweise bei Berührungen zwischen zwei Fahrzeugen beim Einparkvorgang auf. Die auf die Fahrzeughülle übertragene Energie ist bei einer Verschrammung zumeist höher als beispielweise bei einem Lackkratzer. Hieraus resultiert, dass eine Verschrammung auch tiefere Spuren in der Fahrzeughülle hinterlässt.

[0020] Bei einem impulsartigen zeitlichen Verlauf der Amplitudenhüllkurve wird das Körperschallsignal weiter untersucht, indem die Maximalamplitude des Körperschallsignals mit einem Schwellwert verglichen wird und wenn das Körperschallsignal diesen Schwellwert übersteigt, wird der Energiewert des hochpassgefilterten Körperschallsignals mit einem weiteren Schwellwert verglichen wird und bei Überschreitung dieses weiteren Schwellwertes wird die Abklingzeit der Gesamtenergie des Körperschallsignals bestimmt. Bei einer kurzen Abklingzeit der Gesamtenergie des Körperschallsignals wird das Körperschallsignal einer plastischen Verformung zugeordnet. Bei einer plastischen Verformung, beispielweise der Fahrzeughülle, wird eine hohe Energie in kurzer Zeit auf das Bauteil übertragen. Dies resultiert in einer großen Amplitude des Körperschallsignals. Die Maximalamplitude des Körperschallsignals wird mit einem Schwellwert verglichen, wobei bei einer Unterschreitung dieses Schwellwertes eine plastische Verformung des Fahrzeugs unwahr-

scheinlich ist und somit von einer elastischen Verformung ausgegangen werden kann.

[0021] Wird der Schwellwert überschritten, so wird in einem nächsten Schritt die Energie im hochpassgefilterten Signal mit einem weiteren Schwellwert verglichen. Durch den Vergleich des Energiewertes im hochpassgefilterten Signal mit einem Schwellwert kann ausgeschlossen werden, dass die meiste Energie im Körperschallsignal bei geringeren Frequenzen auftritt und somit beispielsweise durch Änderungen der Fahrgeräusche hervorgerufen wird. Bei Unterschreitung dieses Schwellwertes müssen zur genauen Klassifizierung des Schadensereignisses weitere Signaleigenschaften geprüft werden. Beispielsweise kann geprüft werden, wieviel Energie pro Zeiteinheit auf das Fahrzeug übertragen wurde. Bei Überschreitung dieses Schwellwertes wird im Weiteren die Abklingzeit des zeitlichen Verlaufs der Gesamtenergie untersucht. Eine kurze Abklingzeit lässt auf einen kurzzeitigen impulsartigen Energieübertrag auf das Kraftfahrzeug und somit auf eine plastische Verformung des Kraftfahrzeuges beispielweise der Kraftfahrzeughülle schließen.

[0022] In einer Ausführungsform des Verfahrens fällt die Amplitudenhüllkurve in weniger als 0,4 Sekunden auf 10% des Maximums ab. Bei einer plastischen Verformung findet das Abklingen der Amplitudenhüllkurve innerhalb eines Zeitfensters von 0,4 Sekunden statt. Vorzugsweise wird ein Zeitfenster von 0,3 Sekunden gewählt, in dem die Amplitudenhüllkurve vollständig abfällt, um das Signal einer plastischen Verformung zuzuordnen.

[0023] Bei einem länglichen Verlauf der Amplitudenhüllkurve des Körperschallsignals wird das Signal weiterhin untersucht, indem die Signallänge des Körperschallsignals mit einem Schwellwert verglichen wird und bei Überschreitung dieses Schwellwertes der Energiewert des ursprünglichen Körperschallsignals mit dem Energiewert des hochpassgefilterten Körperschallsignals verglichen wird. Weist das hochpassgefilterte Signal einen wesentlich höheren Energiewert als das ursprüngliche Körperschallsignal auf, so ist das Vorliegen eines Lackkratzers wahrscheinlich. Kontakte zwischen dem Kraftfahrzeug, beispielweise der Kraftfahrzeughülle und einem Gegenstand oder einem anderen Kraftfahrzeug, die zu einer Verkratzung des Fahrzeuglacks führen, sind zumeist von längerer Dauer als Kontakte, die beispielsweise zu einer plastischen Verformung des Fahrzeugs führen. Weist die Amplitudenhüllkurve des Körperschallsignals eine längliche Form auf, unterschreitet aber einen vorher festgelegten Schwellwert, so ist eine nähere Definition dieses Körpersignals schwierig und das Signal wird als undefiniert eingestuft. Überschreitet die Signallänge hingegen einen Schwellwert, so wird im Folgenden untersucht, ob im hochpassgefilterten Signal eine höhere En-

ergie vorliegt, als im ursprünglichen Körperschallsignal. Im hochpassgefilterten Signal sind Frequenzen, die unterhalb einer Grenzfrequenz liegen, gedämpft. Durch einen Vergleich der Energien des hochpassgefilterten Signals und des ursprünglichen Körperschallsignals wird also ersichtlich, ob hauptsächlich die niedrigeren oder die höheren Frequenzen zur Gesamtenergie des Körperschallsignals beitragen. Da bei der Verursachung eines Lackkratzers zumeist höhere Frequenzen ausgesendet werden, ist es wahrscheinlich, dass ein Lackkratzer vorliegt, wenn die Energie des hochpassgefilterten Signals die Energie des ursprünglichen Körperschallsignals übersteigt.

