(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2014 001 258 A1** 2015.07.30

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2014 001 258.1**
(22) Anmeldetag: **30.01.2014**
(43) Offenlegungstag: **30.07.2015**

(51) Int Cl.: ***G01H 1/00*** (2006.01)
G01H 1/14 (2006.01)
G01H 5/00 (2006.01)
G01B 17/04 (2006.01)
B60R 21/0136 (2006.01)

(71) Anmelder:
Hella KGaA Hueck & Co., 59557 Lippstadt, DE;
Universität Bremen, 28359 Bremen, DE

(74) Vertreter:
Patentanwälte Jabbusch Siekmann & Wasiljeff, 26131 Oldenburg, DE

(72) Erfinder:
Kneifel, Andre, 28213 Bremen, DE; Baumgärtel, Klaas Hauke, 27753 Delmenhorst, DE; Krieger, Karl-Ludwig, Prof. Dr.-Ing., 26835 Brinkum, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

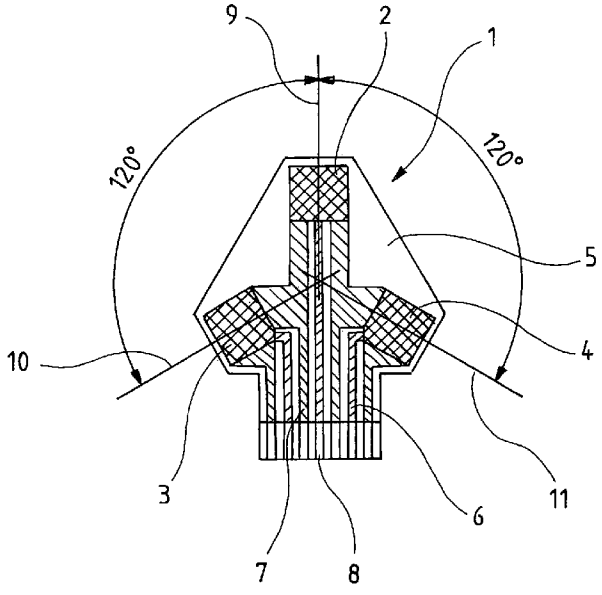
DE	10 2004 031 557	A1
DE	10 2004 051 638	A1
DE	10 2005 034 589	A1
DE	10 2005 046 928	A1
DE	10 2010 028 845	A1
EP	1 710 598	B1

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

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zur Erfassung mindestens eines Körperschallsignals**

(57) Zusammenfassung: Bei einem Verfahren zur Erfassung mindestens eines Körperschallsignals, insbesondere zur Detektion mindestens eines Schadensereignisses und/oder mindestens eines Berührungsereignisses, insbesondere an einem Kraftfahrzeug mit einer Sensoreinrichtung, ist erfindungswesentlich vorgesehen, dass ein Einwirkungsort des Schadensereignisses und/oder des Berührungsereignisses durch die Aufnahme von mindestens einem Messsignal an einer einzigen Sensoreinrichtung, die nur eine einzige Baueinheit aufweist, und durch die getrennte Bestimmung einerseits des Abstands zwischen der Sensoreinrichtung und dem Einwirkungsort und andererseits der Richtung, aus der das Körperschallsignal auf die einzige Sensoreinrichtung trifft, bestimmt wird.
Des Weiteren betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Erfassung mindestens eines Körperschallsignals, insbesondere eines von einem Schadensereignis und/oder von einem Berührungsereignis beeinflussten Körperschallsignals, mit wenigstens einer Sensoreinrichtung, wobei die Sensoreinrichtung mindestens eine signalleitende Verbindung zu mindestens einer Speichereinrichtung und mindestens eine signalleitende Verbindung zu mindestens einer Auswerteeinrichtung aufweist, sowie ein Fahrzeug mit der Vorrichtung.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erfassung mindestens eines Körperschallsignals, insbesondere zur Detektion mindestens eines Schadensereignisses und/oder mindestens eines Berührungsereignisses, insbesondere an einem Kraftfahrzeug, mit einer Sensoreinrichtung. Weiterhin betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Erfassung mindestens eines Körperschallsignals, insbesondere eines von einem Schadensereignis und/oder von einem Berührungsereignis beeinflussten Körperschallsignals, mit wenigstens einer Sensoreinrichtung, wobei die Sensoreinrichtung mindestens eine signalleitende Verbindung zu mindestens einer Speichereinrichtung und mindestens eine signalleitende Verbindung zu mindestens einer Auswerteeinrichtung aufweist. Außerdem betrifft die Erfindung ein Fahrzeug, insbesondere ein Kraftfahrzeug, mit einer vorbezeichneten Vorrichtung.

[0002] Verfahren und Vorrichtungen zur Erkennung von Schadensereignissen sind bekannt und finden vielfach im Kraftfahrzeugbereich Verwendung. Beispielsweise ist aus der DE 100 34 524 A1 ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Erkennung einer unfallbedingten Verformung mindestens eines Bauteils eines Kraftfahrzeuges bekannt. Dabei wird ein Körperschallfrequenzspektrum erfasst und ein entsprechendes Sensorsignal von einer Sensoreinrichtung zu einer Auswerteeinrichtung geleitet. Die Bauteile des Kraftfahrzeuges werden dabei wiederholt mit definierten Frequenzimpulsen angeregt und die daraus resultierenden Körperschallfrequenzspektren werden von der Vorrichtung erfasst. Durch signifikante Änderungen eines Körperschallfrequenzspektrums gegenüber einem vorher detektierten Körperschallfrequenzspektrum wird auf eine unfallbedingte Verformung des betreffenden Bauteils geschlossen. Mit diesem Verfahren ist die Überwachung eines oder mehrerer Bauteile eines Kraftfahrzeuges ermöglicht. Eine Aussage darüber, an welcher Position des jeweiligen Bauteils die Einwirkung des Schadensereignisses aufgetreten ist, lässt sich mit diesem Verfahren nicht treffen.

[0003] Um eine möglichst genaue Dokumentation, beispielsweise von einem Schadensereignis zu ermöglichen, ist eine genaue Lokalisierung des Einwirkungsortes des Schadensereignisses von großem Interesse. Beispielsweise kann somit während des Fahrbetriebes eines Fahrzeuges die genaue Position eines Steinschlages oder der Berührung mit einem anderen Fahrzeug auf der Außenhülle des Fahrzeugs bestimmt werden. Diese Informationen können wichtige Hinweise beispielsweise zur Rekonstruktion eines Unfallhergangs geben. Des Weiteren sollte eine solche Vorrichtung möglichst kostengünstig bereitzustellen sein.

