



(10) **DE 10 2004 064 002 B4** 2019.05.09

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 064 002.5**
(22) Anmeldetag: **04.08.2004**
(43) Offenlegungstag: **10.05.2007**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **09.05.2019**

(51) Int Cl.: **G01H 1/00** (2006.01)
B60C 23/02 (2006.01)

Innerhalb von neun 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. 1 Patentkostengesetz).

(62) Teilung aus:
10 2004 037 875.4

(73) Patentinhaber:
**Continental Automotive GmbH, 30165 Hannover,
DE**

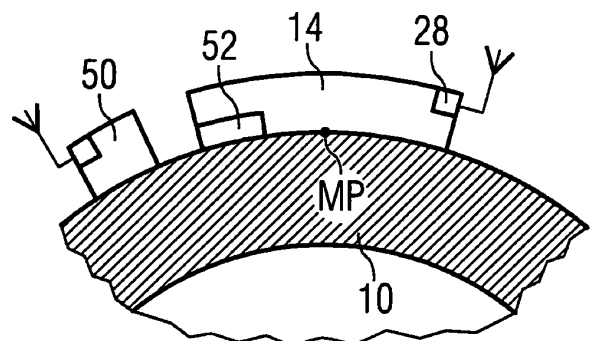
(72) Erfinder:
Haas, Thomas, 93059 Regensburg, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	101 51 066	C1
DE	198 44 913	C2
DE	25 06 068	A1
DE	40 19 501	A1
DE	101 35 936	A1
DE	101 61 283	A1
DE	101 44 326	A1
US	2004/00 64 219	A1
US	5 001 933	A
JP	H09- 113 535	A

(54) Bezeichnung: **System zum Überwachen einer Sensorvorrichtung**

(57) Hauptanspruch: System zum Überwachen einer Sensorvorrichtung (14,16,18,20), welche in einer Montageposition (MP) in einem Rad (2,4,6,8) angeordnet ist, aufweisend eine weitere Sensorvorrichtung (50) zum Erkennen von mechanischen Schwingungen, die durch die Sensorvorrichtung (14,16,18,20), wenn sie sich von ihrer Montageposition (MP) gelöst hat, an das Rad (2,4,6,8) übertragen werden, wobei ein mechanisches Schwingelement (52) so angeordnet ist, dass es beim Lösen der Sensorvorrichtung (14,16,18,20) von ihrer Montageposition (MP) zu mechanischen Schwingungen angeregt wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein System zum Überwachen einer Sensorvorrichtung, die in einem Rad in einer Montageposition angeordnet ist, insbesondere in dem Rad eines Fahrzeuges.

[0002] Das Überwachen von Parametern eines Rades eines Fahrzeuges kann maßgeblich zu der Sicherheit der in dem Fahrzeug befindlichen Insassen beitragen. Dabei kommt insbesondere dem Überwachen des Reifendrucks eine hohe Bedeutung zu. Ein sinkender Reifendruck kann frühzeitig auf eine Beschädigung des Reifens eines Rades des Fahrzeuges hinweisen. So kann dann rechtzeitig der Fahrzeugführer auf einen beschädigten Reifen hingewiesen werden, bevor der Reifen gegebenenfalls platzt und somit eine hohe Gefahr für einen Unfall besteht.

[0003] Aus der DE 101 35 936 A1 ist eine Einrichtung für das Überwachen mindestens eines Parameters für mehrere Fahrzeigräder bekannt. Der Einrichtung sind an jedem Rad Detektoreinheiten mit jeweils einer Sendeeinheit zugeordnet, die jeweils ein phasen- oder frequenzmoduliertes Signal zu einer zentralen Auswerte- und Steuereinheit übertragen. Jede Detektoreinheit sendet in bestimmten zeitlichen Abständen ein kurzes Signal, welches eine eindeutige Kennung beinhaltet. Nach einem Radwechsel kann in einem Zuordnungsmodus der Detektoreinheit und der zentralen Auswerte- und Steuereinheit eine erneute Zuordnung der jeweiligen Detektoreinheit zu den betreffenden Radpositionen dadurch erfolgen, dass für jede Detektoreinheit ein Verlauf der mittleren Empfangsleistung abhängig von der Winkelposition des jeweiligen Rades erfasst und mit gespeicherten Signaturinformationen verglichen wird. Die Detektoreinheit umfasst jeweils einen Beschleunigungssensor. Abhängig von dem Messsignal des Beschleunigungssensors wird detektiert, ob eine Raddrehung erfolgt.

[0004] Aus der DE 101 44 326 A1 ist ein Verfahren und ein System zum Überwachen eines Reifenluftdrucks bekannt. In einem Fahrzeugreifen ist ein Drucksensor zum Erfassen des Luftdrucks innerhalb des Reifens angeordnet. Das Ausgangssignal des Drucksensors wird über eine Funkübertragungstrecke an eine Auswerteeinheit übertragen. Der Luftdruck innerhalb des Reifens wird gemessen und mit einem optimalen Reifendruck verglichen. Weichen die beiden Drücke mehr als eine vorbestimmte Abweichung voneinander ab, so wird ein Abweichungssignal erzeugt.

[0005] Für eine korrekte Funktionsweise einer Sensorvorrichtung ist es wichtig, dass sich die Sensorvorrichtung tatsächlich an ihrer vorgegebenen Montageposition innerhalb des Rades befindet. Das Lösen der Sensorvorrichtung von ihrer Montageposition

kann zum einen zum Ausfall der Sensorvorrichtung führen, es kann jedoch auch zu einer Zerstörung des Reifens des Rades führen.

[0006] Aus der US 5 001 933 A ist ein mikromechanischer Vibrationssensor zur Überwachung von rotierenden Maschinenteilen bekannt.

[0007] Aus der JP H09- 113 535 A ist eine Abnormalitätsermittlungsvorrichtung zur Ermittlung von Abnormalitäten von Beschleunigungssensoren bekannt.

[0008] Die Aufgabe der Erfindung ist es, ein System der eingangs genannten Art so weiterzubilden, dass relativ einfach erkannt werden kann, ob sich eine Sensorvorrichtung in ihrer Montageposition befindet.

[0009] Die Aufgabe wird gelöst durch die Merkmale des unabhängigen Patentanspruchs 1. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

[0010] Ausgehend von einem System mit einer Sensorvorrichtung, die in einem Rad in einer Montageposition angeordnet ist, ist eine weitere Sensorvorrichtung vorgesehen, die so ausgebildet ist, dass sie mechanische Schwingungen erkennt, die durch eine gelöste Sensorvorrichtung an das Rad übertragen werden. Diese Schwingungen können verursacht sein durch das Schlagen der Sensorvorrichtung an den Reifen oder die Felge und bei hoher Rotationsgeschwindigkeit des Reifens durch ein Aufschlagen, der an die Reifeninnenwand gepressten Messeinheit an den Kontaktpunkt mit der Fahrbahnoberfläche, der als Latsch bezeichnet wird. Auf diese Weise erzeugt somit die Sensorvorrichtung einen sekundären Körperschall oder Luftschall.

[0011] Die weitere Sensorvorrichtung kann vorteilhaft an dem Rad angeordnet sein. Sie kann so einfach Bestandteil des Rades sein, was eine gegebenenfalls aufwendige Abstimmung zwischen der Sensorvorrichtung und der weiteren Sensorvorrichtung vereinfacht. Darüber hinaus ist bei einer derartigen Anordnung die weitere Sensorvorrichtung im Wesentlichen entkoppelt von Schwingungen, die durch andere Komponenten des Fahrzeugs hervorgerufen werden.

[0012] Alternativ kann die weitere Sensorvorrichtung auch an einer Komponente eines Fahrzeuges angeordnet sein, die so mit dem Rad gekoppelt ist, dass Schwingungen des Rades auf sie übertragen werden. Sie muss somit so mit dem Rad gekoppelt sein, dass der durch das Rad erzeugte Körperschall auf sie übertragen wird. Dies hat den Vorteil, dass die weitere Sensorvorrichtung keinen so hohen mechanischen Belastungen wie im Bereich des Rades standhalten muss. Sie kann so vorteilhaft auch in einer Baueinheit

mit einer gegebenenfalls dezentralen Empfangseinheit ausgebildet sein.

[0013] Erfindungsgemäß ist ein mechanisches Schwingelement so angeordnet, dass es beim Lösen der Sensorvorrichtung von ihrer Montageposition zu mechanischen Schwingungen angeregt wird. Auf diese Weise werden dann im Falle eines Lösen der Sensorvorrichtung von ihrer Montageposition besonders charakteristische Schwingungen erzeugt, die sich in Körperschallschwingungen auswirken, und somit ein sehr zuverlässiges Erkennen des Lösen der Sensorvorrichtung von ihrer Montageposition ermöglichen.

