



(19)  
**Bundesrepublik Deutschland**  
**Deutsches Patent- und Markenamt**

(10) **DE 10 2006 042 769 B3** 2008.04.17

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 042 769.6**

(22) Anmeldetag: **12.09.2006**

(43) Offenlegungstag: –

(45) Veröffentlichungstag  
 der Patenterteilung: **17.04.2008**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **B60R 21/0136** (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:

**Siemens AG, 80333 München, DE**

(72) Erfinder:

**Feser, Michael, 93092 Barbing, DE; Brandmeier, Thomas, Prof., 93173 Wenzenbach, DE; Lauerer, Christian, 85077 Manching, DE**

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

**DE10 2005 020146 A1**

**DE 100 15 273 A1**

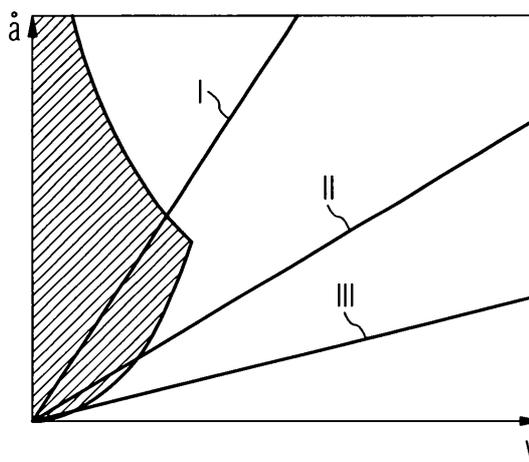
**EP 04 58 796 B2**

**EP 10 19 271 B1**

**EP 03 05 654 B1**

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum Auslösen eines Personenschutzmittels für ein Fahrzeug**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Auslösen eines Personenschutzmittels für ein Fahrzeug, insbesondere eines Insassenschutzmittels in einem Fahrzeug. Ein Beschleunigungssensor (41) liefert eine erste Aufprallgröße ( $\dot{a}$ ), die mit einem Auslöseschwellwert ( $th$ ) verglichen wird. Ein Körperschallsensor (42) liefert eine zweite Aufprallgröße ( $\dot{v}$ ). Der Auslöseschwellwert ( $th$ ) wird abhängig von der zweiten Aufprallgröße ( $\dot{v}$ ) verändert.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Auslösen eines Personenschutzmittels für ein Fahrzeug, insbesondere eines Insassenschutzmittels in einem Fahrzeug, bei dem ein erster Aufprallsensor, insbesondere ein Beschleunigungssensor, ein erstes Aufprallsignal, insbesondere ein Beschleunigungssignal, liefert. Eine aus diesem Beschleunigungssignal abgeleitete erste Aufprallgröße wird mit einem Schwellwert verglichen. Des Weiteren wird ein zweites Aufprallsignal eines zweiten Aufprallsensors aufgenommen und eine aus dem zweiten Aufprallsignal abgeleitete zweite Aufprallgröße gebildet. Der Schwellwert, gegen den die erste Aufprallgröße verglichen wird, ist abhängig von der zweiten Aufprallgröße veränderlich ausgebildet, zumindest teilweise für einen Wertebereich der Aufprallgröße, wohingegen sie in einen anderen Wertebereich der zweiten Aufprallgröße auch konstant gehalten werden kann. Das Personenschutzmittel wird ausgelöst, und zwar vorzugsweise nur dann, wenn das Beschleunigungssignal den Schwellwert überschreitet.

**[0002]** Eine solche Vorrichtung ist bekannt aus dem Europäischen Patent EP 0 458 796 B2. Dort wird ein Verfahren zur Auslösung von Rückhaltmitteln bei einem Sicherheitssystem für Fahrzeuginsassen beschrieben, bei dem ein erfasstes Beschleunigungssignal oder ein davon abgeleitetes Signal gegen einen Schwellwert verglichen wird, der veränderlich ist in Abhängigkeit von einer oder mehreren Aufprallgrößen, die aus einem oder mehreren Signalen von einem oder mehreren Sensoren abgeleitet wird bzw. werden, der bzw. die verteilt im Fahrzeug angeordnet sein können (dortige Ansprüche 1 und 9 sowie Spalte 12, Zeilen 33 bis 42). Eine Auslösung eines Insassenschutzmittels erfolgt nur dann, wenn das Beschleunigungssignal oder ein davon abgeleitetes Signal diesen veränderlichen Schwellwert überschreitet.

**[0003]** Dergleichen Verfahren und Vorrichtungen, die solche Verfahren einsetzen, dienen dem Schutz von Personen, die an einem Fahrzeugunfall beteiligt sind. Dabei werden Sensoren, beispielsweise Beschleunigungssensoren, Drucksensoren etc., eingesetzt, um innerhalb eines Personenschutzsystems ein Personenschutzmittel auszulösen, sobald ein Fahrzeugunfall vorliegt.

**[0004]** Als Personenschutzmittel können einerseits Insassenschutzmittel wie beispielsweise Airbags, Gurtstraffer oder andere Funktionselemente zum Schutz von Insassen während eines Fahrzeugunfalls angesehen werden, beispielsweise ein Wegbewegen eines Fahrzeugsitzes aus der Unfallzone, beispielsweise in Richtung des Fahrzeughecks, sobald sich ein Frontunfall abzeichnet, oder andere Funktionen, beispielsweise das Schließen des Schiebedachs oder ähnliches. Als Personenschutzsystem ist aber auch beispielsweise ein Fußgängerschutzsystem zu verstehen, das, sobald der Aufprall eines Fußgängers erkannt wird, entsprechende Fußgängerschutzmittel auszulösen vermag. Beispielsweise kann die Motorhaube dann angehoben werden, um den Aufprall des betroffenen Fußgängers auf die Motorhaube abzdämpfen, so dass der direkt unter der Motorhaube befindliche starre Motorblock keine zu starken Verletzungen des Fußgängers verursachen kann.

**[0005]** Die zum Erkennen eines Aufpralls eingesetzte Sensorik muss dabei in möglichst kurzer Zeit Informationen über die Charakteristik des Aufpralls ermitteln können, damit geeignete Schutzmittel ausgelöst werden können. Die für eine sichere Erkennung zur Verfügung stehende Zeit ist dabei bei einem seitlichen Aufprall auf das Fahrzeug im Allgemeinen wesentlich kürzer als im Vergleich zu einem Frontalzusammenstoß.

**[0006]** Zur Erkennung von Frontalaufprallunfällen werden in erster Linie Beschleunigungssensoren eingesetzt, die möglichst starr mit der Fahrzeugkarosserie verbunden sind und beispielsweise am Fahrzeugtunnel, meist innerhalb des zentralen Steuergeräts (für ein Insassenschutzsystem) angeordnet sein können oder auch, gegebenenfalls zusätzlich, an einer oder mehreren Stellen in der Fahrzeugfront oder auch in der Fahrzeugseite.

**[0007]** Die hohen Sicherheitsanforderungen im Bereich des Personenschutzes in der Automobiltechnik erfordern aber zunehmend, dass zur Auslösung eines Insassenschutzmittels oftmals nicht nur das Signal nur eines solchen Sensors eingesetzt wird, sondern darüber hinaus, zumindest plausibilisierend, das Signal eines zweiten Sensors. Dies kann beispielsweise in Kombination zu einem Beschleunigungssensor ein weiterer Beschleunigungssensor an einem der vorgenannten Positionen im Kraftfahrzeug sein, aber auch ein Drucksensor innerhalb eines Hohlraums in der Fahrzeugfront oder aber auch ein Körperschallsensor.

**[0008]** Eine Kombination der Signale zweier Aufprallsensoren kann durch eine Änderung der Schwellwertkennlinie, gegen die das Signal des ersten Sensors verglichen wird, in Abhängigkeit von dem Signal eines zweiten Sensors sein, wie beispielsweise in der obigen Patentschrift EP 0 458 796 B2 beschrieben.