[0004] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung bereitzustellen, mit dem die Bestimmung eines Ortes eines Schadensereignisses und/oder eines Berührungsereignisses beispielsweise an einem Kraftfahrzeug ermöglicht ist und bei dem kein erhöhter Montageaufwand durch umfangreiche Verkabelungen notwendig ist.

[0005] Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt mit einem Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1, einer Vorrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 9 und einem Fahrzeug mit den Merkmalen des Patentanspruchs 14.

[0006] Weiterbildungen und vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den jeweiligen Unteransprüchen angegeben.

[0007] Das Verfahren zur Erfassung mindestens eines Körperschallsignals, insbesondere zur Detektion mindestens eines Schadensereignisses und/oder mindestens eines Berührungsereignisses, insbesondere an einem Kraftfahrzeug, mit einer Sensoreinrichtung zeichnet sich erfindungsgemäß dadurch aus, dass ein Einwirkungsort des Schadensereignisses und/oder des Berührungsereignisses durch die Aufnahme von mindestens einem Messsignal an einer einzigen Sensoreinrichtung, die nur eine einzige Baueinheit aufweist, und durch die getrennte Bestimmung einerseits des Abstandes zwischen der Sensoreinrichtung und dem Einwirkungsort und andererseits der Richtung, aus der das Körperschallsignal auf die einzige Sensoreinrichtung trifft, bestimmt wird.

[0008] Vorzugsweise wird die Sensoreinrichtung an der Innenseite einer Kraftfahrzeugaußenhülle montiert. Dadurch, dass die Sensoreinrichtung nur eine einzige Baueinheit aufweist, ist eine relativ einfache Montage gewährleistet. Vorzugsweise wird die Sensoreinrichtung mittig an die Innenseite eines flächigen Bereichs einer Kraftfahrzeugaußenhülle, beispielsweise einer Seitentür, montiert. Zur Lokalisierung des Einwirkungsortes, also dem Ort, an dem auf die Außenhülle des Kraftfahrzeuges eine Kraft ausgeübt wird, beispielsweise durch einen Steinschlag, wird die Entfernung zwischen der Sensoreinrichtung und dem Einwirkungsort, sowie die Richtung aus der das am Einwirkungsort entstehende Signal auf die Sensoreinrichtung trifft, bestimmt. Bei dem Signal handelt es sich um ein Körperschallsignal, das sich beispielsweise in Form einer Biegewelle in dem flächigen Bereich des Bauteils ausbreitet. Vorteilhaft bei der Verwendung nur einer einzigen Sensoreinrichtung, die nur eine einzige Baueinheit aufweist, gegenüber der Verwendung mehrerer, beispielsweise über den flächigen Bereich verteilter Sensoreinrichtungen, ist, dass eine Synchronisation der einzelnen Sensoreinrichtungen entfallen kann. Eine Sychronisation ist bei der Verwendung mehrerer Sensoreinrichtungen, beispielsweise zur Bestimmung von Si-

gnalunterschieden, notwendig. Des Weiteren ist somit keinerlei Kommunikation zwischen verschiedenen Sensoreinrichtungen notwendig, so dass mögliche Verfahrensschritte sowie Kommunikationseinrichtungen entfallen können. Vorzugsweise wird der Einwirkungsort, also die Quelle des Körperschallsignals, durch die Berechnung von Polarkoordinaten in Abhängigkeit von der Position der Sensoreinrichtung bestimmt. Auch eine Berechnung des Einwirkungsortes in kartesischen Koordinaten oder anderen Koordinatensystemen ist möglich.

[0009] In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens werden die Messsignale von mindestens zwei, insbesondere von drei Sensorelementen der Sensoreinrichtung erfasst. Beispielsweise kann ein durch ein Schadensereignis verursachtes Körperschallsignal an jedem der drei Sensorelemente unabhängig voneinander erfasst werden. Der Abstand zwischen der Sensoreinrichtung und dem Einwirkungsort kann über die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Biegewelle des Körperschallsignals berechnet werden. Dazu kann der Effekt der Dispersion ausgenutzt werden, also die Abhängigkeit der Ausbreitungsgeschwindigkeit der Welle von der jeweiligen Frequenz. Der Winkel unter dem die Welle auf die Sensoreinrichtung trifft, kann durch Laufzeitunterschiede zwischen den drei Sensorelementen berechnet werden und beispielsweise im Polarkoordinaten, deren Bezugspunkt beispielsweise die Position der Sensoreinrichtung sein kann, angegeben werden.

[0010] In einer bevorzugten Ausführung des Verfahrens wird jeweils zumindest auf einen Abschnitt des Messsignals eine Fouriertransformation, insbesondere Kurzzeitfouriertransformation, angewendet und somit werden die Phasen der einzelnen Frequenzanteile bestimmt, wird die Phasendifferenz bei zumindest zwei Frequenzanteilen bestimmt, wird aus der Phasendifferenz die Laufzeit des Körperschallsignals errechnet und wird aus der Laufzeit des Körperschallsignals der Abstand zwischen dem Sensorelement und dem Einwirkungsort bestimmt. Vorzugsweise wird das von einem Berührungsereignis und/oder von einem Schadensereignis verursachte Körperschallsignal an den drei Sensorelementen der Sensoreinrichtung simultan erfasst. Zur Weiterverarbeitung und Auswertung können die erfassten analogen Körperschallsignale beispielsweise durch einen Analog-Digital-Wandler in digitale Messsignale umgewandelt werden. Die digitalisierten Messsignale können an eine Recheneinheit weitergegeben werden und in einer Speichereinrichtung abgespeichert werden, so dass die Messsignale, insbesondere die Messsignale eines bestimmten Zeitbereiches, zur weiteren Verarbeitung zur Verfügung stehen. Auf jeweils zumindest einen Abschnitt der drei Messsignale wird eine Fouriertransformation, insbesondere eine Kurzzeitfouriertransformation, angewendet. Das Ergebnis der Kurzzeitfouriertransformation kann zur weiteren Verarbeitung abgespeichert werden. In der weiteren Auswertung der Messsignale werden jeweils die Phasen der einzelnen Frequenzanteile der Messsignale bestimmt. Hierbei können eventuell auftretende Sprünge um 2π herausgerechnet werden. Aufgrund der Dispersion ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Körperschallwelle frequenzabhängig. Dies bedeutet, dass jeder Frequenzanteil eine eigene Ausbreitungsgeschwindigkeit aufweist. Bei dem Schadens- oder Berührungsereignis werden am Einwirkungsort alle Frequenzanteile der Körperschallwelle gleichzeitig angeregt. Aufgrund dieser Zusammenhänge lässt sich aus der Phasenbeziehung, insbesondere der Phasendifferenz, zweier Frequenzanteile eines Messsignals an einem Sensorelement die Laufzeit des Köperschallsignals zwischen dem Sensorelement und dem Einwirkungsort bestimmen. Aus der Laufzeit der Körperschallsignale lässt sich der Abstand zwischen dem Sensorelement und dem Einwirkungsort bestimmen. Die Genauigkeit der Entfernungsbestimmung kann erhöht werden, indem beispielsweise die Laufzeiten bei mehreren Frequenzanteilen bestimmt werden oder indem eine größere Anzahl an Sensorelementen genutzt wird.