[0014] Gemäß eines nicht-beanspruchten Aspekts, ausgehend von einem System mit einer Sensorvorrichtung, die in einem Rad angeordnet ist, ist eine Überwachungseinheit vorgesehen, die so mit der Sensorvorrichtung gekoppelt und so ausgebildet ist, dass sie ein Lösen der Sensorvorrichtung von ihrer Montageposition erkennt, und ein Warnsignal erzeugt, wenn sie das Lösen der Sensorvorrichtung von ihrer Montageposition erkennt. Die Überwachungseinheit kann so beispielsweise elektrisch gekoppelt sein mit der Sensorvorrichtung und anhand des Vorhandenseins oder Nichtvorhandenseins der elektrischen Kopplung erkennen, ob sich die Sensorvorrichtung von ihrer Montageposition gelöst hat oder nicht. In diesem Fall kann dann das Lösen der Sensorvorrichtung durch die Überwachungseinheit auch einfach erkannt werden, wenn die Sensorvorrichtung nach dem Lösen von der Montageposition zerstört worden ist.

[0015] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind im Folgenden anhand der schematischen Zeichnungen näher erläutert.

[0016] Es zeigen:

Fig. 1 ein Fahrzeug mit Rädern, in denen Sensorvorrichtungen angeordnet sind,

Fig. 2 einen Ausschnitt aus einem Rad gemäß **Fig. 1** mit einer ersten Ausführungsform der Sensorvorrichtung,

Fig. 3 die erste Ausführungsform der Sensorvorrichtung in verschiedenen Positionen,

Fig. 4 die erste Ausführungsform der Sensorvorrichtung in weiteren verschiedenen Positionen,

Fig. 5 die erste Ausführungsform der Sensorvorrichtung in weiteren verschiedenen Positionen,

Fig. 6 die erste Ausführungsform der Sensorvorrichtung in weiteren verschiedenen Positionen,

Fig. 7 einen Ausschnitt aus einem Rad gemäß **Fig. 1** mit einer zweiten Ausführungsform der Sensorvorrichtung,

Fig. 8 einen Ausschnitt aus einem Rad gemäß **Fig. 1** mit einer dritten Ausführungsform der Sensorvorrichtung,

Fig. 9 einen Ausschnitt aus einem Rad gemäß **Fig. 1** mit einer vierten Ausführungsform der Sensorvorrichtung,

Fig. 10 einen Ausschnitt aus einem Rad gemäß **Fig. 1** mit einer fünften Ausführungsform der Sensorvorrichtung,

Fig. 11 einen Ausschnitt aus einem Rad gemäß **Fig. 1** mit einer sechsten Ausführungsform der Sensorvorrichtung,

Fig. 12 einen Ausschnitt aus einem Rad gemäß **Fig. 1** mit einer siebten Ausführungsform der Sensorvorrichtung,

Fig. 13 einen Ausschnitt aus einem Rad gemäß **Fig. 1** mit einer achte Ausführungsform der Sensorvorrichtung,

Fig. 14 einen Ausschnitt aus einem Rad gemäß **Fig. 1** mit einer achte Ausführungsform der Sensorvorrichtung außerhalb ihrer Montageposition,

Fig. 15 und **Fig. 16** ein Ablaufdiagramm eines Programms, das in einer Überwachungsvorrichtung gespeichert ist.

[0017] Elemente gleicher Konstruktion oder Funktion sind figuren-übergreifend mit den gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet.

[0018] Ein Fahrzeug **1** (**Fig. 1**) hat Räder **2, 4, 6, 8**. Die Räder **2, 4, 6, 8** umfassen jeweils eine Felge **10** (**Fig. 3**) und einen Reifen **12**. Den Rädern **2, 4, 6, 8** sind jeweils Sensorvorrichtungen **14, 16, 18, 20** (**Fig. 1**) zugeordnet. Die Sensorvorrichtungen **14, 16, 18, 20** sind jeweils in einer Montageposition MP in dem Rad **2, 4, 6, 8** bestimmungsgemäß angeordnet. Sie können so beispielsweise auf der Felge **10** des Rades **2, 4, 6, 8** fest montiert sein, beispielsweise mittels einer Schraub- oder Nietverbindung. Sie können jedoch auch auf die Felge **10** mittels eines geeigneten Klebemittels geklebt sein. Sie können ferner alternativ mittels eines Spanngurtes in der Montageposition MP befestigt sein. Der Spanngurt ist bevorzugt auf die Felge **10** gespannt. Alternativ kann sich die Montageposition der Sensorvorrichtung **14, 16, 18, 20** auch bei dem jeweiligen Ventil des Rades befinden und somit die Sensorvorrichtung **14, 16, 18, 20** mechanisch mit dem Ventil gekoppelt sein.

[0019] Im Folgenden ist beispielhaft die Sensorvorrichtung **14** anhand mehrerer Ausführungsformen beschrieben, die dem Rad **2** zugeordnet ist. Die anderen Sensorvorrichtungen **16, 18, 20** sind entsprechend ausgebildet.

[0020] Die Sensorvorrichtungen **14, 16, 18, 20** verfügen jeweils über eine Sendeeinheit **28**, mittels der

sie ein Informationssignal IS senden, das bevorzugt ein frequenzmoduliertes Signal ist.

[0021] In dem Fahrzeug **1** ist eine Überwachungs-
vorrichtung **32** vorgesehen, die auch als Vorrichtung
zum Überwachen der Sensorvorrichtung **14**, **16**, **18**,
20 bezeichnet werden kann. Die Überwachungs-
vorrichtung **32** umfasst eine zentrale Empfangseinheit
34, die ausgebildet ist zum Empfangen von Informati-
onssignalen, die von den jeweiligen Sensoreinheiten
28 gesendet werden. Alternativ können statt der zen-
tralen Empfangseinheit **34** auch mehrere dezentrale
Empfangseinheiten vorhanden sein, die dann jeweils
mindestens einer Sensorvorrichtung **14**, **16**, **18**, **20**
zugeordnet sind. Die Überwachungs-
vorrichtung **32** hat einen Programm- und einen Datenspeicher und
verfügt über eine Auswerteeinheit, in der das emp-
fangene Informationssignal IS für die Überwachung
der jeweiligen Sensorvorrichtung **14**, **16**, **18**, **20** aus-
gewertet wird.

[0022] Die Sensorvorrichtung **14** weist einen nicht
dargestellten Reifendrucksensor auf. Das Messsi-
gnal des Reifendruckensors, wird, gegebenenfalls
bereits aufbereitet, mittels des Informationssignals IS
durch die Sendeeinheit **28** an die Empfangseinheit
34 der Überwachungs-
vorrichtung **32** gesendet. Die
Überwachungs-
vorrichtung **32** kann so den jeweili-
gen erfassten Reifendruck vergleichen mit einem vor-
gegebenen Reifendruck-Sollwert und so erkennen,
wenn der Reifendruck in einem der Reifen **12** der
Räder **2**, **4**, **6**, **8** unerwünschte Werte annimmt und
dann gegebenenfalls Maßnahmen veranlassen, die
zu einem Erhöhen der Fahrsicherheit führen. Derar-
tige Maßnahmen können beispielsweise eine Warn-
meldung an den Fahrzeugführer des Fahrzeuges **1**
sein.

[0023] Die Sensorvorrichtung **14** umfasst ferner ei-
nen Beschleunigungssensor **22**. Der Beschleuni-
gungssensor **22** ist bevorzugt ausgebildet zum Erf-
fassen einer Zentrifugalbeschleunigung und somit ei-
ner Beschleunigung entlang seiner Wirkungslinie **24**.
Der Beschleunigungssensor **22** ist in der Regel aus-
gebildet zum Erfassen der Beschleunigung in Rich-
tung des Pfeils der Wirkungslinie. Bei einer Beschleu-
nigung entgegen der Pfeilrichtung des Pfeils der Wir-
kungslinie **24** hat das Messsignal des Beschleuni-
gungssensors **22** dann in der Regel einen vorgege-
benen minimalen Wert. Der Beschleunigungssensor
22 kann beispielsweise resistiv oder auch kapazitiv
ausgebildet sein.

[0024] Ferner kann der Sensorvorrichtung **14** auch
ein Temperatursensor **26** zugeordnet sein. Der Tem-
peratursensor **26** erfasst eine Temperatur der Sen-
sorvorrichtung **14**. Alternativ oder zusätzlich kann der
Beschleunigungssensor **22** auch ausgebildet sein
zum Erfassen einer Tangentialbeschleunigung oder
einer Axialbeschleunigung. Löst sich die Sensorvor-

richtung **14** von ihrer bestimmungsgemäßen Monta-
geposition MP, so ist die Sensorvorrichtung grund-
sätzlich frei beweglich innerhalb des Zwischenraums
zwischen der Felge **10** und einer Reifeninnenwand
des Reifens **12**. Mit einem r ist der Radius zur Fel-
genmitte bezogen auf die Position POS der Sensor-
vorrichtung **14** bezeichnet. Mit einem R ist der Radius
im Bezug auf die Felgenmitte der Reifeninnenwand
bezeichnet.