[0024] Beim Vorliegen eines unregelmäßigen zeitlichen Verlaufes der Amplitudenhüllkurve wird die Signallänge des Körperschallsignals mit einem Schwellwert verglichen und bei Überschreitung dieses Schwellwertes wird der Gesamtenergiewert des Körperschallsignals mit einem weiteren Schwellwert verglichen. Bei Überschreitung dieses weiteren Schwellwertes wird das Körperschallsignal einer Verschrammung zugeordnet. Einer Verschrammung, beispielsweise der Fahrzeughülle geht zumeist ein längerer Kontakt zu einem anderen Gegenstand oder einem anderen Fahrzeug voraus. Die Signallänge des Körperschallsignals wird also zunächst mit einem vorher definierten Schwellwert verglichen. Bei Unterschreitung dieses Schwellwertes wird das Körperschallsignal als ein undefiniertes Geräusch klassifiziert. Bei Überschreitung dieses Schwellwertes ist eine Verschrammung des Fahrzeugs möglich und zur weiteren Plausibilisierung wird der Gesamtenergiewert des Körperschallsignals mit einem weiteren Schwellwert verglichen. Da die übertragene Energie bei einer Verschrammung sich von anderen Berührungs- oder Schadensereignissen unterscheidet, kann bei Überschreitung dieses Schwellwertes davon ausgegangen werden, dass eine Verschrammung vorliegt. Bei der Unterschreitung dieses Schwellwertes wird das Geräusch als undefiniert klassifiziert.

[0025] In einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens weist bei einer elastischen Verformung die Amplitudenhüllkurve ausgehend von einem Startwert einen exponentiellen Abfall auf. Das detektierte Körperschallsignal, das von einer elastischen Verformung, beispielsweise der Fahrzeughülle, hervorgerufen wird, weist ein Amplitudenmaximum auf, das auf das maximale Eindrücken der Fahrzeughülle zurückgeht. Da bei der elastischen Verformung die Fahrzeughülle nicht so weit eingedrückt wird, dass es zu einer dauerhaften Beschädigung kommt, ist das Amplitudenmaximum nicht stark ausgeprägt.

[0026] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung erstreckt sich der exponentielle Abfall über einen Zeitabschnitt von mindestens 0,5 Sekunden. Die Abklingzeit, also der Zeitabschnitt, in dem das Signal auf 10% der Maximalamplitude abgefallen ist, beträgt

mindestens 0,5 Sekunden. Zumeist liegt sie in einem Zeitfenster von 0,5 Sekunden bis 1 Sekunde. Die Abklingzeit der elastischen Verformung ist damit deutlich länger als bei einer plastischen Verformung.

[0027] In einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens ist die maximale Amplitude der Amplitudenhüllkurve bei einer plastischen Verformung zumeist größer als bei einer elastischen Verformung. Aufgrund des größeren Amplitudenmaximums lässt sich das Körperschallsignal einer plastischen Verformung von der einer elastischen Verformung unterscheiden. Das Amplitudenmaximum ist bei der plastischen Verformung aufgrund des höheren Energieeintrags größer. Zur genauen Festlegung kann ein Schwellwert eingeführt werden, bei dessen Überschreitung von einer plastischen Verformung ausgegangen werden kann.

[0028] In einer Weiterbildung des Verfahrens kann die Zuordnung der Körperschallsignale zu verschiedenen Schadensereignissen oder Berührungseignissen durch die Verwendung von beispielsweise künstlichen neuronalen Netzen, Hidden Markov Models oder anderen Methoden der Spracherkennung weiter plausibilisiert werden. Durch diese Methoden ist eine genauere Abtastung, Verarbeitung und somit Zuordnung der Körperschallsignale zu verschiedenen Schadensereignissen oder Berührungseignissen möglich. So können beispielsweise verschiedene Frequenzverläufe oder verschiedene Frequenzabfolgen untersucht werden. Des Weiteren können die Signale zerlegt werden und mit gespeicherten Vergleichsstücken verglichen werden, um mögliche Übereinstimmungen zu bestimmen. Zudem können beispielsweise künstliche neuronale Netze durch einen definierten Trainingsdatensatz trainiert werden.