**[0009]** In der europäischen Patentschrift EP 0 305 654 B1 wird die gleichzeitige Verwendung von Beschleu-

nigungsaufnehmern und Körperschallsensoren zur Auslösung eines Insassenschutzmittels beschrieben.

**[0010]** Dies geht auch aus der EP 1 019 271 B1 hervor: hier ist eine Vorrichtung für den Insassenschutz in einem Kraftfahrzeug gezeigt, mit einem Sensor zur Aufnahme einer Körperschall-Auslenkung eines Karosseriebestandteils des Kraftfahrzeugs, bei welcher der Sensor eine transversale Körperschall-Auslenkung des Karosseriebestandteils des Kraftfahrzeugs aufnimmt, um in Abhängigkeit von dem aufgenommenen Körperschall ein Insassenschutzmittel des Kraftfahrzeugs zu steuern.

**[0011]** Aus der DE 10 2005 020 146 A1 (siehe Figur und [0019]–[0029]) geht ein Verfahren zum Auslösen eines Personenschutzmittels für ein Fahrzeug hervor, mit einem ersten Aufprallsensor, der ein Beschleunigungssensor ist und ein Beschleunigungssignal als erstes Aufprallsignal liefert, und mit einem zweiten Aufprallsensor, der ein Körperschallsensor ist und als ein zweites Aufprallsignal ein Körperschallsignal liefert. Das zweite Aufprallsignal (Körperschallsignal) ist dabei veränderlich, je nachdem, ob es sich bei dem Aufprallobjekt um einen Fußgänger, ein anderes Fahrzeug, einen Baum oder auch nur lediglich einen Ball oder einen Stein handelt. Nur in dem Fall, in dem es sich bei dem Kollisionsobjekt um einen Fußgänger handelt, wird ein Auslösesignal an das Personenschutzsystem, das hier als Fußgängerschutzsystem ausgebildet ist, gesendet, wobei das Fußgängerschutzsystem zum Schutz des Fußgängers aktiviert wird. Je nach Schwere der Kollision, welche sich einerseits aus den Signalen des ersten Aufprallsensors (Beschleunigungssensors) und in besonderer Weise aus den Signalen des zweiten Aufprallsensors (Körperschallsensors) ermitteln lässt, kann auch die gezielte Auslösung eines Insassenschutzsystems erfolgen oder unterbleiben.

**[0012]** Eine heute übliche Anordnung von Beschleunigungssensoren und/oder anderen Aufprallsensoren in einem Fahrzeug, deren Signale zur Auslösung eines oder mehrerer Insassenrückhaltemittel Verwendung finden, ist ein Beschleunigungssensor mit Beschleunigungsempfindlichkeit in Fahrtrichtung, der an oder innerhalb der zentralen Steuereinheit eines Insassenrückhaltesystems in der Fahrzeugmitte, vorzugsweise am Fahrzeugtunnel, und zwei ausgelagerte Sensoren in der linken und rechten Fahrzeugfront. Solche ausgelagerten Sensoren werden oftmals als Satelliten bezeichnet. Die ausgelagerten Sensoren können als so genannte Early Crash Sensoren (ECS) ausgebildet sein, das heißt, dass sie erste Beschleunigungssignale, die von eifern Aufprall hervorgerufen werden, sehr frühzeitig an die zentrale Steuereinheit melden können. Üblicherweise werden diese Signale nicht nur als frühe Warnung in der zentralen Steuereinheit verwendet, sondern zusätzlich auch als plausibilisierende Signale für das Beschleunigungssignal des zentral in der Steuereinheit angeordneten Beschleunigungssensors.

**[0013]** Durch die Verkabelung zweier ausgelagerten Sensoren und auch deshalb, weil in den Satelliten üblicherweise nicht nur die Sensoren, sondern auch signalverarbeitende, auswertende Elektronik, sowie Kommunikationselektronik angeordnet sein kann, ist eine solche Anordnung jedoch nicht nur aufwändiger in der Herstellung und dadurch teurer sondern auch störanfälliger. Eine Reduzierung der Anzahl von Early Crash Sensoren (ECS) oder der gänzliche Verzicht auf jedwede solche ausgelagerte Sensoreinheit (Satellit) bei Insassenschutzsystemen, insbesondere zur Frontaufprallerkennung, bei unveränderter Aufprallerkennungseignung wäre hier von Vorteil.

**[0014]** Es hat sich jedoch in Crash-Tests herausgestellt, dass insbesondere bei einer Verwendung von nur einem Beschleunigungssensor zur Frontaufprallerkennung, insbesondere innerhalb des zentralen Steuergärts eines Insassenschutzsystems, bestimmte Aufprallarten nur schwer voneinander unterschieden werden können. Insbesondere so genannte "weiche Crashes" im Rahmen von ODB-Crash-Tests (ODB: Offset Deformable Barrier), bei denen deformierbare Objekte mit unterschiedlicher Überdeckung der Fahrzeugfront, hauptsächlich seitlich auf der Fahrzeugfront auftreffen, können nur sehr schlecht von so genannten "harten Crashes" unterschieden werden, beispielsweise Aufprallunfälle auf eine harte Wand oder auf vergleichsweise nicht deformierbare Objekte mit unterschiedlicher Überdeckung der Fahrzeugfront im Rahmen von so genannten Versicherungs-Crash-Tests, beispielsweise des AZT-Crashtests des Allianzentrums für Technik.

**[0015]** Der Erfindung liegt folglich die Aufgabe zugrunde, verschiedene Aufprallarten bei Fahrzeugen besser unterscheiden zu können. Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1. Die Aufgabe wird weiterhin gelöst durch eine Vorrichtung gemäß Anspruch 7.

**[0016]** Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Auslösen eines Personenschutzmittels für ein Fahrzeug, insbesondere eines Insassenschutzmittels in einem Fahrzeug liefert ein erster Aufprallsensor, ein Beschleunigungssensor, ein erstes Aufprallsignal, nämlich ein Beschleunigungssignal, aus dem eine erste Aufprallgröße abgeleitet wird und mit einem Schwellwert verglichen wird. Ein zweiter Aufprallsensor liefert ein zweites Aufprallsignal, aus dem eine zweite Aufprallgröße gebildet wird. Der Schwellwert ist abhängig von der zweiten Auf-

prallgröße veränderlich ausgestaltet. Das Personenschutzmittel wird nur dann ausgelöst, wenn die erste Aufprallgröße den Schwellwert überschreitet. Die Auslösung kann auch noch von weiteren Kriterien abhängig gemacht werden. Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass der zweite Aufprallsensor ein Körperschallsensor ist, das zweite Aufprallsignal ein Körperschallsignal und die zweite Aufprallgröße ein Maß für die Schalleistung, die Schalleistung, die mittlere Schalleistung oder der Schallenergie des Körperschallsignals und damit ein Maß für die Volumenänderung des Fahrzeugs während des Aufpralls. Darunter ist zu verstehen, dass die zweite Aufprallgröße zumindest näherungsweise proportional zu zumindest einer der Größen Schalleistung, mittlere Schalleistung und Schallenergie des Körperschallsignals ist und dadurch insbesondere auch proportional zur Volumenänderung ist.

**[0017]** Vorzugsweise wird die zweite Aufprallgröße gebildet durch oder zumindest abgeleitet aus dem Betrag des gemessenen Körperschallsignals (aks), eines zeitlich normierten oder nicht normierten zeitlichen Integrals davon. In der Praxis werden diese Werte oftmals für ein Maß der Körperschalleistung, der zeitlich gemittelten Körperschalleistung oder der Energie des Körperschallsignals verwendet wird, oftmals da diese Werte zu meist wesentlich einfacher zu berechnen sind als andere Näherungsgrößen und der Rechenaufwand dadurch geringer gehalten werden kann, was wiederum ggf. den Einsatz von preiswerteren Prozessoren ermöglicht und dadurch Kosten einspart. Es können natürlich aber auch andere Gründe für ein solches Vorgehen sprechen.