[0025] Hat sich die Sensorvorrichtung von ihrer Mon-
tageposition MP gelöst, so kann sie während der Ro-
tation des Rades **2** in dem Bereich zwischen der Fel-
ge **10** und der Reifeninnenwand herum purzeln, unter
der Voraussetzung, dass die auf die Sensorvorrich-
tung **14** wirkende Zentrifugalkraft geringer ist als die
Gewichtskraft, die auf die Sensorvorrichtung wirkt.
Somit purzelt die Sensorvorrichtung **14** bei entspre-
chend niedrigen Fahrzeuggeschwindigkeiten VS in-
nerhalb des Reifens **12** herum. Dies hat dann zur
Folge, dass die Wirkungslinie **24** des Beschleuni-
gungssensors **22** nur noch zufällig mit der Richtung
der Zentrifugalbeschleunigung übereinstimmt. Viel-
mehr kann die Wirkungslinie dann auch zum Beispiel
zeitweise mit der Richtung der Tangentialbeschleuni-
gung oder der Axialbeschleunigung oder einer Kom-
bination der Tangential-, Radial- oder Zentrifugal-
beschleunigung übereinstimmen. In diesem Zustand
hat somit das Messsignal des Beschleunigungssen-
sors **22** eine sehr hohe Varianz auch bei gleichblei-
bender Fahrzeuggeschwindigkeit VS. Dies ist ins-
besondere dadurch bedingt, dass die Zentrifugalbe-
schleunigung in der Regel um mindestens eine Grö-
ßenordnung und häufig um zwei oder drei Größen-
ordnungen größer ist als die Tangential- oder Axial-
beschleunigung, die auf die Sensorvorrichtung **14**
wirkt. In diesem Zustand ändert sich die relative Po-
sition POS an der sich die Sensorvorrichtung **14** in-
nerhalb des Reifens befindet statistisch zufällig und in
Fig. 6 sind beispielsweise fünfte und sechste Positi-
onen **P5** und **P6** der Sensorvorrichtung **14** dargestellt.

[0026] In **Fig. 3** ist ein Fall dargestellt, bei dem die
Fahrzeuggeschwindigkeit VS so hoch ist, dass die
auf die Sensorvorrichtung **14** wirkende Zentrifugal-
kraft größer ist als die Gewichtskraft. In diesem Fall
ist die Sensorvorrichtung an die Reifeninnenwand es
Reifens **12** in einer ersten Position **P1** gepresst. Sie
ist in der ersten Position **P1** in radialer Richtung be-
zogen auf die Felgenmitte in etwa um 180° bezogen
auf ihre Wirkungslinie **24** im Vergleich zu der Monta-
geposition MP verdreht. Die hat dann zur Folge, dass
das Messsignal des Beschleunigungssensors **22** der
Sensorvorrichtung **14** auch bei weiter zunehmender
Fahrzeuggeschwindigkeit VS einen nahezu unverän-
derten minimalen Wert aufweist.

[0027] Anhand der **Fig. 4** sind zweite und dritte Po-
sitionen **P2**, **P3** der von ihrer Montageposition MP
gelösten Sensorvorrichtung **14** dargestellt und zwar

ebenfalls für eine Fahrzeuggeschwindigkeit VS , die so hoch ist, dass die auf die Sensorvorrichtung **14** wirkende Zentrifugalkraft größer ist als die Gewichtskraft der Sensorvorrichtung **14**. In den zweiten und dritten Positionen **P2** und **P3** ist die Wirkungslinie **24** des Beschleunigungssensors im Wesentlichen in tangentialer Richtung zu dem Rad ausgerichtet. Dies hat dann zur Folge, dass das Messsignal MS_B des Beschleunigungssensors **24** zu der Tangentialbeschleunigung korreliert und somit das Messsignal MS_B in den relevanten Fahrzuständen einen um Größenordnungen niedrigeren Beschleunigungswert aufweist.

[0028] In der **Fig. 5** ist eine von ihrer Montageposition **MP** gelöste Sensorvorrichtung **14** in einer vierten Position **P4** dargestellt, in der sie bezogen auf die Ausrichtung ihrer Wirkungslinie **24** in der jeweiligen Pfeilrichtung in radialer Richtung bezogen auf die Felgenmitte identisch ausgerichtet ist zu ihrer Montageposition **MP** mit dem einzigen Unterschied, dass der Radius r dem Radius R entspricht. In diesem Fall erfasst somit der Beschleunigungssensor **22** eine entsprechend dem Unterschied der Radien r in der Montageposition **MP** und des Radius R erhöhte Beschleunigung in der vierten Position **P4** im Vergleich zu der Montageposition **MP** und zwar bei gleicher Fahrzeuggeschwindigkeit VS .

[0029] **Fig. 7** zeigt eine zweite Ausführungsform der Sensorvorrichtung **14**. Sie umfasst einen Schalter **36** der einen Stift **38** umfasst und einen Schaltkontakt **40**. Befindet sich die Sensorvorrichtung **14** in ihrer Montageposition **MP** so wirkt der Stift **38** derart auf den Schaltkontakt **40** ein, dass beispielsweise ein elektrischer Stromkreis geschlossen ist. Löst sich anschließend die Sensorvorrichtung **14** von ihrer Montageposition so drückt beispielsweise eine nicht dargestellte Feder den Stift **38** weg von dem Schaltkontakt **40**, was dann beispielsweise zu einer Unterbrechung des oben genannten elektrischen Stromkreises führt. Der Schalter **36** ist somit ein einfacher Positionssensor, anhand dessen Messsignal erkannt werden kann, ob sich die Sensorvorrichtung **14** in ihrer Montageposition **MP** befindet oder ob sie sich außerhalb ihrer Montageposition **MP** befindet. Das Messsignal, das dem Schalter **40** zugeordnet ist oder ein entsprechend aufbereitetes Signal wird dann mittels des Informationssignals **IS** von der Sendeeinheit **28** ausgesendet.

[0030] Bei einer dritten Ausführungsform (**Fig. 8**) der Sensorvorrichtung **14** sind ein erstes **42** und zweites **44** Kontaktelement beabstandet zueinander in der Sensorvorrichtung **14** angeordnet. In der Montageposition **MP** der Sensorvorrichtung **14** kontaktieren die ersten und zweiten Kontaktelemente **42**, **44** einen auf der Felge **10** angeordneten elektrischen Leiter **46**. Durch geeignete weitere Schaltungsmittel ist dann so in der Montageposition **MP** der Sensorvorrichtung **14** ein elektrischer Stromkreis geschlossen.

[0031] Löst sich die Sensorvorrichtung **14** von ihrer Montageposition **MP** so lösen sich auch die ersten und zweiten Kontaktelemente **42**, **44** von dem elektrischen Leiter **46**, mit der Folge, dass der elektrische Stromkreis unterbrochen wird. Durch entsprechende Signalauswertung kann so einfach erkannt werden, ob sich die Sensorvorrichtung **14** in ihrer Montageposition **MP** befindet oder ob sie sich außerhalb ihrer Montageposition **MP** befindet.

[0032] Bei einer vierten Ausführungsform der Sensorvorrichtung **14** (**Fig. 9**) ist ein Verformungsmesselement **48** auf der Sensorvorrichtung **14** angeordnet. Das Verformungsmesselement **48** kann beispielsweise ein Dehnungsmesselement oder auch ein Piezoelement sein. Löst sich die Sensorvorrichtung **14** von ihrer Montageposition **MP** so erfasst das Verformungsmesselement **48** Verformungen der Sensorvorrichtung **14** durch Einschlagen auf die Reifeninnenwand des Reifens **12** und beim Aufschlagen der an die Reifeninnenwand gepressten Sensorvorrichtung **14** an den Kontaktpunkt mit der Fahrbahnoberfläche, der als Latsch bezeichnet wird. Durch das zyklische Verformen des Reifens **12** im Bereich der jeweiligen Position, an der sich die Sensorvorrichtung befindet, verformt sich somit auch die Sensorvorrichtung **14** zyklisch. Dies führt zu einer charakteristischen Schwingung des Messsignals des Dehnungsmesselements **48**. Während des Betriebs eines Fahrzeuges können so an der Reifeninnenwand Beschleunigungen bis zu 6000 g auftreten. Das Messsignal des Verformungsmesselement **48** wird dann gegebenenfalls entsprechend aufbereitet im Rahmen des Informationssignals **IS** von der Sendeeinheit **28** an die zentrale Empfangseinheit **34** der Überwachungsvorrichtung **32** gesendet.