[0029] Vorteilhafterweise werden die Körperschallsignale wenigstens einer metallischen Fläche, insbesondere einer Außenhülle eines Fahrzeugs erfasst und ausgewertet. Durch die Erfassung von Körperschallsignalen der Außenhülle des Fahrzeugs können Berührungseignisse oder Schadensereignisse erfasst werden. Der beispielsweise von einem Schadensereignis ausgelöste Körperschall wird über die Außenhülle auf das gesamte Fahrzeug beziehungsweise die Karosserie des Fahrzeugs übertragen und kann somit gut durch entsprechende Sensoren erfasst werden.

[0030] Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Durchführen des erfindungsgemäßen Verfahrens, wobei die Vorrichtung wenigstens einen Körperschallsensor aufweist, der signalleitend mit einer Auswerteeinheit verbunden ist. Die Vorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit eine Einrichtung zur Berechnung einer Amplitudenhüllkurve und eine Einrichtung zur zeitabhängigen Analyse einer Amplitudenhüllkurve oder ei-

nes Körperschallsignals aufweist und dass die Vorrichtung eine Einheit zur Filterung eines Körperschallsignals aufweist und, dass die Vorrichtung eine Ereignisspeichereinheit aufweist.

[0031] Vorzugsweise sind mehrere Körperschallsensoren, beispielsweise an der Fahrzeughülle des Kraftfahrzeuges angeordnet. Auftretende Berührungseignisse oder Schadensereignisse können somit an jeder Stelle der Fahrzeughülle detektiert werden. Die Körperschallsensoren sind mit einer Auswerteeinheit verbunden, wobei jeder Körperschallsensor mit einer Auswerteeinheit verbunden sein kann oder das Kraftfahrzeug eine zentrale Auswerteeinheit aufweist, mit der alle Körperschallsensoren verbunden sind. In der Auswerteeinheit werden alle zur Detektion und Klassifikation benötigten Rechenoperationen durchgeführt.

[0032] Zudem betrifft die Erfindung ein Fahrzeug, insbesondere ein Kraftfahrzeug, mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung. Bei einem Kraftfahrzeug können die Körperschallsensoren sowie die Auswerteeinheit in bereits bestehende Sensoren beziehungsweise Recheneinheiten integriert werden.

[0033] Nachfolgend wird die Erfindung anhand eines in der Zeichnung dargestellten bevorzugten Ausführungsbeispiels weiter erläutert. Im Einzelnen zeigen:

[0034] Fig. 1: eine schematische Darstellung des Verfahrens;

[0035] Fig. 2: eine schematische Darstellung eines Messsignals einer elastischen Verformung;

[0036] Fig. 3: eine schematische Darstellung eines Signals einer plastischen Verformung und

[0037] Fig. 4: eine schematische Darstellung eines Signals einer Beschädigung der Fahrzeuglackierung.

[0038] Das von den Körperschallsensoren dauerhaft registrierte Körperschallsignal wird zunächst mit einem Hochpass gefiltert, um Störgeräusche, wie Motorvibrationen oder Radlaufgeräusche auszublenden. Das hochpassgefilterte Signal wird mit einem Schwellwert verglichen und sobald dieser vorher bestimmte Schwellwert überschritten wird, wird mit der Berechnung und Speicherung von Signaleigenschaften des ursprünglichen Körperschallsignals und des hochpassgefilterten Körperschallsignals begonnen. Vom ursprünglichen Körperschallsignal werden die maximale Amplitude, der Mittelwert und die Varianz bestimmt. Vom hochpassgefilterten Körperschallsignal wird die maximale Amplitude bestimmt. Zudem werden die Energiewerte des hochpassgefilterten und des ursprünglichen Körperschallsignals berechnet. Die Aufzeichnung dieser Werte endet, sobald sich der Signalenergiepegel einem vorherigen