**[0018]** Aufgrund analoger Überlegungen kann es in anderen Ausführungsbeispielen vorteilhaft sein, wenn die zweite Aufprallgröße gebildet wird durch oder zumindest abgeleitet wird aus dem Quadrat des gemessenen Körperschallsignals (aks) oder eines zeitlich normierten Integrals davon, die äquivalent wirkend wie die vorgenannten Näherungsgrößen sein können, jedoch eher den physikalischen Definitionen für Leistung, mittlere Leistung beziehungsweise Energie entsprechen.

**[0019]** Als erste Aufprallgröße wird vorzugsweise ein Maß für die zeitliche Änderung des Beschleunigungssignals eingesetzt. Dies wird anhand der Figurenbeschreibung noch ausführlich erläutert werden. Das erfindungsgemäße Verfahren ist jedoch keineswegs auf diese spezielle Ausführungsform einer ersten Aufprallgröße beschränkt. Es kann unter Umständen ebenfalls von Vorteil sein, andere aus dem Beschleunigungssignal abgeleitete Größen als erste Aufprallgrößen zu verwenden, beispielsweise einen gleitenden zeitlichen Mittelwert des Beschleunigungssignals, das Beschleunigungssignal selbst, unter dem immer auch das ggf. in einer Vorverarbeitung für die Anwendung geeignet gefilterte Beschleunigungssignal zu verstehen ist, ein Maß für die Geschwindigkeit aufgrund eines integrierten Beschleunigungswertes oder ähnliches.

**[0020]** Die Erfindung geht davon aus, dass der hochfrequente Körperschall während eines Aufprallunfalls in einem Fahrzeug näherungsweise durch ein einfaches Modell der Schallwellenausbreitung in einem homogenen Festkörper angenähert werden kann. Gleichzeitig wird das vergleichsweise niederfrequente Beschleunigungssignal dazu verwendet, einen Aufprallunfall mithilfe eines einfachen Feder-Masse-Modells zu beschreiben, das bislang nicht verwendet werden konnte, da eine Variable bislang nicht durch Messung erhältlich: der Deformationsweg und somit das deformierte Volumen des Fahrzeugs. Diese Variable kann nun jedoch aus dem Körperschallmodell und der Messung des Körperschalls durch Messung erhalten werden. Dadurch kann die bislang nicht zur Verfügung stehende Variable zur Änderung eines Auslöseschwellwerts dienen, gegen den das Messsignal, das Beschleunigungssignal, oder vielmehr eine davon abgeleitete erste Aufprallgröße, verglichen wird. Dadurch können bislang nur schwer unterscheidbare Aufprallarten voneinander deutlich unterschieden werden. Insbesondere kann eine Klassifizierung des Aufpralls in einem "weichen Crash" oder in einen "harten Crash" erfolgen, was insbesondere bei Crashtests besonders wichtig ist, beispielsweise bei den weiter oben bereits beschriebenen ODB- oder AZT-Crash-Tests.

**[0021]** Das neue Crashmodell für Beschleunigungssignale geht von einem einfachen Feder-Masse-Modells aus, die über eine Federschwingungsgleichung physikalisch beschrieben werden kann. Aus diesem Feder-massemodell kann eine Lösung für die Beschleunigung einer solchen Differenzialgleichung für die Beschleunigung des Fahrzeugs gefunden werden. Die Ableitung dieser Gleichung, also die Ableitung der Beschleunigung ist proportional zur Änderung des Volumens während des Aufpralls.

**[0022]** Andererseits geht das Körperschallmodell davon aus, dass die Schalleistung, die mittlere Schalleistung oder die Schallenergie des Körperschallsignals ebenfalls proportional zur Volumenänderung des Fahrzeugs während des Aufpralls ist. Die Schalleistung lässt sich jedoch leicht aus dem gemessenen Körperschall herleiten, beispielsweise in einfachster Näherung durch das Quadrat des gemessenen Körperschallsignals. Folglich steht eine von dem Aufprallsignal, dem Körperschallsignal, abgeleitete zweite Aufprallgröße zur Verfügung, die ebenfalls direkt proportional zur Volumenänderung des Kraftfahrzeugs während des Aufpralls ist.

**[0023]** Durch einfache Überlegungen können die extremalen Bedingungen eines "harten Crashes" und eines "weichen Crashes" gefunden werden. Daraus kann eine Schwellwertkennlinie für die erste Aufprallgröße in Abhängigkeit von der Volumenänderung des Kraftfahrzeugs gefunden werden. Beide Schwellwertkennlinien können zur Auslösung eines Insassenschutzmittels verwendet werden: Überschreitet die erste Aufprallgröße eine solchermaßen kombinierte Schwellwertlinie, die von der zweiten Aufprallgröße abhängt, so wird das Personenschutzmittel ausgelöst.

**[0024]** Vorteilhafte Ausführungsformen sind in den Unteransprüchen angegeben.

**[0025]** Körperschall kann definiert werden als elastische Spannungswelle, die sich mit Schallgeschwindigkeit in einem Körper ausbreitet. Ursache der Körperschallentstehung sind unterschiedliche mikroskopische und mikroskopische Effekte. Diese treten bei der klassischen Deformation von Materialien auf. Hierbei wird die durch die materialphysikalischen Mechanismen während der Verformung Körperschall erzeugt. Die maßgeblichen physikalischen Effekte bei der plastischen Deformation von Metallen sind insbesondere Versetzungsbewegungen, Zwillingsbildung – auch bekannt als "Zinnschrei" –, die martensitische Umwandlung, die Luders-Deformation, Rissbildung und Bruch eines solchen Festkörpers. Diese mikroskopischen Veränderungen in der kristallographischen Struktur des Metalls führen zu unterschiedlichen Anregungen der einzelnen Moleküle und Molekülverbände oder sogar einzelner Atome oder Atomverbände während der Deformation. Dabei entsteht Schallemission, die als Körperschall bezeichnet wird.

**[0026]** Dies geschieht insbesondere auch während der Deformation von Fahrzeugteilen während eines Aufprallunfalls. Insbesondere neuartige Stähle und Legierungen, wie sie in der Automobilindustrie verwendet werden, beispielsweise TRIP-Stahl, erzeugen signifikante Schallemissionen während der Deformation. Allen physikalischen Mechanismen, die zur Entstehung von Körperschall beitragen ist gemein, dass sie während eines Deformationsvorganges in der Deformationszone des Fahrzeugs auftreten können. Die dabei entstehende Schalleistung des Körperschalls ist abhängig von dem deformierten Volumen und der Deformationsgeschwindigkeit, sowie von der Charakteristik des oder der beteiligten Materialien und der Art der Deformation. Zusätzliche äußere Ursache der Körperschallentstehung ist vor allem Reibung. Diese tritt zwangsläufig in der Verformungszone auf und ist ebenfalls abhängig von dem deformierten Volumen und der Deformationsgeschwindigkeit. Die einzelnen Körperschallquellen in der Deformationszone ergeben ein Summensignal, das sich mit Schallgeschwindigkeit in der Fahrzeugstruktur ausbreitet und an nahezu beliebiger Position gemessen werden kann.

**[0027]** Die Übertragung des hochfrequenten Körperschalls unterscheidet sich in der Ausbreitungsgeschwindigkeit und der Amplitudendämpfung von dem heute zumeist zur Auslösung von Insassenrückhaltemitteln verwendete niederfrequenten Beschleunigungssignalen, die zumeist unterhalb einer Grenzfrequenz von ca. 400 Hz gemessen werden. Körperschall wird im Allgemeinen oberhalb dieser Frequenz gemessen. Körperschall setzt sich zudem aus mehreren Wellenarten zusammen. Beispiele hierfür sind die Biege- und die Longitudinalwelle. Eine Biegewelle mit einer Frequenz von 400 Hz breitet sich in einer 3mm dicken Stahlplatte mit einer Geschwindigkeit von 100mm/ms aus. Derselbe Wellentyp zeigt bei einer Frequenz von 50 kHz bereits eine Ausbreitungsgeschwindigkeit von 2400mm/ms. Die Longitudinalwelle weist keine dispersiven Effekte auf und breitet sich so unabhängig von der Frequenz mit einer Geschwindigkeit von ca. 5000mm/ms in der beschriebenen Stahlplatte aus. Dadurch steht der Körperschall sehr schnell an der Sensorposition zur Verfügung, selbst wenn diese Sensorposition weit von dem Aufprallort entfernt liegt.