[0011] In einer bevorzugten Ausführung des Verfahrens geht in die Berechnung des Abstandes zwischen der Sensoreinrichtung und dem Einwirkungsort mindestens eine bekannte Wellengeschwindigkeit, insbesondere eine Biegewellengeschwindigkeit und/oder eine Lambwellengeschwindigkeit und/oder eine Longitudinalwellengeschwindigkeit, ein. Vorzugsweise wird das Verfahren an Kraftfahrzeugen, insbesondere an der Außenhülle von Kraftfahrzeugen, eingesetzt. In den flächigen Bereichen der Fahrzeugaußenhülle breiten sich von einem Berührungsereignis oder einem Schadensereignis verursacht vorwiegend Biegewellen aus. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit einer solchen Welle ist aufgrund der Dispersion frequenzabhängig. Unterschiedliche Frequenzanteile einer Welle weisen unterschiedliche Ausbreitungsgeschwindigkeiten auf. Die frequenzabhängige Ausbreitungsgeschwindigkeit einer Biegewelle, beispielsweise in einer Stahlplatte einer bestimmten Dicke, ist bekannt. Aus der bekannten Wellengeschwindigkeit lässt sich mit der aus den Messsignalen bestimmten Laufzeit eines Frequenzanteils eine Laufstrecke bestimmen.

[0012] In einer weiteren bevorzugten Ausführung des Verfahrens wird die Phasendifferenz mindestens zweier an zwei verschiedenen Sensorelementen erfassten Messsignale durch die Bildung der Kreuzleistungsdichte und die Bestimmung von deren Phase ermittelt, wird aus der Phasendifferenz der Messsignale an zwei verschiedenen Sensorelementen die Laufzeit zwischen den beiden Sensorelementen bestimmt, werden die Laufzeitdifferenzen der Laufzeiten bestimmt, werden die Laufzeitdifferenzen zwischen den Sensorelementen in ein Verhältnis gesetzt

und wird aus dem Verhältnis der Laufzeiten zwischen den verschiedenen Sensorelementen auf die Richtung geschlossen, aus der das Körperschallsignal auf die Sensoreinrichtung getroffen ist. Die Richtung unter der das Körperschallsignal, das durch das Berührungs- oder das Schadensereignis verursacht wurde, auf die Sensoreinrichtung trifft, lässt sich durch Bestimmung der Laufzeiten zwischen den einzelnen Sensorelementen der Sensoreinrichtung bestimmen. Die ermittelte Richtung des Körperschallsignals lässt sich beispielsweise durch Winkelangaben in Polarkoordinaten, kartesischen Koordinaten oder anderen Koordinatensystemen angeben. Die Signallaufzeit zwischen zwei Sensorelementen wird über eine Phasenbestimmung der Signale ermittelt. Hierzu wird die Kreuzleistungsdichte zweier an zwei Sensorelementen aufgenommener Messsignale gebildet und die Phase der Kreuzleistungsdichte bestimmt. Aus der Phase der Kreuzleistungsdichte können Sprünge um 2π herausgerechnet werden und die Phase kann auf einen relevanten Bereich an Frequenzanteilen zugeschnitten werden. Aus der somit ermittelten Phasendifferenz der Frequenzanteile der beiden Messsignale kann eine Laufzeit des Messsignals zwischen den Sensorelementen berechnet werden. Auf gleiche Weise werden die Laufzeiten der Messsignale zwischen allen drei Sensorelementen untereinander ermittelt. Von den Laufzeiten der Messsignale zwischen den Sensorelementen werden die Differenzen, also die Laufzeitdifferenzen bestimmt. Durch die Bildung der Verhältnisse der Laufzeitdifferenzen der Körperschallsignale zwischen den verschiedenen Sensorelementen kann auf den Winkel geschlossen werden, unter dem die Körperschallwelle auf die Sensoreinrichtung getroffen ist. Aufgrund der höheren Ausbreitungsgeschwindigkeiten der Körperschallsignalanteile mit höheren Frequenzen sind auch die Laufzeiten der Körperschallsignale zwischen den Sensorelementen bei höheren Frequenzen geringer als bei niedrigeren Frequenzen. Somit können aufgrund der einfacheren Messbarkeit vorzugsweise die Verhältnisse der Laufzeiten der Frequenzanteile mit niedrigeren Frequenzen gebildet werden, um die Richtung der eintreffenden Körperschallsignale zu bestimmen.