Rauschpegel angenähert hat oder wenn sich die Werte auf einen neuen festen Wert eingependelt haben. Nach der Berechnung und Speicherung der durch ein Schadens- oder Berührungseignisse hervorgerufenen Körperschallsignale beginnt die eigentliche Klassifizierung **1**. Dazu wird zunächst die Amplitudenhüllkurve des Körperschallsignals berechnet **2** und deren zeitlicher Verlauf untersucht. In dem Verfahren wird zwischen einem impulsartigen **3**, einem länglichen Verlauf **4** und einem unregelmäßigen Verlauf **5** unterschieden. Weist die Amplitudenhüllkurve einen impulsartigen Verlauf **3** auf, so könnte diesem eine Delle oder ein Steinschlag zugrunde liegen **6**. Zur näheren Untersuchung wird in einem ersten Schritt **7** die maximale Amplitude des Körperschallsignals mit einem Schwellwert verglichen. Weist die maximale Amplitude einen kleineren Wert als der vorher bestimmte Schwellwert auf, so handelt es sich wahrscheinlich um eine elastische Verformung **8**. Weist die maximale Amplitude einen größeren Schwellwert auf, so wird in einem zweiten Schritt **9** die Energie des hochpassgefilterten Körperschallsignals mit einem zweiten Schwellwert verglichen. Eine Unterschreitung dieses Schwellwertes wird einer elastischen Verformung **8** zugeordnet, bei einer Überschreitung des Schwellwertes wird in einem dritten Schritt **10** die Abklingzeit der Gesamtenergie des Körperschallsignals untersucht. Bei einer kurzen Abklingzeit der Gesamtenergie wird dem Schadens- oder Berührungseignisse eine Delle oder ein Steinschlag **11** zugeordnet.

[0039] Bei einem länglichen Verlauf **4** der Amplitudenhüllkurve könnte ein Lackkratzer **12** die Ursache für dieses Körperschallsignal sein. Dazu wird in einem ersten Schritt **13** die Signallänge des Körperschallsignals mit einem vorher bestimmten Schwellwert verglichen. Unterschreitet die Länge des Signals diesen Schwellwert, so ist die Ursache für das Körperschallsignal undefiniert **14**. Überschreitet die Signallänge den Schwellwert, so wird in einer weiteren Untersuchung **15** festgestellt, ob sich ein Großteil der Gesamtenergie des Körperschallsignals in dem Frequenzbereich oberhalb der Grenzfrequenz des Hochpassfilters befindet. Ist dies nicht der Fall, so wird dem Signal ein undefiniertes Geräusch **14** zugeordnet. Weist der höhere Frequenzbereich den deutlich höheren Energieanteil als der niedrigere Frequenzbereich auf, so ist ein Lackkratzer als Ursache des Körperschallsignals **16** wahrscheinlich.

[0040] Bei einem unregelmäßigen Verlauf der Amplitudenhüllkurve kann ein Parkrempler oder eine Verschrammung **17** Ursache für das Signal sein. Zur Untersuchung wird in einem ersten Schritt **18** die Signallänge mit einem Schwellwert verglichen. Bei einer Unterschreitung des Schwellwertes wird dem Ereignis ein undefiniertes Geräusch **14** zugewiesen. Überschreitet die Signallänge den vorher bestimmten Schwellwert, so wird die Gesamtenergie des Kör-

perschallsignals in einem weiteren Schritt **19** mit einem weiteren Schwellwert verglichen. Bei einer Unterschreitung des Schwellwertes wird dem Signal ein undefiniertes Geräusch **14** zugeordnet. Überschreitet der Wert der Gesamtenergie den Schwellwert, so ist eine Verschrammung **20** als Ursache für das Körperschallsignal wahrscheinlich.

[0041] In Fig. 2 ist das Körperschallsignal einer elastischen Verformung **21** dargestellt. Ausgehend von einem Amplitudenmaximum **22**, das in diesem Beispiel einen Wert von ungefähr 13 mV aufweist, fällt die Amplitudenhüllkurve exponentiell **23** ab. Die Abklingzeit, in der das Signal vom Amplitudenmaximum auf 10% des Amplitudenmaximums abfällt, beträgt ungefähr 0,6 Sekunden. Da der Energieeintrag bei der elastischen Verformung nicht sonderlich groß ist, hinterlässt diese keinen Schaden am Fahrzeug.

[0042] In Fig. 3 ist der schematische Verlauf eines Körperschallsignals einer plastischen Verformung **24** an der Fahrzeugaußenhülle dargestellt. Ausgehend von einem Amplitudenmaximum **25** von 950 mV fällt die Amplitudenhüllkurve exponentiell **26** ab. Die Abklingzeit bei der plastischen Verformung beträgt an diesem Beispiel 125 Millisekunden. Im Vergleich zur elastischen Verformung weist die plastische Verformung also ein wesentlich höheres Amplitudenmaximum **25** und eine wesentliche geringere Abklingzeit auf. Das wesentlich größere Amplitudenmaximum **25** liegt in der höheren Energie zugrunde, die bei der plastischen Verformung auf die Fahrzeugaußenhülle übertragen wird.

[0043] In Fig. 4 ist schematisch das Körperschallsignal bei einer Verkratzung der Fahrzeuglackierung **27** dargestellt. Es sind zwei voneinander zeitlich beabstandete Ausschläge der Amplitudenhüllkurve dargestellt. Der erste Ausschlag **28** der Amplitudenhüllkurve weist dabei ein wesentlich geringeres Amplitudenmaximum auf als der zweite Ausschlag **29**. Der erste Ausschlag **28** der Amplitudenhüllkurve wird dem Aufsetzen eines den Lack zerkratzenden Gegenstandes zugeordnet. Der zweite größere Ausschlag **29** der Amplitudenhüllkurve wird einer Verkratzung der Fahrzeuglackierung zugeordnet. Dieser Signalabschnitt **29** weist einen länglichen Verlauf auf, wobei die Amplituden der Amplitudenhüllkurve ungefähr die gleiche Größenordnung aufweisen.