**[0028]** Zur Überprüfung der Eignung von Körperschallsignalen zur Auslösung von Insassenrückhaltemitteln wurden in den letzten Jahren viele Crash-Tests an Fahrzeugen durchgeführt. Die Testfahrzeuge wurden mit verschiedenen Sensoren an mehreren Positionen ausgestattet. Beispielsweise wurden Körperschallsensoren am Schlossquerträger in der Fahrzeugfront angebracht. Im Passagierraum wurden Sensoren auf dem Tunnel, nahe der Position des zentralen Steuergeräts, innerhalb des zentralen Steuergeräts auf dessen Gehäuse oder auch auf der Leiterplatte innerhalb des zentralen Steuergeräts angeordnet. Es wurde festgestellt, dass insbesondere schwer unterscheidbare Crash-Typen durch die Verwendung von Körperschallsignalen leichter erkannt werden können:

- der AZT-Versicherungstest bei einer Aufprallgeschwindigkeit von 16km/h, bei einer 40%igen Flächenüberdeckung des aufprallenden Objekts, bei einer starren Wand oder auch bei dem so genannten "Danner-Test", bei denen keinesfalls die Auslösung von Gurtstraffern oder Airbags stattfinden soll,
- der 20km/h Crash-Test gegen eine starre Wand mit vollständiger Flächenüberdeckung des aufprallenden Objekts, bei dem ebenfalls kein Airbag ausgelöst werden soll und
- der so genannte ODB-Crash-Test (ODB: Offset Deformable Barrier) bei einer Aufprallgeschwindigkeit von 64km/h, wie er beispielsweise bei den so genannten Euro NCAP Crash-Tests eingesetzt wird, bei dem – im

Gegensatz zu den zwei vorgenannten Crash-Tests – ein sehr schnelles Auslösen von Gurtstraffern und Airbags erfolgen soll.

**[0029]** Bei diesen Crash-Tests wurde festgestellt, dass viele Anbringungsorte für Körperschallsensoren im Fahrzeug geeignet sind. Beispielsweise der Schlossquerträger, der Mitteltunnel innerhalb der Fahrgastzelle, aber auch eine Position innerhalb des zentralen Steuergeräts des Airbagsystems ist möglich.

**[0030]** Das erfindungsgemäße Verfahren macht sich zu Nutze, dass Beschleunigungssignal durch den Beschleunigungssensor in einem anderen Frequenzband des erzeugten Aufprallsignals gemessen werden, insbesondere bei Frequenzen unterhalb von 400 Hz als das hochfrequente Körperschallsignal, das insbesondere oberhalb von 2 kHz, meist sogar oberhalb von 4 oder sogar 6 kHz bis 20 oder mehr kHz gemessen wird.

**[0031]** Zur Messung sowohl des Beschleunigungssignals als auch des Körperschallsignals stehen mehrere vorteilhafte Varianten zur Verfügung. Es kann beispielsweise ein Beschleunigungssensor zur Messung beider Signalanteile eingesetzt werden. Dabei wird ein üblicher Beschleunigungssensor, der heutzutage zumeist in Mikromechanik gefertigt wird, so ausgelegt, dass mit einer mikromechanischen Sensorzelle ein Messbereich bis hin zu 20 kHz oder höher ausgewertet werden kann. Durch geeignet nachgeschaltete Filter kann einerseits das niederfrequente Beschleunigungssignal bis 400 Hz extrahiert werden und andererseits das höherfrequente Signal zwischen bis 20 kHz oder mehr. Dies hat den Vorteil, dass ein solchermaßen kombinierter Körperschall- und Beschleunigungssensor innerhalb eines Gehäuses angeordnet werden kann, beispielsweise innerhalb des zentralen Steuergeräts eines Insassenschutzsystems, jedoch auch beispielsweise an einer vorgelagerten Position innerhalb des Fahrzeugs, die näher zur erwarteten Deformationszone hin angeordnet ist. Dies hat im Vergleich zu zwei getrennten Sensoreinheiten den Vorteil, dass nicht nur die gleiche mikromechanische Sensorzelle, sondern auch zumindest teilweise die gleiche vor- und weiterverarbeitende Elektronik und Kommunikationselektronik für beide Signalanteile verwendet werden können. Dies spart zum einen Kosten und ist zudem weniger stör anfällig, beispielsweise gegenüber Einflüssen, die durch elektromagnetische Störstrahlung auf Übertragungswege herbeigeführt werden könnten.

**[0032]** Vorzugsweise kann eine solche kombinierte Sensoreinheit innerhalb des zentralen Steuergeräts angeordnet werden. Dies hat den Vorteil, dass die Sensorsignale vor ihrer Übertragung zur Auswerteeinheit insbesondere nicht digitalisiert werden müssen, da sie nur sehr kurze Leitungswege bis zur auswertenden Elektronik durchlaufen müssen.

**[0033]** Andererseits kann es bei manchen Fahrzeugstrukturen von Vorteil sein, eine solch kombinierte Sensoreinheit an vorgelagerter Position, näher zu dem erwarteten Deformationsbereich hin anzuordnen. Dort können insbesondere die Beschleunigungssignale frühzeitiger vorliegen als in der zentralen Steuereinheit, da die langsameren Beschleunigungssignale nicht zunächst einen weiteren Weg über die Fahrzeugstruktur zurücklegen müssen.

**[0034]** Falls die Fahrzeugkonstruktion und die dadurch zu erwartenden Aufprallsignale es jedoch als angezeigt erscheinen lassen, den Körperschallsensor und den Beschleunigungssensor in getrennten Sensoreinheiten mit jeweils eigenen Gehäuse unterzubringen, so schließt die Anwendung eines erfindungsgemäßen Verfahrens eine solche Anordnung jedoch keinesfalls aus.

**[0035]** Entscheidend für eine geeignete Anordnung eines Körperschallsensors und eines Beschleunigungssensors innerhalb des Fahrzeugs ist die beidenseitige starre Kupplung an starre Fahrzeugstrukturteile, beispielsweise Längs- oder Querträger, den Fahrzeugtunnel, die B-Säule, die A-Säule oder, wie bereits oben erwähnt, den Schlossquerträger.

**[0036]** Für den erfindungsgemäßen Einsatz von Körperschallsignalen zur Auslösung von Insassenrückhalte-mitteln ist es sogar möglich, den Körperschallsensor in einer Seitenstruktur des Fahrzeugs anzubringen, so lang eine starke Anbindung an die starre Fahrzeugstruktur gegeben bleibt.

**[0037]** Nachfolgend werden die zugrunde gelegten physikalischen Modelle und ein Ausführungsbeispiel für die Erfindung anhand schematischer Figuren erläutert. Gleiche konstruktive und funktionelle Merkmale werden im Folgenden mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet.