[0013] In einer alternativen Ausführung des Verfahrens wird aus den an mindestens zwei Sensorelementen erfassten Messsignalen mindestens eine Kreuzkorrelation gebildet, werden aus der Kreuzkorrelation Laufzeitdifferenzen der Messsignale zwischen den Sensorelementen bestimmt, werden die Laufzeitdifferenzen in ein Verhältnis gesetzt und aus dem Verhältnis der Laufzeitdifferenzen zwischen den verschiedenen Sensorelementen wird auf die Richtung geschlossen, aus der das Körperschallsignal auf die Sensoreinrichtung getroffen ist. Durch die Bestimmung der Laufzeitdifferenzen der Messsignale zwischen den Sensorelementen lässt sich auf die Richtung schließen, unter der das Körperschallsignal auf die Sensoreinrichtung getroffen ist. Hierzu kann die Kreuzkorrelation von zwei Messsignalen, die von zwei verschiedenen Sensorelementen erfasst wurden, gebildet werden. Aus der Kreuzkorrelation können die Laufzeitdifferenzen der Messsignale zwischen den Sensorelementen bestimmt werden. Bei einer Sensoreinrichtung mit drei verschiedenen Sensorelementen können beispielsweise drei Kreuzkorrelationen von den drei erfassten Messsignalen gebildet werden. Die aus der Kreuzkorrelation gebildeten Laufzeitdifferenzen werden in ein Verhältnis gesetzt und aus dem ermittelten Verhältnis kann auf die Richtung geschlossen werden, aus der die registrierten Signale auf die Sensoreinrichtung getroffen ist. Die Richtung des Messsignals, also des Körperschallsignals kann beispielsweise in Polarkoordinaten, kartesischen Koordinaten oder einem anderen Koordinatensystem dargestellt werden.

[0014] In einer bevorzugten Ausführung des Verfahrens werden die erfassten Messsignale in mindestens einer Speichereinrichtung gespeichert und die Messsignale, die als erste in der Speichereinrichtung gespeichert werden, werden als erste aus der Speichereinrichtung ausgelesen. Solche Speichereinrichtungen sind als First In – First Out (FIFO) Speicher bekannt. Die abgespeicherten Daten befinden sich in einer Art Warteschlange, so dass sichergestellt ist, dass die abgespeicherten Daten in der Reihenfolge abgerufen werden können, in der sie abgespeichert wurden.

[0015] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens werden die gespeicherten Messsignale zur Bestimmung des jeweiligen Anfangs des von dem Schadensereignis oder dem Berührungsereignis verursachten Signals auf die Überschreitung eines Schwellwertes untersucht. Die Bestimmung des Anfangs eines Körperschallsignals ist für die weitere Auswertung von Bedeutung, da am Anfang des Körperschallsignals sichergestellt ist, dass die Signalanteile nicht von Reflektionen der Körperschallwelle beispielsweise an Randstrukturen des zu untersuchenden Objektes, beispielsweise an den Rändern einer Fahrzeugtür, überlagert sind. Der Anfang eines Signals wird dabei durch die Überschreitung eines Schwellwertes, beispielsweise eines Amplitudenschwellwertes, bestimmt. Dabei kann der Amplitudenschwellwert beispielsweise knapp über dem Rauschlevel liegen.

[0016] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird mindestens ein Abschnitt mindestens eines Messsignals, in dem eine Schwellwertüberschreitung auftritt, in eine zu Abschnitten anderer Messsignale, in denen ebenfalls eine Schwellwertüberschreitung auftritt, identische Position in der Abfolge der gespeicherten Messsignale in der Speichereinrichtung verschoben. Zur Auswertung und Vergleichbarkeit der drei von den drei Sensorele-

menten aufgenommenen Messsignale werden diese nach ihrer Digitalisierung und Speicherung im Speicher so verschoben, dass die Abschnitte der Messsignale, in denen der Schwellwert überschritten wurde, jeweils in einer identischen, deckungsgleichen Position, bevorzugt der in der Mitte der Abfolge der gespeicherten Daten in der Speichereinrichtung liegt. Beispielsweise kann nun jeweils um diese identische Position ein Signalausschnitt gewählt werden, der der weiteren Auswertung und Untersuchung zugeführt wird. Beispielsweise wird an diesen drei Signalausschnitten jeweils eine Kurzzeitfouriertransformation durchgeführt.

[0017] Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Erfassung mindestens eines Körperschallsignals, insbesondere eines von einem Schadensereignis und/oder von einem Berührungsereignis beeinflussten Körperschallsignals, mit wenigstens einer Sensoreinrichtung, wobei die Sensoreinrichtung mindestens eine signalleitende Verbindung zu mindestens einer Speichereinrichtung und mindestens eine signalleitende Verbindung zu mindestens einer Auswerteeinrichtung aufweist. Diese Vorrichtung zeichnet sich erfindungsgemäß dadurch aus, dass die Sensoreinrichtung mindestens zwei, insbesondere drei, Sensorelemente zur voneinander unabhängigen Erfassung von mindestens einem Körperschallsignal aufweist, dass die Sensorelemente zueinander eine feste räumliche Anordnung aufweisen und dass die Sensoreinrichtung nur eine einzige Baueinheit aufweist. Durch die feste räumliche Anordnung von insbesondere drei Sensorelementen ist neben der Bestimmung des Abstandes zwischen der Sensoreinrichtung und dem Einwirkungsort des Schadens- und/oder Berührungsereignisses eine Bestimmung der Richtung, aus der das Körperschallsignal auf die Sensoreinrichtung trifft, ermöglicht. Die Sensorelemente sind dabei in ihrer festen räumlichen Anordnung in nur einer einzigen Baueinheit verbaut. Dieses ist besonders bei der Montage der Sensoreinrichtung vorteilhaft, da nur eine Baueinheit, beispielsweise an die Innenseite eines flächigen Bauteils der Außenhülle des Kraftfahrzeuges, montiert werden muss. Auf aufwendige Verkabelungen, wie es bei der Montage einzelner Sensorelemente notwendig ist, kann somit verzichtet werden. Somit ist eine erhebliche Reduktion des Zeitaufwandes bei der Montage gegeben. Des Weiteren kann eine aus drei Sensorelementen bestehende Sensoreinrichtung direkt mit einer Auswerteeinrichtung versehen werden, die beispielsweise ebenfalls in der Baueinheit untergebracht ist. Bei der Verwendung von drei einzelnen Sensoreinrichtungen ist beispielsweise zur Richtungsbestimmung eine Synchronisation der drei Auswerteeinrichtungen sowie eine zusätzliche Kommunikationsschnittstelle zwischen den drei Sensoreinrichtungen notwendig. Durch die Verwendung einer einzigen Sensoreinrichtung mit nur einer Auswerteeinrichtung kann auf diese zusätzlichen Komponenten und Verfahrensschritte verzichtet werden.

[0018] In einer bevorzugten Ausführung der Vorrichtung sind die Sensorelemente auf einem gemeinsamen Trägerteil angeordnet. Durch die Anordnung der Sensorelemente der Sensoreinrichtung auf einem gemeinsamen Trägerteil, beispielsweise einem Folienabschnitt oder einer Platine, ist eine einfache Umsetzung der räumlich festen Anordnung der Sensorelemente zueinander gegeben.