[0044] Alle in der vorstehenden Beschreibung und in den Ansprüchen genannten Merkmale sind in einer beliebigen Auswahl mit den Merkmalen des unabhängigen Anspruchs kombinierbar. Die Offenbarung der Erfindung ist somit nicht auf die beschriebenen bzw. beanspruchten Merkmalskombinationen beschränkt, vielmehr sind alle im Rahmen der Erfindung sinnvollen Merkmalskombinationen als offenbart zu betrachten.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 10034542 [0002]

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erkennung und Klassifikation von Schadensereignissen und/oder Berührungseignissen, insbesondere an Kraftfahrzeugen, durch die Erfassung und Auswertung von wenigstens einem Körperschallsignal,

dadurch gekennzeichnet, dass eine Amplitudenhüllkurve des Körperschallsignals bestimmt wird, und dass das Körperschallsignal aufgrund des zeitlichen Verlaufes der Amplitudenhüllkurve klassifiziert wird, wobei verschiedenen Arten des zeitlichen Verlaufes der Amplitudenhüllkurve verschiedene Schadensereignisse oder Berührungseignisse zugeordnet werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass mit einer Berechnung und Speicherung von Signaleigenschaften des Körperschallsignals begonnen wird, sobald wenigstens ein bestimmter Parameter durch das Körperschallsignal oder durch ein aus dem Körperschallsignal hervorgehendes Signal erfüllt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass Frequenzen des Körperschallsignals, die unterhalb einer Grenzfrequenz liegen mit einem Filter, insbesondere einem Hochpassfilter, gedämpft werden, und dass bei Überschreitung eines Schwellwertes durch das gefilterte Signal mit der Berechnung und Speicherung von Signaleigenschaften des ursprünglichen und des gefilterten Körperschallsignals begonnen wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Signaleigenschaften des Körperschallsignals von einzelnen zeitlich aufeinanderfolgenden Körperschallsignalblöcken bestimmt werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Maximalamplitude und/oder der Mittelwert und/oder die Varianz des Körperschallsignals, sowie die Maximalamplitude des hochpassgefilterten Signals berechnet und gespeichert werden.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Energiewerte des Körperschallsignals und die Energiewerte des hochpassgefilterten Körperschallsignals bestimmt und gespeichert werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Speicherung der Körperschallsignalwerte solange fortgesetzt wird, bis sich der Signalenergiepegel einem vorher bestimmten Rauschpegel angenähert hat oder bis sich der Si-

gnalenergiepegel wenigstens zweier zeitlich aufeinanderfolgenden Signalblöcke nicht signifikant ändert.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein impulsartiger zeitlicher Verlauf (3) der Amplitudenhüllkurve des Körperschallsignals einer möglichen plastischen Verformung (6) am Fahrzeug zugeordnet wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der impulsartige zeitliche Verlauf einen hohen Amplitudenausschlag (25) gefolgt von einem exponentiellen Abfall (26) aufweist.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein länglicher zeitlicher Verlauf (4) der Amplitudenhüllkurve des Körperschallsignals einer möglichen Beschädigung der Fahrzeuglackierung zugeordnet wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Amplitudenhüllkurve einen ersten Ausschlag (28) und zeitlich beabstandet einen zweiten Ausschlag (29) aufweist und dass der zweite Ausschlag (29) einer Beschädigung der Fahrzeuglackierung zugeordnet wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Amplitudenausschläge in dem länglichen zeitlichen Verlauf (29) ungefähr die gleiche Größenordnung aufweisen.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein unregelmäßiger zeitlicher Verlauf (5) der Amplitudenhüllkurve des Körperschallsignals einer möglichen Verschrammung am Fahrzeug zugeordnet wird.

14. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Maximalamplitude des Körperschallsignals mit einem Schwellwert verglichen (7) wird und, dass wenn das Körperschallsignal diesen Schwellwert übersteigt, der Energiewert des hochpassgefilterten Körperschallsignals mit einem weiteren Schwellwert verglichen (9) wird und, dass bei einer Überschreitung dieses weiteren Schwellwertes die Abklingzeit der Gesamtenergie des Körperschallsignals bestimmt (10) wird und, dass bei einer kurzen Abklingzeit das Körperschallsignal einer plastischen Verformung zugeordnet (11) wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Amplitudenhüllkurve in weniger als 0,4 Sekunden auf 10% des Maximums abfällt.

16. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Signallänge des Körperschallsignals mit einem Schwellwert verglichen (13) wird und, dass bei Überschreitung dieses Schwell-

wertes der Energiewert des ursprünglichen Körperschallsignals mit dem Energiewert des hochpassgefilterten Körperschallsignals verglichen (15) wird und, dass wenn das hochpassgefilterte Körperschallsignal den wesentlich höheren Energiewert aufweist, dem Körperschallsignal eine Verkratzung im Lack des Fahrzeugs zugeordnet (16) wird.

dass die Vorrichtung eine Einheit zur Filterung eines Körperschallsignals aufweist.

24. Fahrzeug, insbesondere Kraftfahrzeug, mit einer Vorrichtung nach Anspruch 23.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

17. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Signallänge des Körperschallsignals mit einem Schwellwert verglichen (18) wird und, dass bei Überschreitung dieses Schwellwertes der Gesamtenergiewert des Körperschallsignals mit einem weiteren Schwellwert (19) verglichen wird und, dass bei Überschreitung dieses weiteren Schwellwertes das Körperschallsignal einer Verschrammung am Fahrzeug zugeordnet (20) wird.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei einer elastischen Verformung (21) die Amplitudenhüllkurve ausgehend von einem Startwert (22) einen exponentiellen Abfall (23) aufweist.

19. Verfahren nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass der exponentielle Abfall sich über einen Zeitabschnitt von mindestens 0,5 Sekunden erstreckt.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass die maximale Amplitude der Amplitudenhüllkurve bei einer plastischen Verformung (25) zumeist größer ist als bei einer elastischen Verformung (22).

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zuordnung der Körperschallsignale zu verschiedenen Schadenseignissen oder Berührungseignissen durch die Verwendung von beispielsweise künstlichen neuronalen Netzen, Hidden Markov Models oder Methoden der Spracherkennung weiter plausibilisiert werden.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Körperschallsignal wenigstens einer metallischen Fläche, insbesondere einer Außenhülle eines Fahrzeugs, erfasst und ausgewertet wird.

23. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 22, wobei die Vorrichtung wenigstens einen Körperschallsensor, der signalleitend mit einer Auswerteeinheit verbunden ist und eine Speichereinheit aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Auswerteeinrichtung eine Einrichtung zur Berechnung einer Amplitudenhüllkurve und eine Einrichtung zur zeitabhängigen Analyse einer Amplitudenhüllkurve oder eines Körperschallsignals aufweist, und