[0033] Eine fünfte Ausführungsform der Sensorvorrichtung **14** (**Fig. 10**) umfasst neben der Sensorvorrichtung **14** eine weitere Sensorvorrichtung **50**. Die weitere Sensorvorrichtung **50** umfasst ein Sensorelement, das ausgebildet ist zum Erkennen von mechanischen Schwingungen, die durch eine gelöste Sensorvorrichtung, also insbesondere die Sensorvorrichtung **14** an das Rad übertragen werden. Dies kann beispielsweise ein Verformungsmesselement entsprechend der Ausführungsform vier gemäß **Fig. 9**, ein Beschleunigungssensor oder auch ein Körperschallmikrofon sein.

[0034] Bei einem derartigen System aus der Sensorvorrichtung **14** und der weiteren Sensorvorrichtung **50** kann mittels der weiteren Sensorvorrichtung **50** aufgrund des detektierten Körperschalls, der durch das Schlagen der Sensorvorrichtung **14** beispielsweise an die Reifeninnenwand des Reifens **12** nach ihrem Lösen von der Montageposition **MP** hervorgerufen wird, das Lösen der Sensorvorrichtung **14** von ihrer Montageposition **MP** erkannt werden. In diesem Fall kann somit die weitere Sensorvorrichtung mit-

tels einer ihr zugeordneten Sendeeinheit ein entsprechendes Signal an die zentrale Empfangseinheit **34** senden und somit kann auch der Überwachungsvorrichtung **32** im Falle einer zerstörten Sensorvorrichtung **14** das erfolgte Lösen der Sensorvorrichtung von ihrer Montageposition signalisiert werden.

[0035] Die weitere Sensorvorrichtung kann auch an einer Komponente des Fahrzeugs **1** angeordnet sein, die so mit dem Rad gekoppelt ist, dass Schwingungen des Rades auf sie übertragen werden. Sie kann beispielsweise an einem Radhaus, einem Federbein, einer Aufhängung des Rades oder dergleichen angeordnet sein.

[0036] Gemäß einer sechsten Ausführungsform der Sensorvorrichtung **14** (**Fig. 11**) ist der Sensorvorrichtung **14** ein mechanisches Schwingelement **52** zugeordnet. Das mechanische Schwingelement **52** kann einen Feder-Masse-Schwinger umfassen, der bei einem Lösen der Sensorvorrichtung **14** von ihrer Montageposition **MP** in eine Schwingung versetzt wird, die dann bevorzugt in Form von Körperschall mittels der Felge **10** auf die weitere Sensorvorrichtung **50** übertragen wird und dort mittels des dort vorgesehenen Sensorelements erfasst wird.

[0037] In der siebten Ausführungsform der Sensorvorrichtung **14** ist dieser eine Überwachungseinheit **54** zugeordnet. Die Überwachungseinheit **54** ist so mit der Sensorvorrichtung **14** gekoppelt, dass die ein Lösen der Sensorvorrichtung **14** von ihrer Montageposition **MP** erkennt. Dazu kann sie beispielsweise mittels eines Schaltkontaktes mit der Sensorvorrichtung **14** gekoppelt sein, der geschlossen ist, wenn die Sensorvorrichtung **14** in ihrer Montageposition **MP** ist, und der ansonsten offen ist. Durch eine entsprechende Auswertung der Stellung des Schaltkontaktes der Überwachungseinheit **54** kann so die Überwachungseinheit **54** selbsttätig erkennen, wenn sich die Sensorvorrichtung **14** von ihrer Montageposition **MP** gelöst hat.

[0038] Der Überwachungseinheit **54** ist auch eine weitere Sendeeinheit zugeordnet, die ausgebildet ist zum Senden eines Warnsignals **WS** an die zentrale Empfangseinheit **34**, wenn sie ein Lösen der Sensorvorrichtung von ihrer Montageposition **MP** erkannt hat. In einer achten Ausführungsform der Sensorvorrichtung ist diese ebenfalls bestimmungsgemäß an ihrer Montageposition **MP** angeordnet. Die Sendeeinheit **28** der Sensorvorrichtung **14** sendet das Informationssignal mit einer vorgegebenen Signalstärke. Die zentrale Empfangseinheit **34** empfängt dieses Informationssignal **IS**. Die Auswerteeinheit der Überwachungsvorrichtung **32** ist in diesem Fall ausgebildet zum Ermitteln eines Maßes, das charakteristisch ist für die Signalstärke des Informationssignals **IS**. Im Falle eines modulierten Informationssignals kann dieses Maß beispielsweise die Amplitude des Trägersi-

gnals sein. Bei dieser Ausführungsform wird die Erkenntnis genutzt, dass sich die Signalstärke des von der zentralen Empfangseinheit **34** empfangenen Informationssignals **IS** deutlich ändert, wenn die Sensorvorrichtung **14** sich von ihrer Montageposition **MP** weg bewegt hat hin zu einer siebten Position **P7** an der Reifeninnenwand (**Fig. 14**). Dies ist durch eine gestrichelt dargestellte Übertragung des Informationssignals in der **Fig. 14** im Vergleich zu der durchgezogenen Linie der **Fig. 13** symbolisiert.

[0039] Der deutliche Unterschied in der Signalstärke ist auf die Abschirmungswirkung verschiedenen Karosserieteile und insbesondere der Felge **10** zurückzuführen. Dabei hat sich insbesondere gezeigt, dass die Abschirmungswirkung der Felge einen sehr hohen Einfluss hat und somit eine auch nur relativ geringe Positionsveränderung der Sensorvorrichtung **14** eine signifikante Veränderung der Signalstärke des durch die zentrale Empfangseinheit **34** empfangenen Informationssignals **IS** hat.

[0040] Die oben beschriebenen verschiedenen Ausführungsformen der Sensorvorrichtung **14** und der weiteren Sensorvorrichtung **50** und der Überwachungseinheit **52** können auch in beliebiger Kombination vorhanden sein. So kann z.B. die Sensorvorrichtung **14** neben dem Beschleunigungssensor **22** auch das Verformungsmesselement **48** und/oder den Schalter **36** und/oder die ersten und zweiten Kontaktelemente **42**, **44** umfassen.

[0041] In einem Programmspeicher der Überwachungsvorrichtung **32** ist ein Programm gespeichert, das während des Betriebs des Fahrzeugs **1** abgearbeitet wird. Das Programm ist im Folgenden anhand der Ablaufdiagramme der **Fig. 15** und **Fig. 16** für alle oben beschriebenen Ausführungsformen der Sensorvorrichtung **14** erläutert. Das Programm ist geeignet zum Überwachen aller acht Ausführungsformen der Sensorvorrichtung, die anhand der **Fig. 2** bis **Fig. 13** beschrieben sind. Falls einzelne für die jeweilige Ausführungsform spezifische Elemente bei der konkreten Realisierung eines Systems aus der Sensorvorrichtung **14** und der Überwachungsvorrichtung **32** nicht vorhanden sind, so kann gegebenenfalls auf das Abarbeiten entsprechender Schritte des Programms verzichtet werden.

[0042] Das Programm wird in einem Schritt **S2** gestartet, in dem gegebenenfalls Variablen initialisiert werden. Der Start kann beispielsweise zeitnah zu einem Motorstart einer Brennkraftmaschine erfolgen, die ebenfalls in dem Fahrzeug **1** angeordnet ist.

[0043] In einem Schritt **S4** wird geprüft, ob von der zentralen Empfangseinheit **34** ein Informationssignal **IS** empfangen wurde. Ist dies nicht der Fall, so wird in einem Schritt **S3** ein Zähler **CTR** inkrementiert, beispielsweise um den Wert eins. Anschließend wird in

einem Schritt **S5** geprüft, ob der Zähler CTR einen Wert hat, der größer ist, als ein Zähler-Schwellenwert CTR_THD. Ist dies nicht der Fall, so wird die Bearbeitung in einem Schritt **S6** fortgesetzt, in dem das Programm für eine vorgegebene Wartezeitdauer T_W verharrt und während der die Rechenkapazität der Überwachungsrichtung für andere Aufgaben gegebenenfalls genutzt werden kann. Im Anschluss an den Schritt **S6** wird die Bearbeitung erneut in dem Schritt **S4** fortgesetzt.

[0044] Ist die Bedingung des Schrittes **S5** hingegen erfüllt, so wird die Bearbeitung in einem Schritt **S7** fortgesetzt, in dem ein erster Lose-Merker **M_L1** mit einem Wahrheitswert TRUE belegt wird.

[0045] Wurde hingegen in dem Schritt **S4** festgestellt, dass seit dem letzten Durchlauf des Schrittes **S4** erneut das Informationssignal IS empfangen wurde, so wird in einem Schritt **S8** der Zähler CTR dekrementiert. Der Zähler wird bevorzugt jedoch nur bis zu einem vorgegebenen Wert, z.B. null dekrementiert.