[0019] In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung der Vorrichtung sind die Sensorelemente so zueinander angeordnet, dass sie ein gleichseitiges Dreieck aufspannen. Die Sensorelemente sind geometrisch auf den Ecken eines gleichseitigen Dreiecks angeordnet. Beispielsweise können die Sensorelemente Symmetrieachsen aufweisen, die sich in einem Punkt treffen. Der Außenwinkel zwischen zwei Symmetrieachsen zweier benachbarter Sensorelemente kann jeweils 120° betragen. Diese Anordnung ermöglicht eine besonders gute Richtungsbestimmung des einfallenden Körperschallsignals aufgrund von Laufzeitunterschieden des Körperschallsignals zwischen den einzelnen Sensorelementen.

[0020] In einer weiteren bevorzugten Ausbildung der Erfindung handelt es sich bei dem Trägerteil um einen Folienabschnitt und die Sensorelemente sind drucktechnisch auf diesem Folienabschnitt aufgebracht. Beispielsweise kann der Folienabschnitt aus einem thermoplastischen Kunststoff, wie beispielsweise Polyvinylidenfluorid (PVDF), oder einem ähnlichen Kunststoff bestehen. Besonders vorteilhaft bei der Verwendung einer Folie als Trägerteil ist, dass Folien zumeist sehr kostengünstig herzustellen sind, leicht zu bearbeiten sind und aufgrund ihrer Flexibilität leicht an räumliche Gegebenheiten angepasst werden können. Die Sensorelemente und die zur Verbindung mit einer Auswerteeinheit erforderlichen Leiterbahnen sind, beispielsweise mit leitfähiger Tinte oder einer anderen leitfähigen Substanz, auf das Folienmaterial aufgedruckt. Beispielsweise können mehrere Elektrodenlagen auf die Folie aufgedruckt werden, wobei überlappende Bereiche der Elektrodenlagen die aktiven Bereiche, also die Sensorelemente, bilden können. Bei den Sensorelementen kann es sich um piezoelektrische Körperschallaufnehmer handeln. Des Weiteren kann der Folienabschnitt eine Steckerleiste zur signalleitenden Verbindung mit beispielsweise einer Auswerteeinrichtung aufweisen.

[0021] In einer weiteren Ausbildung der Erfindung sind die auf dem Trägerteil angeordneten Sensorelemente und die Auswerteeinrichtung in einem gemeinsamen Gehäuse angeordnet. Durch die Anordnung der Auswerteeinrichtung und der Sensorelemente ist eine einfache Montage der Sensoreinrichtung ermöglicht. Das Gehäuse bietet der Auswerteeinrichtung

und den Sensorelementen Schutz vor äußeren Einflüssen.

[0022] Weiterhin betrifft die Erfindung ein Fahrzeug, insbesondere ein Kraftfahrzeug, mit einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 13. Erfindungsgemäße Vorrichtungen können beispielsweise in einem Fahrzeug an flächigen Innenseiten der Außenhülle montiert sein. Dadurch ist eine Detektion von Berührungs- und Schadensereignissen an allen wichtigen Bauteilen des Fahrzeugs ermöglicht.

[0023] Nachfolgend wird die Erfindung anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels weiter erläutert. Die schematischen Darstellungen zeigen in:

[0024] **Fig.** 1: Eine Sensoreinrichtung mit drei Sensorelementen auf einem Trägerteil in einer Draufsicht,

[0025] **Fig.** 2a: eine Sensoreinrichtung und eine Auswerteeinrichtung in einem Gehäuse in einer perspektivischen Darstellung,

[0026] **Fig.** 2b: eine Sensoreinrichtung in einem Gehäuse in geöffnetem Zustand,

[0027] **Fig.** 3: eine beispielhafte Anordnung von einer Sensoreinrichtung und dem Abstand zwischen dem Einwirkungsort und der Sensoreinrichtung sowie der Richtung des eintreffenden Körperschallsignals,

[0028] **Fig.** 4: eine Darstellung ausgewählter Verfahrensschritte des Verfahrens zur Erfassung der Körperschallsignale und der weiteren Verarbeitung.

[0029] In **Fig.** 1 ist eine Sensoreinrichtung **1** mit drei Sensorelementen **2**, **3**, **4** auf einem Trägerteil **5** dargestellt. Das Trägerteil **5** besteht aus einer PVDF-Folie. Auf dem Trägerteil **5** sind Elektrodenlagen **6**, **7** aufgebracht, deren Überlappungsbereiche die Sensorelemente **2**, **3**, **4** bilden. Die dreikanalige Sensoreinrichtung **1** weist eine Steckerverbindung **8** zur Verbindung mit beispielsweise einer Auswerteeinrichtung auf. Die Symmetrieachsen **9**, **10**, **11** der Sensorelemente **2**, **3**, **4** treffen sich in einem Mittelpunkt und die Symmetrieachsen **9**, **10**, **11** zweier benachbarter Sensorelemente **2**, **3**, **4** weisen einen Winkel von 120° auf.

[0030] In **Fig.** 2a ist ein Gehäuse **12** mit einer Sensoreinrichtung **1** in geöffnetem Zustand dargestellt. Durch das Gehäuse ist ein Schutz der Sensoreinrichtung **1** gegen äußere Einflüsse gewährleistet.

[0031] In **Fig.** 2b ist ein Gehäuse **12** in geschlossenem Zustand mit einer darin angeordneten Sensoreinrichtung **1** und einer mit der Sensoreinrichtung verbundenen Auswerteeinrichtung **13** dargestellt. Durch die Anordnung in einem Gehäuse **12** bilden die Auswerteeinrichtung **13** und die Sensoreinrichtung **1** eine feste Baueinheit, so dass eine einfache Montage ermöglicht ist. Des Weiteren schützt das Gehäuse **12** die empfindliche Sensoreinrichtung **1** und die Auswerteeinrichtung **13** vor äußeren Einflüssen.