Anhängende Zeichnungen

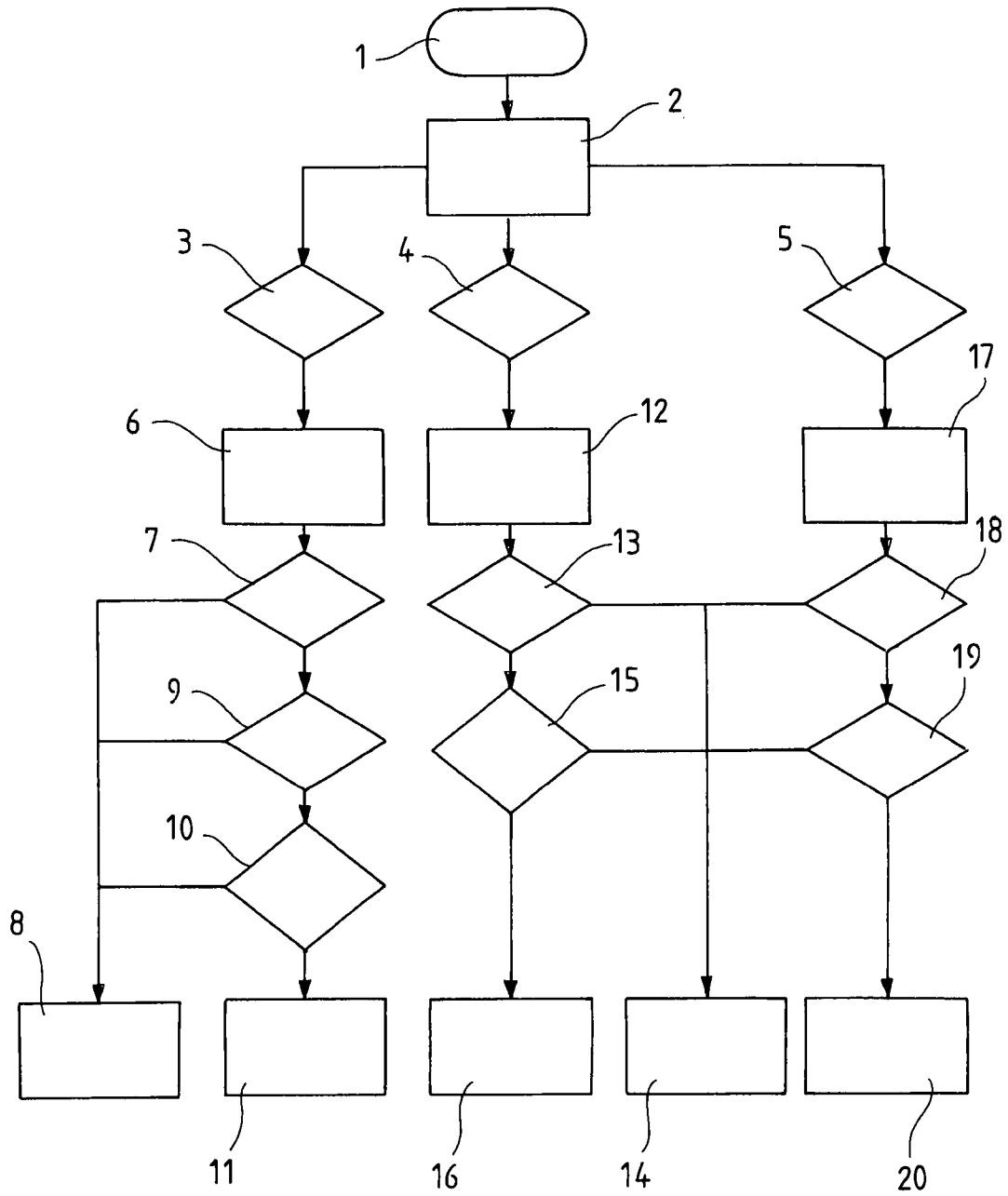


Fig. 1

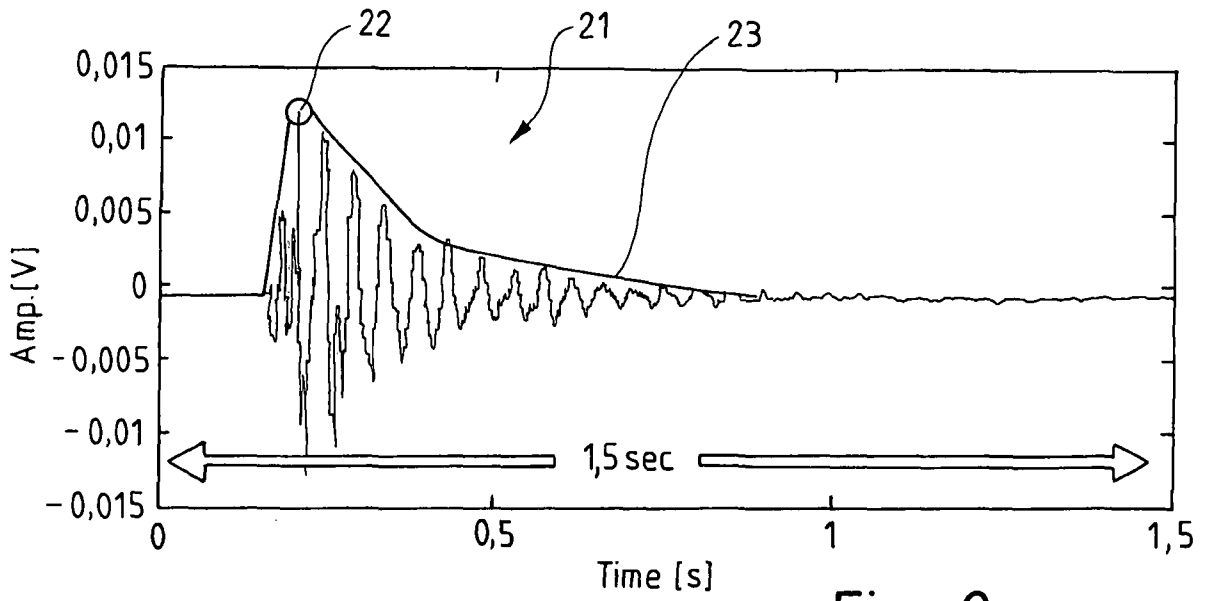