[0046] In einem Schritt **S10** wird eine aktuelle Beschleunigung ACC[n] abhängig von dem Informationssignal IS ermittelt. Ein „n“ bezeichnet jeweils einen aktuellen Wert der jeweiligen Größe und somit den Wert des aktuellen Berechnungsdurchlaufs. Ein „n - 1“ bezeichnet einen letzten Wert der jeweiligen Größe, also den Wert des direkt vorangehenden Berechnungszyklusses des Programms. Die aktuelle Beschleunigung ACC[n] ist bevorzugt die Zentrifugalbeschleunigung, die durch den Beschleunigungssensor **22** erfasst wird, wenn sich die Sensorvorrichtung **14** in ihrer Montageposition MP befindet.

[0047] In einem Schritt **S12** wird anschließend die aktuelle Fahrzeuggeschwindigkeit VS[n] ermittelt. Diese kann beispielsweise durch Auswerten entsprechender Sensorinformationen durch eine Motorsteuerung zur Verfügung gestellt werden.

[0048] In einem Schritt **S14** wird ein aktueller Korrelationskoeffizient X[n] aus dem Quotienten der aktuellen Beschleunigung ACC[n] und des Quadrats der aktuellen Fahrzeuggeschwindigkeit VS[n] ermittelt. Der Korrelationskoeffizient X zeichnet sich dadurch aus, dass sein Wert lediglich abhängt von dem Abstand der aktuellen Position POS der Sensorvorrichtung **14** von der Felgenmitte und dem Radius R, also dem Umlaufradius des Reifens. Der Korrelationskoeffizient X hat somit einen nahezu konstanten Wert solange die Sensorvorrichtung **14** ihre Position POS nicht verändert. Löst sich die Sensorvorrichtung **14** von ihrer Montageposition MP, so ändert sich auch der Korrelationskoeffizient X.

[0049] In einem Schritt **S16** wird anschließend geprüft, ob die aktuelle Fahrzeuggeschwindigkeit VS[n] kleiner ist als ein vorgegebener Fahrzeuggeschwin-

digkeits-Schwellenwert VS_THD. Der vorgegebene Fahrzeuggeschwindigkeits-Schwellenwert VS_THD ist vorteilhaft so vorgegeben, dass bei Fahrzeuggeschwindigkeiten VS größer als der Fahrzeuggeschwindigkeits-Schwellenwert VS_THD die auf die Sensorvorrichtung **14** wirkende Zentrifugalkraft größer ist als die auf die Sensorvorrichtung **14** wirkende Gewichtskraft. Bevorzugt ist der Fahrzeuggeschwindigkeits-Schwellenwert VS_THD so gewählt, dass bei der Fahrzeuggeschwindigkeit VS, die ihm entspricht, die Zentrifugalkraft nur unwesentlich größer ist als die Gewichtskraft der Sensorvorrichtung.

[0050] Ist die Bedingung des Schrittes **S16** erfüllt, so wird in einem Schritt **S18** ein aktueller Abweichungswert D_X[n] abhängig von dem Betrag der Abweichung zwischen dem aktuellen Korrelationskoeffizienten X[n] und dem letzten Korrelationskoeffizienten X[n-1] ermittelt.

[0051] In einem Schritt **S20** wird geprüft, ob der aktuelle Abweichungswert D_X[n] des Korrelationskoeffizienten X größer ist als ein erster Korrelationskoeffizienten-Schwellenwert D_THD1. Ist dies der Fall, so ist dies ein Indikator dafür, dass die Sensorvorrichtung **14** in dem Zwischenraum zwischen der Felge **10** und der Reifeninnenwand herumpurzelt, wie dies anhand der **Fig. 6** dargestellt ist. Ist die Bedingung des Schrittes **S20** erfüllt, so wird die Bearbeitung in einem Schritt **S22** fortgesetzt, in dem ein zweiter Lose-Merker **M_L2** mit dem Wahrheitswert TRUE belegt wird. Anschließend wird dann die Bearbeitung in einem weiteren, unten näher erläuterten, Schritt **S34** fortgesetzt.

[0052] Ist die Bedingung des Schrittes **S20** hingegen nicht erfüllt, so wird die Bearbeitung in dem Schritt **S34** fortgesetzt.

[0053] Alternativ kann in dem Schritt **S18** auch ein anderes Maß für die Abweichung des Korrelationskoeffizienten X ermittelt werden. So kann beispielsweise auch abhängig von zeitlich weiter zurückliegenden Werten des Korrelationskoeffizienten X eine Varianz oder Standardabweichung des Korrelationskoeffizienten X ermittelt werden und dann mit einem entsprechend angepassten Schwellenwert in dem Schritt **S20** verglichen werden.

[0054] In einem Schritt **S24** wird geprüft, ob die aktuelle Beschleunigung ACC[n] kleiner ist als ein Beschleunigungs-Schwellenwert ACC_THD. Der Beschleunigungs-Schwellenwert ACC_THD ist bevorzugt so gewählt, dass er der minimal durch den Beschleunigungssensor **22** erfassten Beschleunigung ACC entspricht. Wenn die aktuelle Beschleunigung ACC[n] kleiner ist als der Beschleunigungs-Schwellenwert ACC_THD, ist dies somit ein Indikator dafür, dass sich die Sensorvorrichtung **14** von ihrer Montageposition MP gelöst hat und sich die Sensorvorrich-

tung **14** in der ersten Position **P1** befindet. Ist die Bedingung des Schrittes **S24** erfüllt, so wird in einem Schritt **S26** ein dritter Lose-Merker mit dem Wahrheitswert TRUE belegt. Ist die Bedingung des Schrittes **S24** hingegen nicht erfüllt, so wird in einem Schritt **S28** entsprechend dem Schritt **S18** der aktuelle Abweichungswert $D_X[n]$ des Korrelationskoeffizienten X ermittelt.

[0055] In einem Schritt **S30** wird anschließend geprüft, ob der aktuelle Abweichungswert $D_X[n]$ des Korrelationskoeffizienten X größer ist als ein zweiter Korrelationskoeffizienten-Schwellenwert **D_THD2**. Ist die Bedingung des Schrittes **S30** erfüllt, so ist dies ein Indikator dafür, dass sich die Sensorvorrichtung **14** von ihrer Montageposition gelöst hat und sich in einer der zweiten oder dritten Positionen **P2**, **P3** befindet (siehe **Fig. 4**). Alternativ kann der Abweichungswert D_X in dem Schritt **S28** auch abhängig von einem zeitlich weiter zurückliegenden Korrelationskoeffizienten X ermittelt werden, der so weit zurückliegt, dass so die Zeitdauer berücksichtigt wird, die die Sensorvorrichtung **14** von ihrem Lösen von der Montageposition MP benötigt, bis sie sich letztlich in einer der zweiten oder dritten Positionen **P2** oder **P3** befindet. Der zweite Korrelationskoeffizienten-Schwellenwert **D_THD2** hat bevorzugt einen kleineren Wert als der erste Korrelationskoeffizienten-Schwellenwert **D_THD1**.

[0056] Ist die Bedingung des Schrittes **S30** erfüllt, so wird in einem Schritt **S32** ein vierter Lose-Merker **M_L4** mit dem Wahrheitswert TRUE belegt.

[0057] In einem Schritt **S34** wird eine aktuelle Temperaturabweichung T_D abhängig von dem Betrag der Differenz einer aktuellen Temperatur $T[n]$ und der letzten Temperatur $T[n-1]$ ermittelt.

[0058] Alternativ kann hier auch statt der letzten Temperatur $T[n-1]$ eine geeignet weiter zurückliegende Temperatur herangezogen werden.

[0059] In einem Schritt **S36** wird geprüft, ob die aktuelle Temperaturabweichung $T_D[n]$ größer ist als ein Temperaturabweichungs-Schwellenwert T_D_THD . Der Temperaturabweichungs-Schwellenwert T_D_THD ist bevorzugt so vorgegeben, dass bei seinem Überschreiten eine Veränderung der Position POS der Sensorvorrichtung **14** von ihrer Montageposition MP hin zu einer anderen Position POS sehr wahrscheinlich ist. Der Temperaturabweichungs-Schwellenwert T_D_THD ist dabei bevorzugt mittels entsprechender Versuche an dem Fahrzeug **1** oder mittels Simulationen ermittelt und nutzt die Erkenntnis, dass sich während des Fahrbetriebs des Fahrzeugs **1** die Temperatur der Felge **10** häufig sehr stark unterscheidet von der Temperatur des Reifens **12**. Ist die Bedingung des Schrittes **S36** erfüllt, so wird in einem Schritt **S38** ein fünfter Lose-Merker **M_L5**

mit dem Wahrheitswert TRUE belegt. Ist die Bedingung des Schrittes **S36** hingegen nicht erfüllt, so wird die Bearbeitung in einem Schritt **S40** fortgesetzt.