[0032] In **Fig.** 3 ist die Anordnung einer Sensoreinrichtung **1** am Beispiel einer Kraftfahrzeugtür **14** veranschaulicht. Die Sensoreinrichtung **1** befindet sich in einer mittleren Position des flächigen Bereiches der Kraftfahrzeugtür **14**. Beispielhaft ist ein Einwirkungsort **15** eines Beschädigungs- oder eines Berührungsereignisses dargestellt. Der Abstand **16** zwischen der Sensoreinrichtung **1** und dem Einwirkungsort **15** kann durch Bestimmung der Phase eines Körperschallsignals ermittelt werden. Zur Angabe der Richtung, aus der das am Einwirkungsort **15** entstehende Körperschallsignal auf die Sensoreinrichtung **1** trifft, ist ein Koordinatensystem **17** angegeben, dessen Ursprung die Position der Sensoreinrichtung ist. Durch die Angaben des Winkels und des Abstandes ist die Position des Einwirkungsortes eindeutig beschrieben.

[0033] In **Fig.** 4 ist ein schematischer Ablauf einer Auswahl von Verfahrensschritten dargestellt. Unabhängig voneinander werden an den Sensorelementen Messsignale **18**, **19**, **20** aufgenommen. Die aufgenommenen analogen Messsignale **18**, **19**, **20** werden durch einen Analog-Digital-Wandler in digitale Messsignale **21**, **22**, **23** umgewandelt. Die digitalen Messsignale **21**, **22**, **23** werden jeweils in einer FIFO-Speichereinrichtung abgespeichert **24**, **25**, **26**. In der Speichereinrichtung werden die Messsignale **24**, **25**, **26** so verschoben, dass die Signalanteile **27**, in denen ein Schwellwert überschritten wird identisch, deckungsgleich innerhalb der Abfolge der Daten in der Speichereinrichtung angeordnet werden. Um die eine Schwellwertüberschreitung aufweisenden Signalanteile **27** wird ein Signalausschnitt mit einer vorderen Grenze **28** und einer hinteren Grenze **29** ausgewählt. Dieser Signalausschnitt wird der weiteren Verarbeitung und Auswertung zugeführt.

[0034] 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 10034524 A1 [0002]

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erfassung mindestens eines Körperschallsignals, insbesondere zur Detektion mindestens eines Schadensereignisses und/oder mindestens eines Berührungsereignisses, insbesondere an einem Kraftfahrzeug mit einer Sensoreinrichtung, **dadurch gekennzeichnet,** dass ein Einwirkungsort (**15**) des Schadensereignisses und/oder des Berührungsereignisses durch die Aufnahme (**18**, **19**, **20**) von mindestens einem Messsignal an einer einzigen Sensoreinrichtung, die nur eine einzige Baueinheit aufweist, und durch die getrennte Bestimmung einerseits des Abstands (**16**) zwischen der Sensoreinrichtung (**1**) und dem Einwirkungsort (**15**) und andererseits der Richtung, aus der das Körperschallsignal auf die einzige Sensoreinrichtung (**1**) trifft, bestimmt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Messsignale von mindestens zwei, insbesondere von drei, Sensorelementen (**2**, **3**, **4**) der Sensoreinrichtung (**1**) erfasst werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet,** dass jeweils zumindest auf einen Abschnitt des Messsignals eine Fouriertransformation, insbesondere eine Kurzzeitfouriertransformation, angewendet wird und somit die Phasen der einzelnen Frequenzanteile bestimmt werden, dass die Phasendifferenz bei zumindest zwei Frequenzanteilen bestimmt wird, dass aus der Phasendifferenz die Laufzeit des Körperschallsignals errechnet wird und dass aus der Laufzeit des Körperschallsignals der Abstand (**16**) zwischen dem Sensorelement (**2**, **3**, **4**) und dem Einwirkungsort (**15**) bestimmt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet,** dass in die Berechnung des Abstandes zwischen der Sensoreinrichtung (**1**) und dem Einwirkungsort (**15**) mindestens eine bekannte Wellengeschwindigkeit, insbesondere eine Biegewellengeschwindigkeit und/oder eine Lambwellengeschwindigkeit und/oder eine Longitudinalwellengeschwindigkeit, eingeht.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Phasendifferenz mindestens zweier an mindestens zwei verschiedenen Sensorelementen (**2**, **3**, **4**) erfassten Messsignale durch die Bildung der Kreuzleistungsdichte und die Bestimmung deren Phase ermittelt wird, dass aus der Phasendifferenz der Messsignale an zwei verschiedenen Sensorelementen (**2**, **3**, **4**) die Laufzeit der Messsignale zwischen den beiden Sensorelementen (**2**, **3**, **4**) bestimmt wird, dass die Laufzeitdifferenzen der Laufzeiten bestimmt werden, dass die Laufzeitdifferenzen zwischen den Sensorelementen (**2**, **3**, **4**) in ein Verhältnis gesetzt werden und dass aus dem Verhältnis der Laufzeitdifferenzen zwischen den verschiedenen Sensorelementen (**2**, **3**, **4**) auf die Richtung geschlossen wird, aus der das Körperschallsignal auf die Sensoreinrichtung (**1**) getroffen ist.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet,** dass aus den an mindestens zwei Sensorelementen (**2**, **3**, **4**) erfassten Messsignalen mindestens eine Kreuzkorrelation gebildet wird, dass aus der Kreuzkorrelation Laufzeitdifferenzen der Messsignale zwischen den Sensorelementen (**2**, **3**, **4**) bestimmt werden, dass die Laufzeitdifferenzen in ein Verhältnis gesetzt werden und dass aus dem Verhältnis der Laufzeitdifferenzen zwischen den verschiedenen Sensorelementen (**2**, **3**, **4**) auf die Richtung geschlossen wird, aus der das Körperschallsignal auf die Sensoreinrichtung (**1**) getroffen ist.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet,** dass die erfassten Messsignale in mindestens einer Speichereinrichtung (**24**, **25**, **26**) gespeichert werden und dass die Messsignale, die als erste in der Speichereinrichtung gespeichert werden, als erstes aus der Speichereinrichtung ausgelesen werden.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Messsignale zur Bestimmung des jeweiligen Anfangs des von dem Schadensereignis oder dem Berührungsereignis verursachten Messsignals auf die Überschreitung eines Schwellwertes (**27**) untersucht werden.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 und 8, **dadurch gekennzeichnet,** dass mindestens ein Abschnitt mindestens eines Messsignals, in dem eine Schwellwertüberschreitung (**27**) auftritt, in eine zu Abschnitten anderer Messsignale, in denen ebenfalls eine Schwertüberschreitung auftritt, identische Position in der Abfolge der gespeicherten Messsignale (**24**, **25**, **26**) in der Speichereinrichtung verschoben wird.