Fig. 2

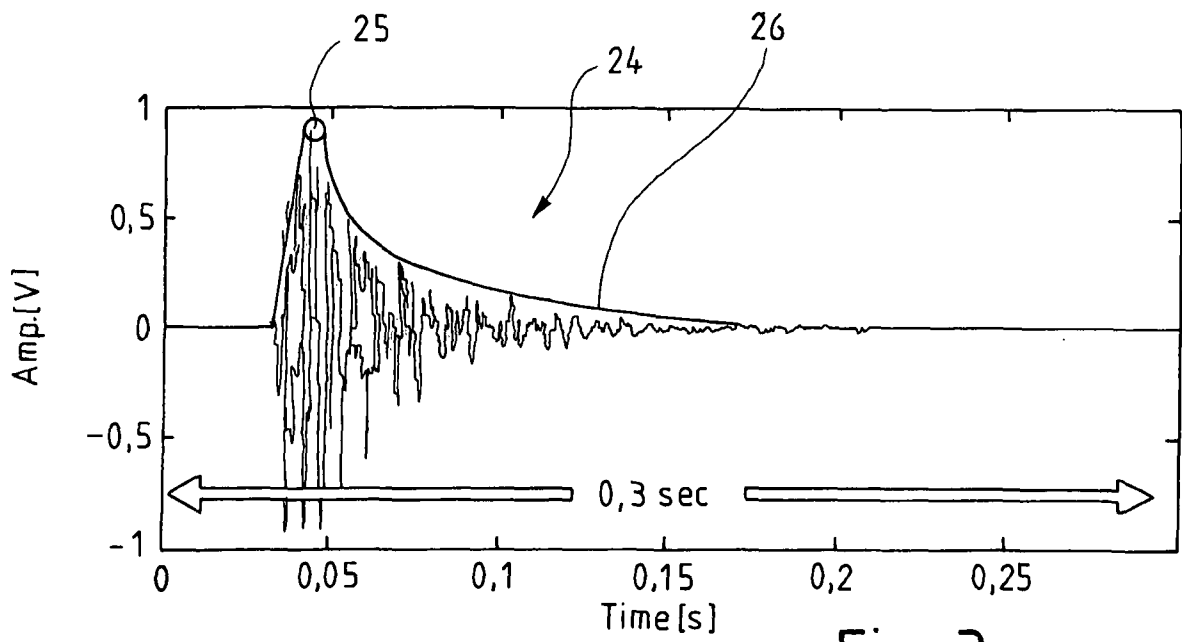


Fig. 3

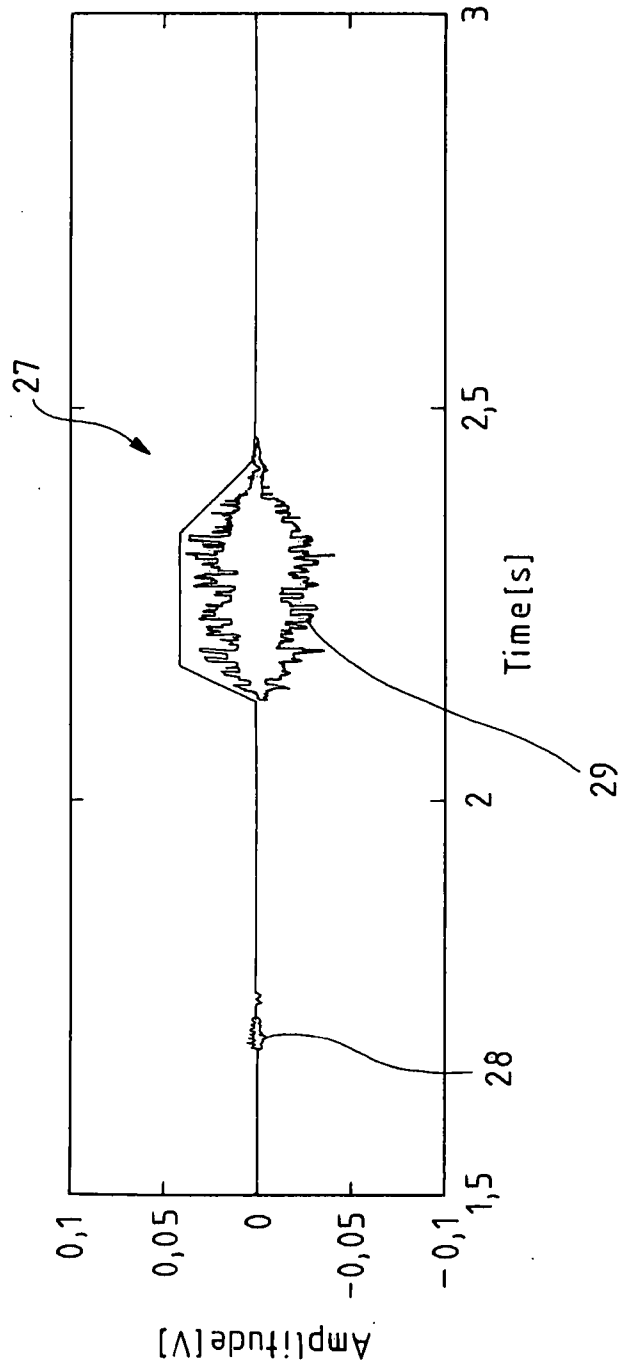


Fig. 4