[0060] In dem Schritt **S40** wird ein sechster Lose-Merker **M_L6** abhängig davon mit dem Wahrheitswert TRUE belegt, ob das Messsignal MS_B des Beschleunigungssensors **22** eine charakteristische Schwingung aufweist, die charakteristisch ist für eine durch das Schlagen der gelösten Sensorvorrichtung **40** an der Reifeninnenwand oder der Felge **10** oder während hoher Rotationsgeschwindigkeit beim Aufschlagen der an die Innenwand gepressten Sensorvorrichtung **14** an den Kontaktpunkt der Fahrbahnoberfläche hervorgerufenen Schwingung. Als Maß für die charakteristische Schwingung kann beispielsweise deren Amplitude ermittelt werden und mit einem entsprechenden Schwellenwert verglichen werden. Zusätzlich hat die charakteristische Schwingung eine Frequenz, die mit der Fahrzeuggeschwindigkeit VS korreliert.

[0061] In einem Schritt **S42** wird ein siebter Lose-Merker **M_L7** abhängig von einer charakteristischen Schwingung eines Messsignals MS_DMS des Verformungsmesselement **48** mit dem Wahrheitswert TRUE belegt oder auch nicht. Dabei entspricht die charakteristische Schwingung des Messsignals **MS_B** des Beschleunigungssensors, die anhand des Schrittes **S40** beschrieben ist.

[0062] In einem Schritt **S44** wird bestimmt, ob ein achter Lose-Merker **M_L8** mit dem Wahrheitswert TRUE belegt wird oder nicht abhängig von der mittels des Positionssensors erfassten Position relativ zu der Montageposition MP. Dies erfolgt durch entsprechende Signalauswertung des Positionssensors, der beispielsweise den Schalter **40** umfassen kann, oder die ersten und zweiten Kontaktelemente **42**, **44**.

[0063] In einem Schritt **S46** wird anschließend ein neunter Lose-Merker **M_L9** der Wahrheitswert TRUE zugeordnet oder auch nicht abhängig von einem Messsignal **MS_S2** der weiteren Sensorvorrichtung **50**. Das Messsignal **MS_S2** der weiteren Sensorvorrichtung **50** wird in diesem Zusammenhang entsprechend dem Messsignal MS_B des Beschleunigungssensors **22** ausgewertet.

[0064] In einem Schritt **S48** wird anschließend einem zehnten Lose-Merker **M_L10** der Wahrheitswert TRUE zugeordnet, wenn das Warnsignal **WS** empfangen wurde, das von der Überwachungseinheit **54** ausgesendet wird, wenn sie ein Lösen der Sensorvorrichtung **14** von ihrer Montageposition MP erkennt.

[0065] Darüber hinaus kann auch durch ein Vergleichen von Messsignalen die unterschiedlichen Sensorvorrichtungen verschiedener Räder zugeordnet sind auf ein Lösen einer einzelnen Sensorvorrichtung

14, 16, 18, 20 erkannt werden und ein gegebenenfalls weiterer Lose-Merker gesetzt werden.

[0066] In einem Schritt **S50** wird dann ermittelt, ob einem Haupt-Lose-Merker **M_L** der Wahrheitswert TRUE zugeordnet wird oder nicht. Dies erfolgt abhängig von den in den vorangegangenen Schritten ermittelten Lose-Merkern **M_L1** bis **M_L10**. Somit kann die Zuverlässigkeit des korrekten Erkennens eines Lösens der Sensorvorrichtung **14** von ihrer Montageposition MP durch das Berücksichtigen mehrerer Lose-Merker **M_L1** bis **M_L10** erhöht werden.

[0067] Ist der Haupt-Lose-Merker **M_L** mit dem Wahrheitswert TRUE belegt, so kann beispielsweise eine entsprechende Warnmeldung an die Fahrzeuginsassen des Fahrzeugs **1** erfolgen oder auch zum Beispiel eine Notlauffunktion aktiviert werden, die sicherstellt, dass eine vorgebbare Fahrzeuggeschwindigkeit nicht überschritten wird, bei der die lose Sensorvorrichtung **14** mit hoher Wahrscheinlichkeit eine starke Beschädigung des Reifens **12** verursacht.

[0068] Das Programm wird auch im Hinblick auf die weiteren Räder und deren zugeordneten Sensorvorrichtungen durchgeführt.

Patentansprüche

1. System zum Überwachen einer Sensorvorrichtung (14,16,18,20), welche in einer Montageposition (MP) in einem Rad (2,4,6,8) angeordnet ist, aufweisend eine weitere Sensorvorrichtung (50) zum Erkennen von mechanischen Schwingungen, die durch die Sensorvorrichtung (14,16,18,20), wenn sie sich von ihrer Montageposition (MP) gelöst hat, an das Rad (2,4,6,8) übertragen werden, wobei ein mechanisches Schwingelement (52) so angeordnet ist, dass es beim Lösen der Sensorvorrichtung (14,16,18,20) von ihrer Montageposition (MP) zu mechanischen Schwingungen angeregt wird.

2. System nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die weitere Sensorvorrichtung (50) an dem Rad (2,4,6,8) angeordnet ist.

3. System nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die weitere Sensorvorrichtung (50) an einer Komponente eines Fahrzeuges (1) angeordnet ist, die so mit dem Rad (2,4,6,8) gekoppelt ist, dass Schwingungen des Rades (2,4,6,8) auf sie übertragen werden.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