10. Vorrichtung zur Erfassung mindestens eines Körperschallsignals, insbesondere eines von einem Schadensereignis und/oder von einem Berührungsereignis beeinflussten Körperschallsignals, mit wenigstens einer Sensoreinrichtung (**1**), wobei die Sensoreinrichtung mindestens eine signalleitende Verbindung zu mindestens einer Speichereinrichtung und mindestens eine signalleitende Verbindung zu mindestens einer Auswerteeinrichtung (**13**) aufweist, **dadurch gekennzeichnet,**
dass die Sensoreinrichtung (**1**) mindestens zwei, insbesondere drei, Sensorelemente (**2**, **3**, **4**) zur voneinander unabhängigen Erfassung von mindestens einem Körperschallsignal aufweist,
dass die Sensorelemente (**2**, **3**, **4**) zueinander eine feste räumliche Anordnung aufweisen und
dass die Sensoreinrichtung (**1**) nur eine einzige Baueinheit aufweist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Sensorelemente (**2**, **3**, **4**) auf einem gemeinsamen Trägerteil (**5**) angeordnet sind.

12. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Sensorelemente (**2**, **3**, **4**) eine ein gleichseitiges Dreieck aufspannende Anordnung zueinander aufweisen.

13. Vorrichtung nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet,** dass es sich bei dem Trägerteil (**5**) um einen Folienabschnitt handelt und dass die Sensorelemente (**2**, **3**, **4**) drucktechnisch auf diesem Folienabschnitt aufgebracht sind.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 13, **dadurch gekennzeichnet,** dass die auf dem Trägerteil (**5**) angeordneten Sensorelemente (**2**, **3**, **4**) und die Auswerteeinrichtung (**13**) in einem gemeinsamen Gehäuse (**12**) angeordnet sind.

15. Fahrzeug, insbesondere Kraftfahrzeug, mit einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 14.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