**[0038]** Auch wenn bisher und vor allem auch nachfolgend in der Figurenbeschreibung überwiegend von Systemen zur Frontaufprallerkennung die Rede ist, so ist weder das erfindungsgemäße Verfahren noch die erfindungsgemäße Vorrichtung auf eine Frontaufprallerkennung beschränkt. Beides kann ebenso in der Seitenauf-

prallerkennung eingesetzt werden. Es zeigen:

[0039] [Fig. 1](#) eine Darstellung der steifen Fahrzeugstruktur und mögliche Anbringungsorte für einen erfindungsgemäßen Beschleunigungssensor und einen erfindungsgemäßen Körperschallsensor,

[0040] [Fig. 2](#) eine erfindungsgemäße Insassenschutzvorrichtung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel,

[0041] [Fig. 3](#) eine erfindungsgemäße Insassenschutzvorrichtung gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel,

[0042] [Fig. 4](#) eine Darstellung des Schalleistungsmodells,

[0043] [Fig. 5](#) eine Darstellung des Federmassenmodells eines Fahrzeugaufpralls,

[0044] [Fig. 6](#) eine erfindungsgemäße Schwellwertkennlinie für einen "harten Crash",

[0045] [Fig. 7](#) eine erfindungsgemäße Schwellwertkennlinie für einen "weichen Crash",

[0046] [Fig. 8](#) eine zusammengesetzte Schwellwertkennlinie gemäß der Erfindung und

[0047] [Fig. 9](#) einen Ablauf eines Ausführungsbeispiels für ein erfindungsgemäßes Verfahren.

[0048] [Fig. 1](#) zeigt schematisch die tragenden Karosseriebauteile eines Kraftfahrzeugs. Dargestellt ist der vordere Abschnitt eines Kraftfahrzeugs **10**. Dieses weist miteinander verbundene tragende Karosseriebauteile **13**, **14**, **15**, **17** und **18** auf. Mit dem Bezugszeichen **19** ist der Fahrzeugtunnel des Kraftfahrzeugs gekennzeichnet, welcher ebenfalls ein tragendes Karosseriebauteil darstellt. Sämtliche tragende Karosseriebauteile sind mechanisch fest miteinander verbunden.

[0049] In den mit dem Bezugszeichen **16** dargestellten Türen sind auf Druck reagierende Sensoren **3** angeordnet, die zur Auslösung eines Seiten-Insassenschutzmittels dienen. Dieses sind (in der Figur nicht ersichtlich) mit der am Mitteltunnel **19** angeordneten Auswerteeinheit elektrisch verbunden.

[0050] Die Bezugszeichen **4** zeigen mögliche Positionen, sowohl für Beschleunigungssensoren als auch für Körperschallsensoren. Wie bereits eingangs erwähnt, können sowohl der Körperschallsensor **41** als auch der Beschleunigungssensor **42** voneinander unabhängige Sensoren sein, aber auch durch nur einer Sensoreinheit **4** verwirklicht werden, wobei die Trennung der beiden unterschiedlichen Frequenzbereiche für den Beschleunigungssensor **41** und den Körperschallsensor **42** durch geeignete Filterelektronik verwirklicht wird. Diese beiden Ausführungsvarianten sind schematisch in den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) durch eine gestrichelt eingezeichnete Trennlinie innerhalb einer Sensoreinheit **4** dargestellt. In [Fig. 1](#) ist lediglich die gemeinsame Sensoreinheit **4** dargestellt, wobei innerhalb der Sensoreinheit **4** auch der Körperschallsensor **42** von dem Beschleunigungssensor **41** getrennt und an den beliebigen mit dem Bezugszeichen **4** gekennzeichneten Positionen im Fahrzeug angeordnet sein können. Egal in welcher Anordnungsvariante sind jedoch immer sowohl der Körperschallsensor **42** als auch der Beschleunigungssensor **41** Signal mit der Auswerteeinheit **2** miteinander signalverbunden. Vorzugsweise, wie in [Fig. 1](#) dargestellt, sind die Auswerteeinheit **2'** und die kombinierte Sensoreinheit **4** innerhalb des Zentralsteuergeräts **2** angeordnet.

[0051] Ist jedoch die kombinierte Sensoreinheit **4** beispielsweise am vorderen Querträger angeordnet oder an anderer ausgelagerter Position als Satelliteneinheit, so sind die Daten vor der Übertragung von der kombinierten Sensoreinheit **4** in das zentrale Steuergerät **2** zu digitalisieren und einer Kommunikationseinheit (nicht dargestellt) in der kombinierten Sensoreinheit **4** zu übermitteln, die die Sensorwerte  $a$ ,  $aks$  digitalisiert, durch ein entsprechendes Kommunikationsprotokoll aufbereitet und an das zentrale Steuergerät **2** übermittelt. Dort müssen entsprechende Empfangsmittel vorgesehen sein, die die digitalisierten Sensorsignale wieder decodieren können und einem geeigneten Auswertalgorithmus innerhalb der Auswerteeinheit **2'** zuführen können.

[0052] [Fig. 4](#) zeigt schematisch einen Fahrzeuglängsträger bei einer Deformation in Längsrichtung, was durch den Pfeil angedeutet wird. Für die emittierte Schalleistung  $P$  während der Deformation des Fahrzeuglängsträgers wird der physikalische Zusammenhang wie folgt angenommen:

$$P = S \cdot \dot{V} = S \cdot A \cdot v,$$

wobei

- P die Schalleistung in W,  
 S die potentielle Schallenergiedichte in  $\text{Jm}^{-3}$ ,  
 A die Aufprallfläche in  $\text{m}^2$ ,  
 v die Aufprallgeschwindigkeit in  $\text{ms}^{-1}$  und  
 $\dot{V}$  die Volumendeformationsrate in  $\text{m}^3\text{s}^{-1}$

sind.

**[0053]** Die potentielle Schallenergiedichte stellt eine materialabhängige Konstante dar. Sie ist spezifisch für ein bestimmtes Fahrzeugteil und empirisch ermittelbar. Die Volumendeformationsrate ist das pro Zeiteinheit deformierte Materialvolumen. Sie lässt sich auch mit der Deformationsgeschwindigkeit und der Aufprallfläche A der Grundfläche des deformierten Teils angeben. Aus diesem Zusammenhang lässt sich die direkte Abhängigkeit der Leistung des imitierten Körperschalls P von der Deformationsgeschwindigkeit v ablesen.

**[0054]** Beim Aufprall eines Fahrzeugs ergibt sich ein Summensignal aus der Deformation aller beteiligten Fahrzeugteile. In erster Näherung wird jedoch angenommen, dass sich der starre Fahrzeugteil, wie in [Fig. 1](#) dargestellt, zusammen wie ein Festkörper gemäß [Fig. 4](#) verhalten, wobei Einflüsse von den übrigen, nicht zum starren Aufbau des Fahrzeugs gehörenden Karosserieteile vernachlässigbar sind. Insofern wird obiger Zusammenhang für die Schalleistung P für das gesamte Fahrzeug angewendet.

**[0055]** Ein Maß für die Schalleistung P ist dabei beispielsweise der Betrag des, ggf. in einer Signalvorverarbeitung gefilterten, Körperschallsignals  $a_{ks}$ , dessen, vorzugsweise zeitlich normierten, zeitlichen Integrals, des Quadrats des Körperschallsignals  $a_{ks}$  oder dessen, vorzugsweise zeitlich normierten, zeitlichen Integrals.

**[0056]** Über den bekannten, über die empirisch ermittelte potentielle Schallenergiedichte S ist die folglich in dieser Weise messbare Schalleistung P direkt proportional zur Volumendeformationsrate  $\dot{V}$ . Diese Volumendeformationsrate  $\dot{V}$  wird als zweite Aufprallgröße verwendet, um eine Schwellwertkennlinie zu verändern.