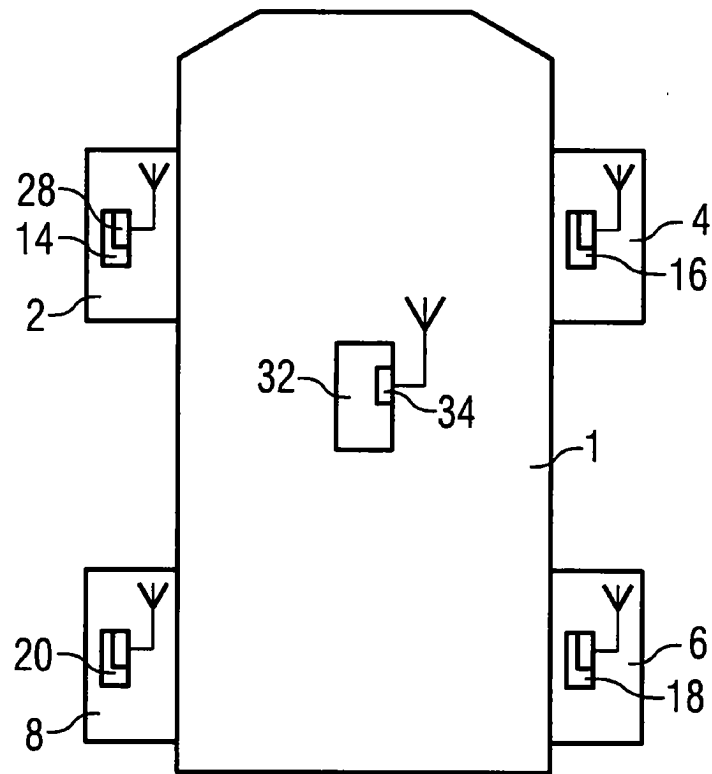


FIG 2

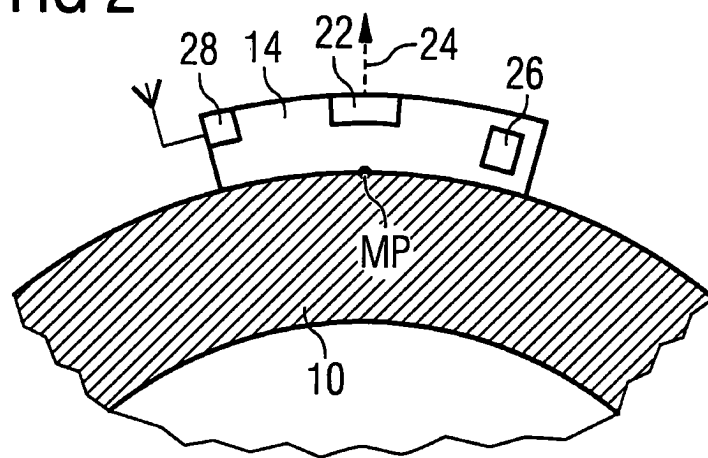


FIG 3

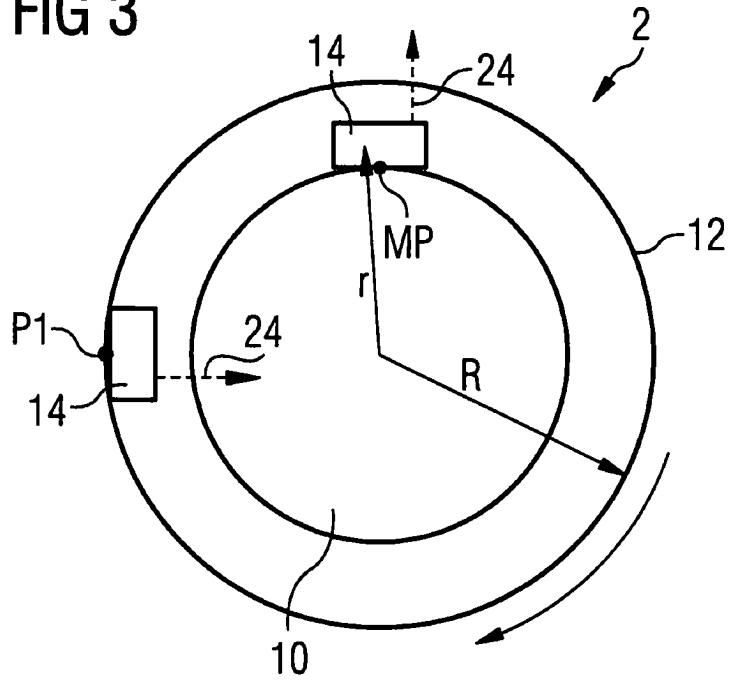


FIG 4

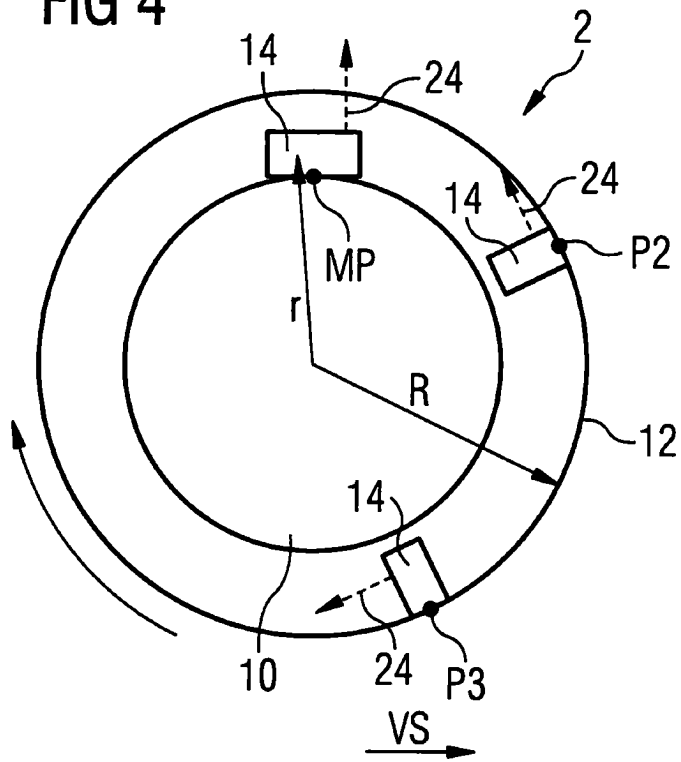


FIG 5

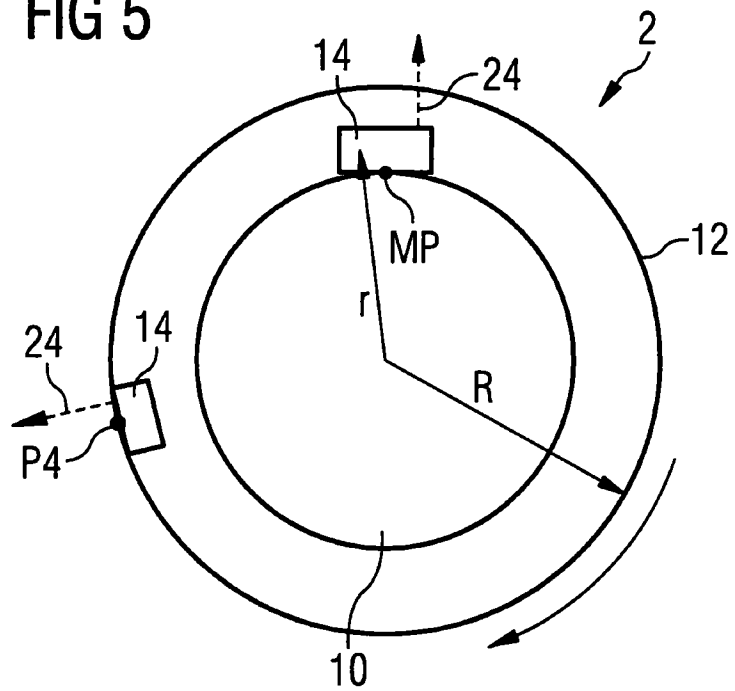


FIG 6

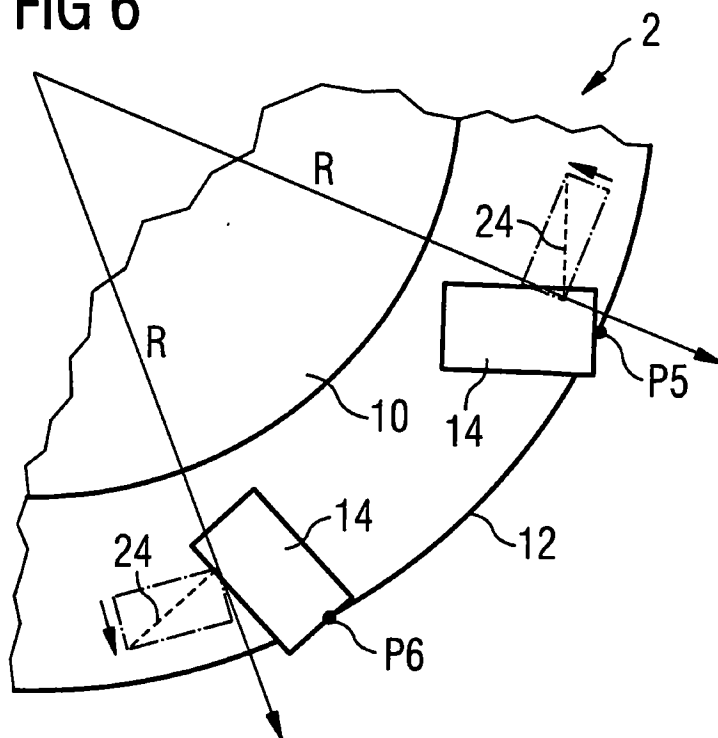


FIG 7

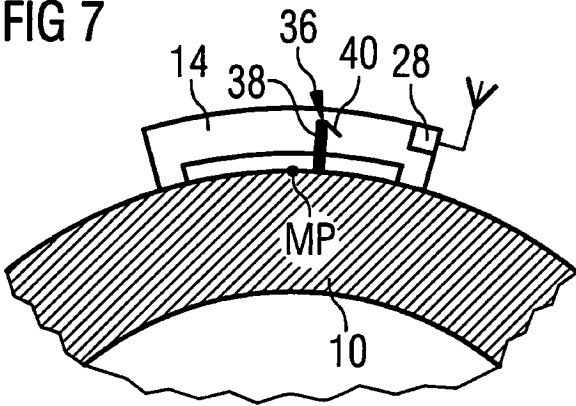


FIG 8

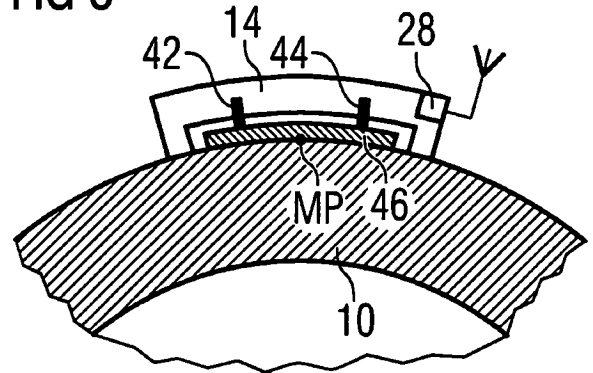