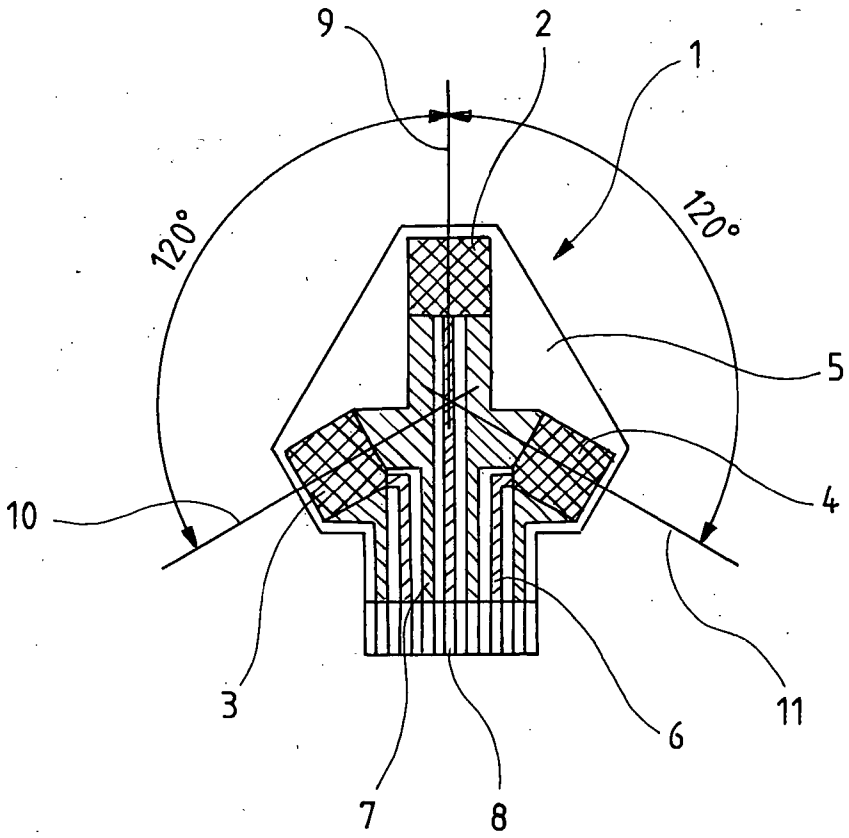


Fig. 1

Fig. 2a

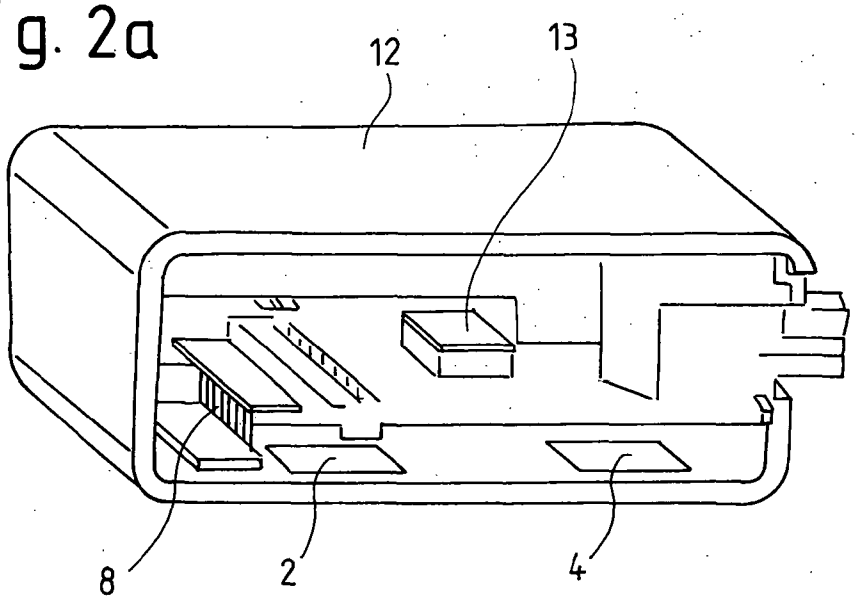


Fig. 2b

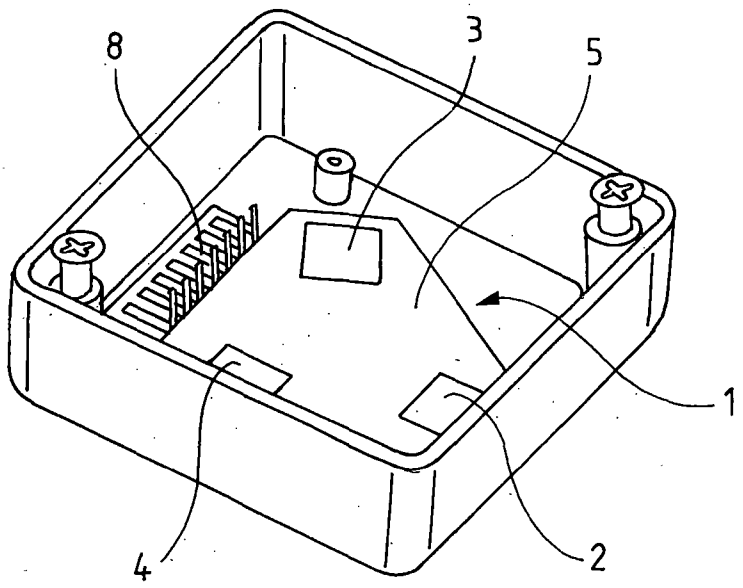


Fig. 3

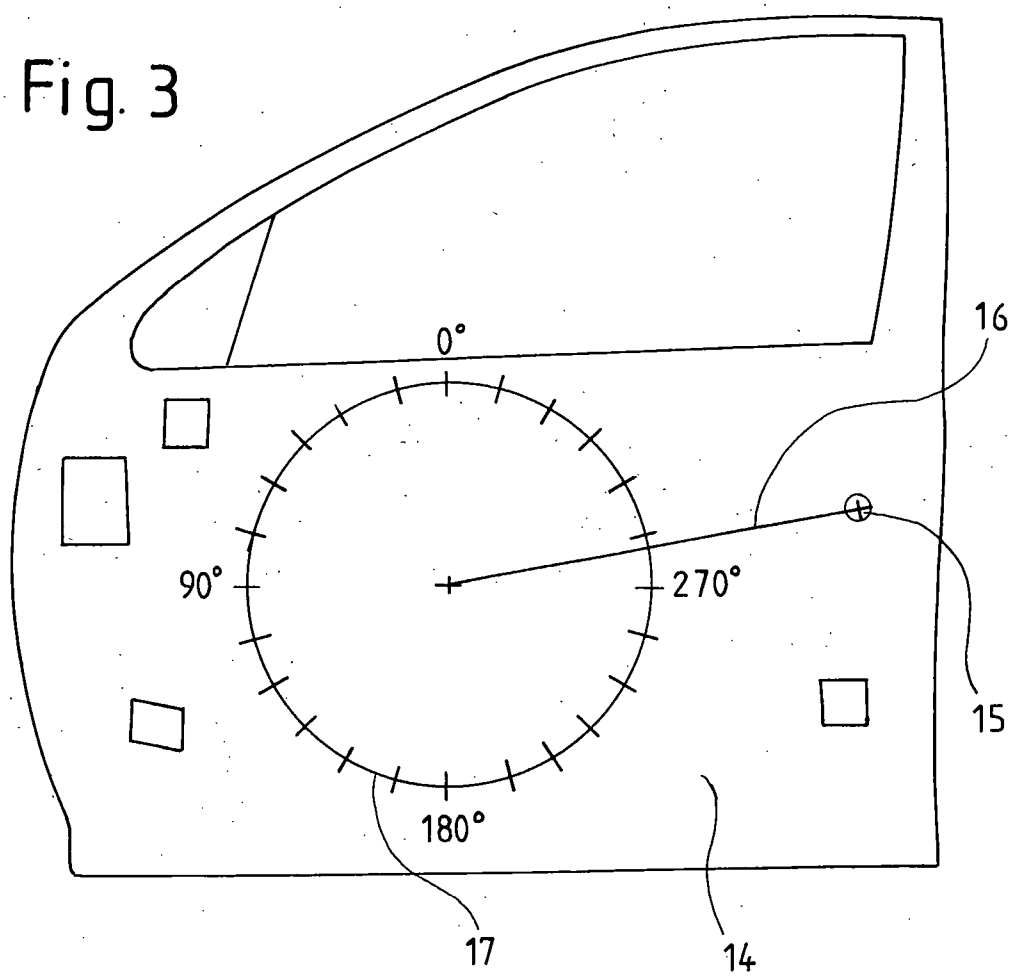
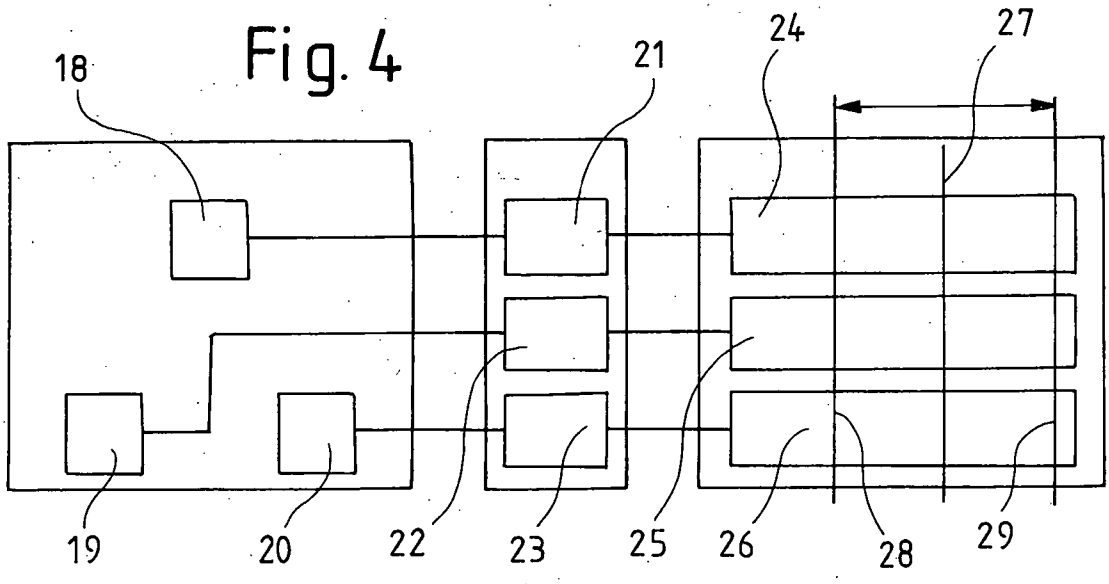



Fig. 4