**[0057]** [Fig. 5](#) zeigt das physikalische Modell, das dem Fahrzeugaufprall in Bezug auf das messbare, niederfrequente Beschleunigungssignal a zugrund gelegt wird. Es handelt sich dabei im Wesentlichen um ein Feder-Masse-Modell. Die im Aufprallfall auftretende Kraft wird in Abhängigkeit von der Deformation, insbesondere dem Deformationsweg, betrachtet, das ist, beispielsweise bei einem Frontalaufprall, die längs des Aufpralls erreichte Länge des deformierten Bereichs X. Das deformierte Material des Kraftfahrzeugs innerhalb der Deformationslänge X wird als Feder angenähert mit einer Federkonstante, der so genannten Crash-Steifigkeit C. Die gesamte Fahrzeugmasse, die für jedes Fahrzeugmodell zumindest näherungsweise bekannt ist, wird als homogene Masse m angenähert, die auf die Feder einwirkt und zwar mit einer Anfangsgeschwindigkeit  $v_0$ . Das Bezugszeichen 10 bezeichnet das Hindernis, gegen den die Verformung der Feder und der Masse, die das Fahrzeug 10 repräsentieren, stattfindet. Über das dargestellte Modell gelangt man zu folgender Differentialgleichung:

$$m \cdot \ddot{x} = -C \cdot x \quad [2]$$

**[0058]** Zusammen mit der Kreisfrequenz

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{C}{m}}$$

[2] kann eine Lösung dieser Differentialgleichung für die wirkende Beschleunigung wie folgt gefunden werden:

$$a(t) = -v_0 \omega_0 \cdot \sin(\omega_0 t), \quad [3]$$

wobei t die Zeit darstellt. Mit  $\dot{V} = A \cdot v_0$ , wobei A die Aufprallfläche ist, erhält man schließlich:

$$\dot{\alpha} \propto (t) \dot{V} \quad [4]$$

**[0059]** Aus [1] und [4] erhält man daraus den Zusammenhang zwischen der ersten Aufprallgröße dieses Ausführungsbeispiels  $\dot{\alpha}$  und der zweiten Aufprallgröße  $\dot{V}$ :

$$\frac{\dot{\alpha}}{\dot{V}} = \frac{C'}{m}, \quad [5]$$

wobei  $C'$  als Crash-Härte bezeichnet wird und im Wesentlichen die Crash-Steifigkeit geteilt durch die Aufprallfläche  $A$  ( $C/A$ ) ist.

**[0060]** Über diesen funktionellen Zusammenhang kann die Schwellwertkennlinie ( $th$ ) für die erste Aufprallgröße  $\dot{\alpha}$  in Abhängigkeit von der zweiten Aufprallgröße  $\dot{V}$  entsprechend des zugrunde gelegten physikalischen Aufprall-Modells in sinnvoller Art variiert werden.

**[0061]** Für den eingangs erwähnten harten Crash ist der Deformationsweg  $X$  äußerst gering. Dies ist beispielsweise bei einem AZT-Crash-Test der Fall oder bei einem Crash-Test gegen eine starre Wand, bei dem vergleichsweise wenig Deformationsweg  $X$ , zumindest in der Anfangszeit des Aufprallunfalls, erreicht wird. Für diesen Fall lässt sich aus obiger Gleichung [5] ein Extremwert für die erste Aufprallgröße angeben:

$$\dot{\alpha} = k_1 \cdot \frac{1}{\dot{V}}, \quad [6]$$

wobei  $k_1$  eine empirisch ermittelte Konstante für ein Fahrzeugmodell ist.

**[0062]** [Fig. 6](#) zeigt eine daraus gewonnene Schwellwertkennlinie für die erste Aufprallgröße  $\dot{\alpha}$  in Abhängigkeit von der zweiten Aufprallgröße  $\dot{V}$ . Die hyperbelartige Schwellwertkennlinie ist in durchgezogener Linie dargestellt. In der Darstellung dieser Schwellwertkennlinie können Werte für die erste Aufprallgröße  $\dot{\alpha}$  rechts oberhalb der Schwellwerthyperbel als Kriterien für das Vorliegen eines harten Crashes angesehen werden, aufgrund dessen die Auslösung eines Insassenrückhaltemittels erfolgen soll. Um die Zuverlässigkeit eines Insassenschutzsystems zusätzlich zu erhöhen, können auch konstante Mindestverformungsrate-Werte vorgesehen sein und Mindest-Beschleunigungsanstiege, die in der [Fig. 6](#) als Parallele zu der Hochwertachse beziehungsweise als Parallele zu der Rechtswertachse strichliert eingetragen sind. Das Vorliegen einer Mindestverformungsrate und eines Mindest-Beschleunigungsanstieg kann als zusätzliches Kriterium für das Erkennen eines harten Crashes dienen. Folglich stellt der schraffierte Bereich in der [Fig. 6](#) den Bereich von Werten von  $\dot{\alpha}$  in Abhängigkeit von  $\dot{V}$  dar, die zu einer Auslösung eines Insassenschutzmittels hinreichen, da ein harter Crash klassifiziert wurde.

**[0063]** [Fig. 7](#) zeigt eine Schwellwertkennlinie für einen so genannten weichen Crash. Ein weicher Crash ist gekennzeichnet durch eine hohe Eindringtiefe eines aufprallenden Objekts in das Kraftfahrzeug, wobei gleichzeitig eine vergleichsweise geringe Beschleunigung des Gesamtfahrzeugs stattfindet. Ein weicher Crash wird beispielsweise bei einem Typ ODB-Crash-Test oder bei einem Pfahl-Crash-Test erwartet. Durch eine Maximalwertabschätzung der obigen Gleichungen für eine maximale Eindringtiefe kann ein Zusammenhang der ersten Aufprallgröße  $\dot{\alpha}$  und der zweiten Aufprallgröße  $\dot{V}$  erhalten werden wie folgt:

$$\dot{\alpha} = k_2 \cdot \dot{V}^3, \quad [7]$$

wobei  $k_2$  wiederum eine fahrzeugspezifische Konstante darstellt. Daraus folgt die in der [Fig. 7](#) als durchgezogene Linie dargestellte kubische Schwellwertkennlinie in Abhängigkeit von der Volumendeformationsrate  $\dot{V}$  (zweite Aufprallgröße). Alle Werte für die Beschleunigungsänderung  $\dot{\alpha}$  (erste Aufprallgröße) rechts der Schwellwertlinie( $th$ ) werden als Auslösekriterium angesehen. Zusätzlich kann, was gestrichelt eingezeichnet ist, wiederum eine Mindestverformungsrate, gestrichelt parallel zur Hochwertachse eingezeichnet, und ein Mindest-Beschleunigungsanstieg, parallel zur Rechtswertachse, gestrichelt eingezeichnet, festgelegt werden als zusätzliches Auslösekriterium wie im Falle der [Fig. 6](#).

**[0064]** [Fig. 8](#) zeigt eine Kombination der Schwellwertkennlinien der [Fig. 6](#) und [Fig. 7](#). Nur der gestrichelte Bereich links der Schwellwertkennlinie ( $th$ ) stellt Fälle dar, in denen ein Insassenschutzmittel nicht ausgelöst werden soll. Mit dieser zusammengesetzten Schwellwertkennlinie ( $th$ ) können nun die sonst schwierig zu unterscheidenden Wandaufprallereignisse, die so genannten AZT-Crash-Tests, beides so genannte harte Crashes und der eher weiche Crash-Typ ODB voneinander unterschieden werden.

**[0065]** Fahrzeugaufprälle lassen sich grob in drei, wahlweise auch mehr, Aufprallarten klassifizieren, beispielsweise in harte, mittlere und weiche Aufprälle. In einer Kennlinienfeldauftragung der für einen Aufprall gewonnenen ersten Aufprallgrößen  $\dot{\alpha}$  zeigt, dass die Kennlinien für diese typischen Aufprallarten zumindest näherungsweise um eine jeweilige Ursprungsgerade verlaufen, die in der [Fig. 8](#) mit den Bezugszeichen I, II und III gekennzeichnet sind, jeweils für einen harten, einen mittleren bzw. einen weichen Aufprall.

[0066] [Fig. 9](#) zeigt den schematischen Ablauf eines erfindungsgemäßen Verfahrens. Im Verfahrensschritt **1** nehmen der Beschleunigungssensor **41** das Beschleunigungssignal  $a$  und der Körperschallsensor **42** das Körperschallsensorsignal  $aks$  auf.