FIG 9

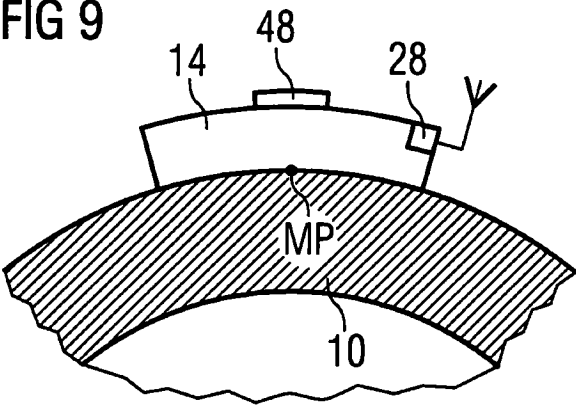


FIG 10

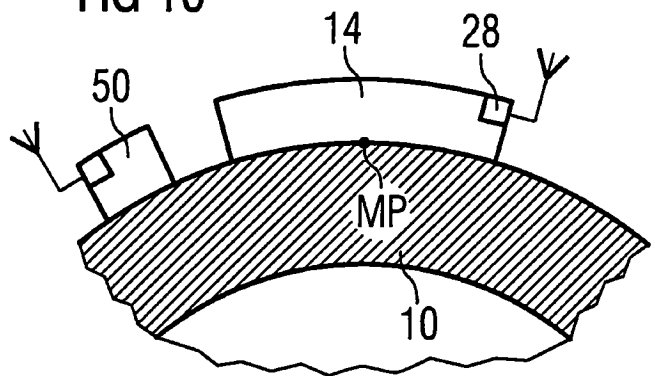


FIG 11

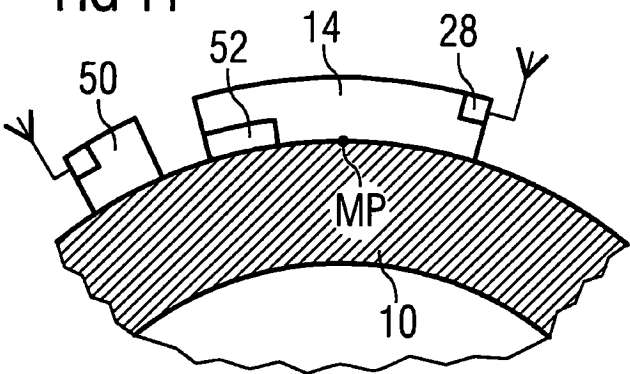


FIG 12

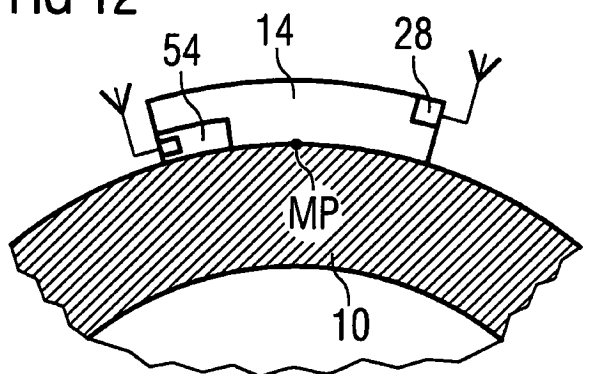


FIG 13

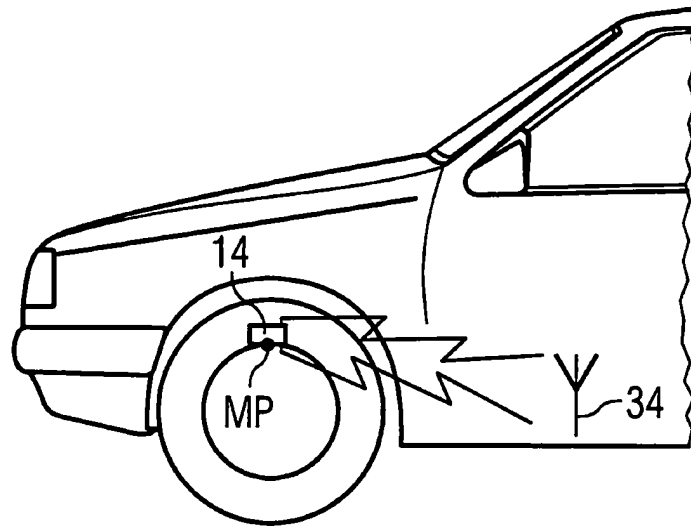


FIG 14

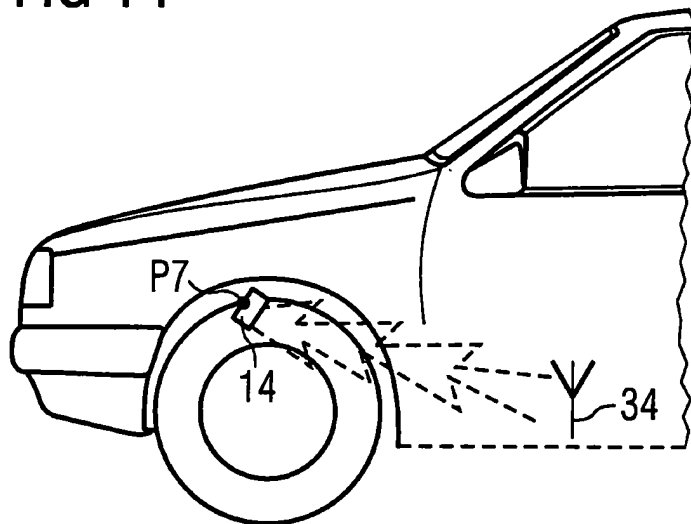


FIG 15

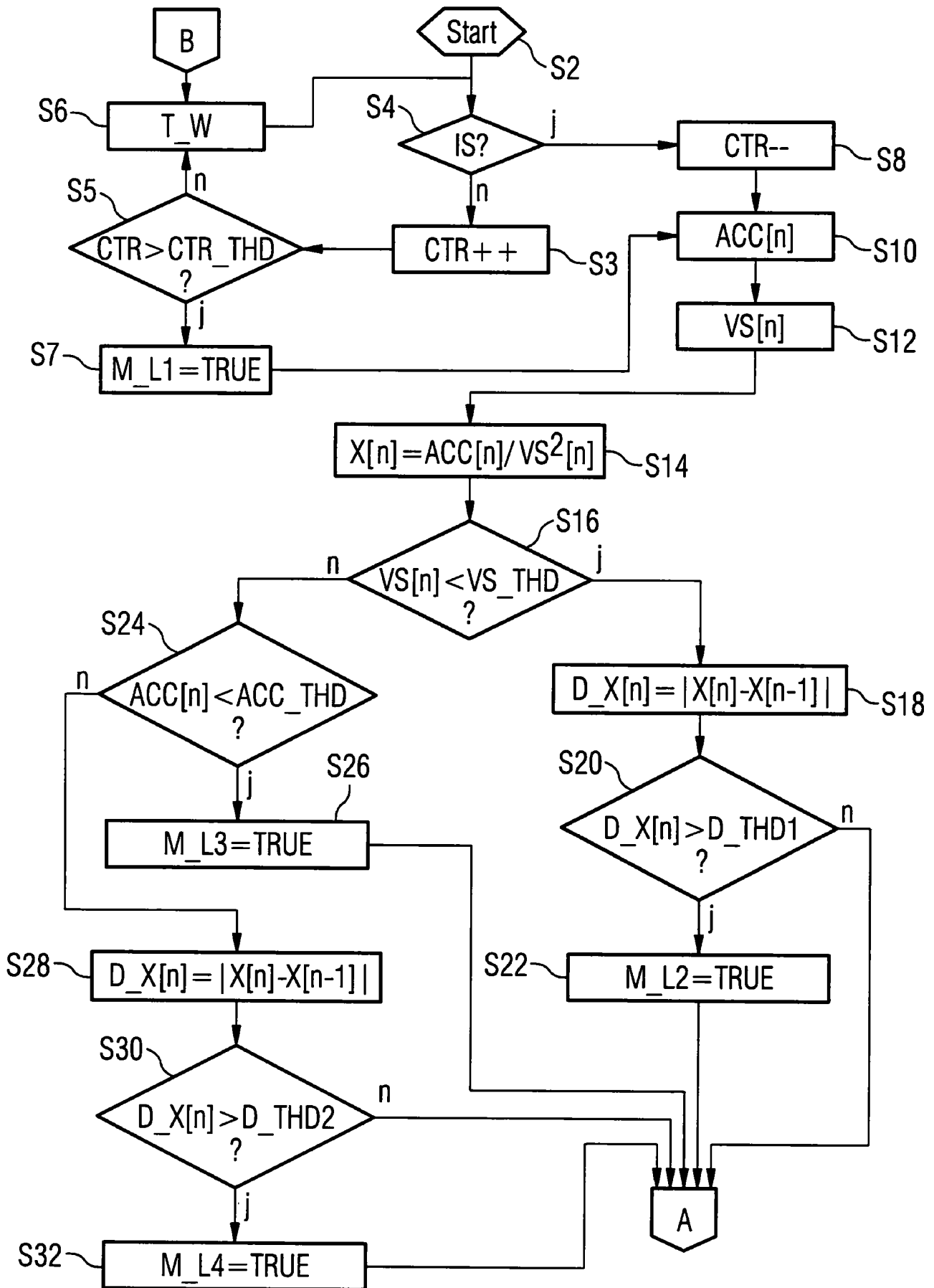


FIG 16