[0067] Das Beschleunigungssignal wird in einem weiteren Verfahrensschritt **21** differenziert, das Körperschallsignal  $aks$  wird in einem Verfahrensschritt **22** umgerechnet in eine Volumenänderung  $\dot{V}$ . Die Beschleunigungsänderung  $\dot{a}$  und die Volumenänderung  $\dot{V}$  werden in einem weiteren Verfahrensschritt **31** zur Berechnung der Härte  $C'$  des Aufpralls gemäß den bereits genannten physikalischen Zusammenhängen umgerechnet. In einem weiteren Verfahrensschritt **51** wird festgestellt, ob es sich um einen "weichen Crash" oder einen "harten Crash" handelt.

[0068] Das Ergebnis aus Verfahrensschritt **51** wird zusammen mit der Beschleunigungsänderung  $\dot{a}$  und der Volumenänderung  $\dot{V}$  innerhalb eines weiteren Verfahrensschrittes **32** dazu verwendet, aufgrund eines in der Auswerteeinheit **2'** gespeicherten physikalischen Aufprall-Modells eine Schwellwertkennlinie ( $th$ ) verändern.

[0069] Im hier gezeigten Verfahrensablauf setzt sich die Schwellwertkennlinie, die beispielsweise in der [Fig. 8](#) gezeigt wird, insbesondere aus zwei Abschnitten zusammen, einem Abschnitt, der gewonnen wird aus einem Modell für einen "harten Crash" und einem weiteren Abschnitt, der gewonnen wird für einen "weichen Crash".

[0070] In einem weiteren Verfahrensschritt **52** wird die Beschleunigungsänderung gegen die auf diese Weise gewonnene Schwellwertkennlinie ( $th$ ) verglichen. Liegt ein Überschreiten der Beschleunigungsänderung  $\dot{a}$  vor, so wird in einem weiteren Verfahrensschritt **61** ein Auslösesignal für ein Insassenschutzmittel ausgegeben und das Insassenschutzmittel ausgelöst.

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Auslösen eines Personenschutzmittels für ein Fahrzeug, insbesondere eines Insassenschutzmittels in einem Fahrzeug, bei dem

- ein erster Aufprallsensor (**41**) ein Beschleunigungssensor ist und ein erstes Aufprallsignal ( $a$ ), ein Beschleunigungssignal, liefert,
- eine aus dem Beschleunigungssignal ( $a$ ) abgeleitete erste Aufprallgröße ( $\dot{a}$ ) mit einem Schwellwert ( $th$ ) verglichen wird,
- ein zweiter Aufprallsensor (**42**) ein zweites Aufprallsignal ( $aks$ ) liefert
- eine aus dem zweiten Aufprallsignal ( $aks$ ) abgeleitete zweite Aufprallgröße ( $\dot{V}$ ) gebildet wird,
- der Schwellwert ( $th$ ) abhängig von der zweiten Aufprallgröße ( $\dot{V}$ ) veränderlich ausgebildet ist,
- das Personenschutzmittel ausgelöst wird, vorzugsweise nur dann, wenn das Beschleunigungssignal den Schwellwert ( $th$ ) überschreitet,
- der zweite Aufprallsensor (**42**) ein Körperschallsensor ist
- das zweite Aufprallsignal ( $aks$ ) ein Körperschallsignal ist und
- die zweite Aufprallgröße ( $\dot{V}$ ) zumindest näherungsweise ein Maß für die Volumenänderung des Fahrzeugs während des Aufpralls darstellt **dadurch gekennzeichnet**, dass die zweite Aufprallgröße ( $\dot{V}$ ) proportional zur Schalleistung, zur mittleren Schalleistung oder zur Schallenergie des Körperschallsignals ( $aks$ ) ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Aufprallgröße ( $\dot{V}$ ) gebildet wird durch oder zumindest abgeleitet wird aus dem Betrag des gemessenen Körperschallsignals ( $aks$ ) oder eines zeitlich normierten Integrals davon.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Aufprallgröße ( $\dot{V}$ ) gebildet wird durch oder zumindest abgeleitet wird aus dem Quadrat des gemessenen Körperschallsignals ( $aks$ ) oder eines zeitlich normierten Integrals davon.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Aufprallgröße ( $\dot{a}$ ) ein Maß für die Beschleunigungsänderung ist.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Schwellwert ( $th$ ) zumindest abschnittsweise umgekehrt proportional zu der zweiten Aufprallgröße ( $\dot{V}$ ) ist.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Schwellwert ( $th$ ) zumindest abschnittsweise proportional zur dritten Potenz der zweiten Aufprallgröße ( $\dot{V}$ ) ist.

7. Vorrichtung zum Auslösen eines Personenschutzmittels für ein Fahrzeug, insbesondere eines Insassenschutzmittels in einem Fahrzeug, mit einem Beschleunigungssensor (**41**), einem Körperschallsensor (**42**) und einer Auswerteeinheit (**2'**) für die Signale der beiden Aufprallsensoren (**41**, **42**), dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung geeignet ist, ein Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6 durchzuführen.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Beschleunigungssensor (**41**) und der Körperschallsensor (**42**) durch eine gemeinsame Sensoreinheit (**4**) gebildet werden, wobei ein breitbandiges Beschleunigungssignal durch ein gemeinsames Sensorelement messbar ist und ein niederfrequentes Beschleunigungssignal (a) durch einen Tiefpassfilter erzeugbar ist und ein Körperschallsignal (aks) durch einen Hochpassfilter erzeugbar ist.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

FIG 1

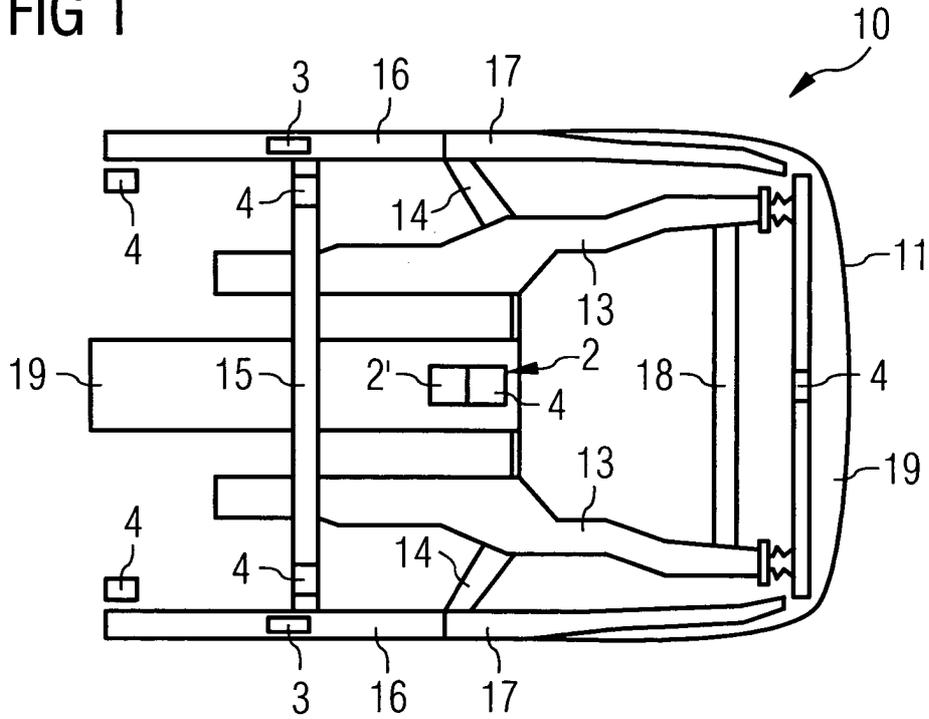


FIG 2

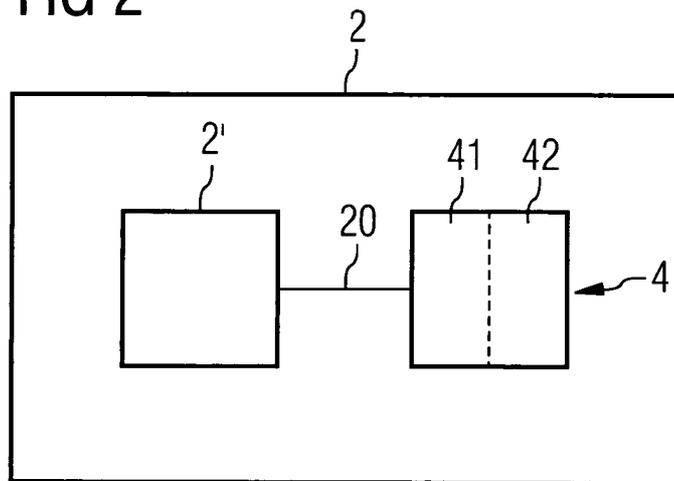


FIG 3

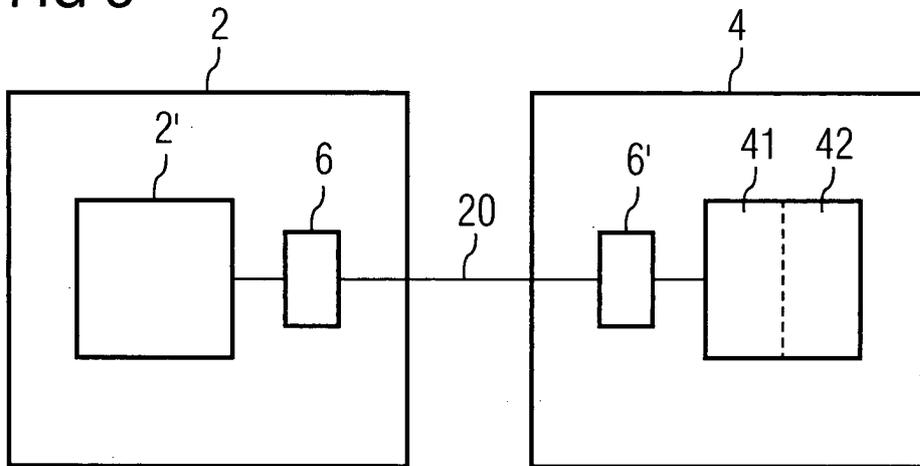


FIG 4

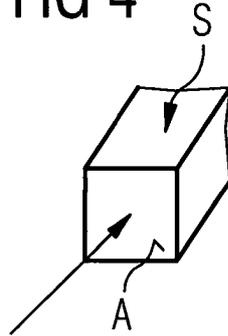


FIG 5

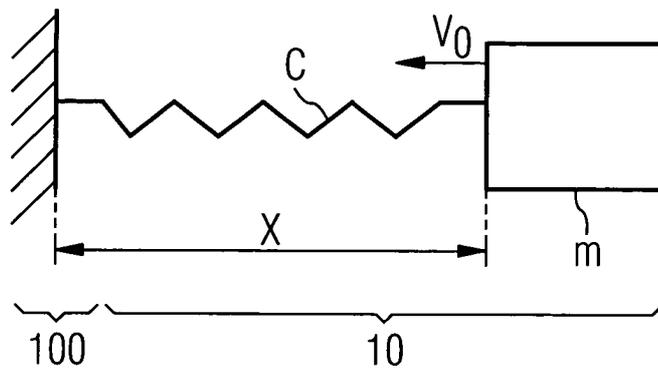


FIG 6

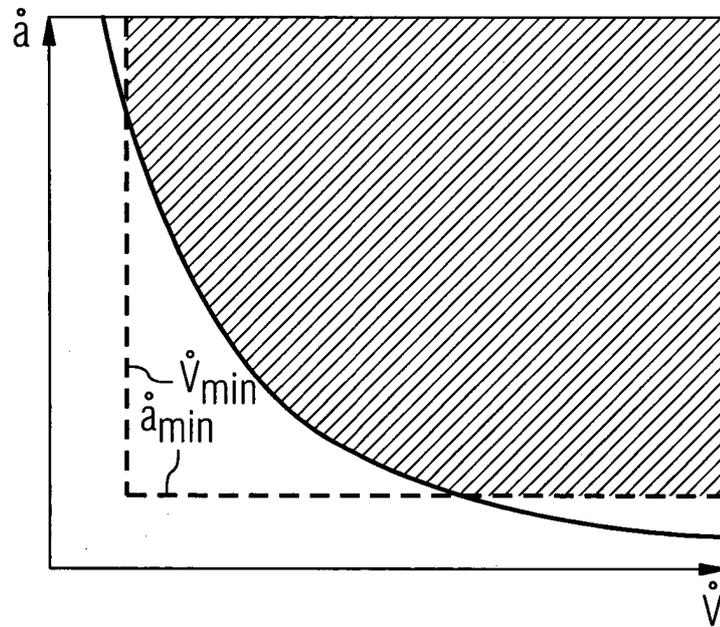


FIG 7

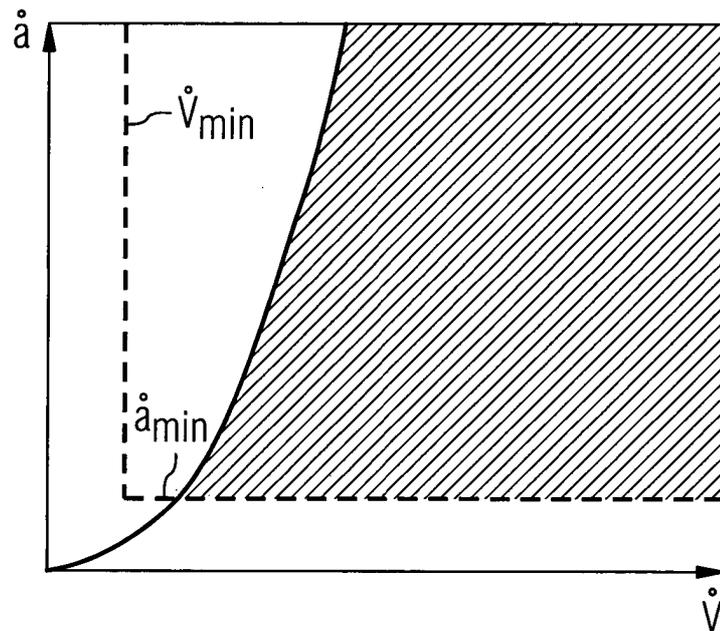


FIG 8

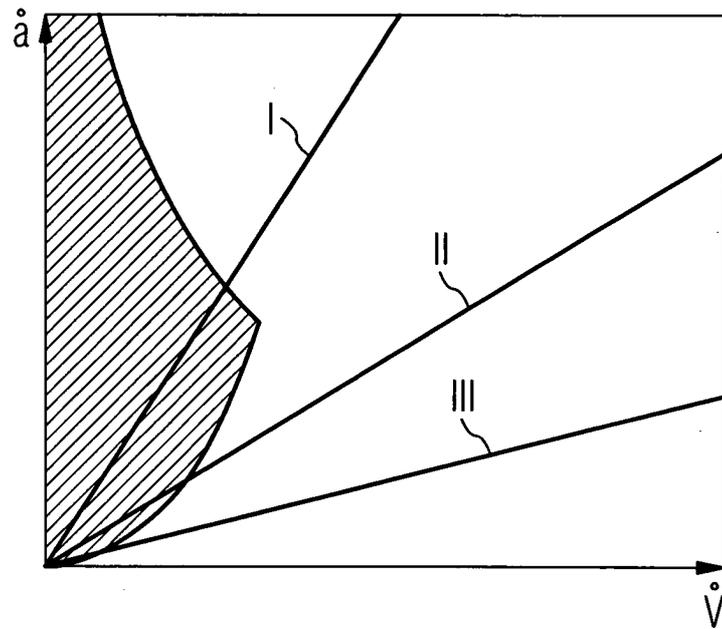


FIG 9

