



(10) **DE 10 2014 226 783 B4** 2020.01.02

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2014 226 783.8**
 (22) Anmeldetag: **22.12.2014**
 (43) Offenlegungstag: **23.06.2016**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **02.01.2020**

(51) Int Cl.: **B60C 23/06 (2006.01)**
G01L 5/18 (2006.01)
G01B 21/18 (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).

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

(72) Erfinder:
Limbrunner, Florian Hubert, 93170 Bernhardswald, DE; Kretschmann, Matthias, Dr., 93059 Regensburg, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

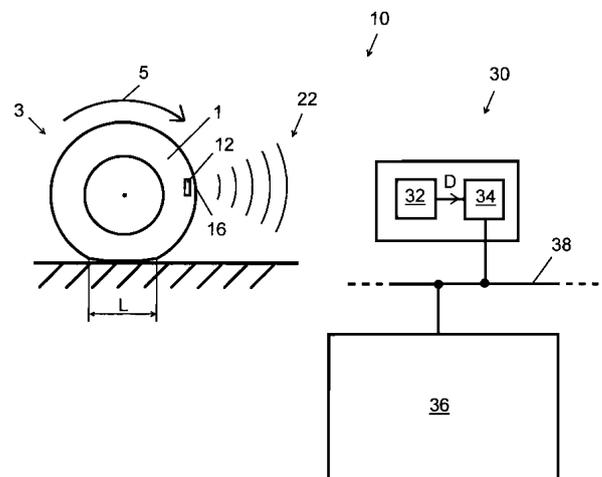
DE	10 2006 041 867	B4
DE	10 2006 040 912	A1
DE	10 2008 007 775	A1
DE	10 2009 057 580	A1
DE	10 2010 016 551	A1
DE	10 2013 102 323	A1
US	6 539 295	B1
EP	2 774 784	A1

(54) Bezeichnung: **System und Verfahren zur Ermittlung wenigstens eines, eine Abmessung eines Reifenlatsches an einem Reifen eines Rades eines Fahrzeuges charakterisierenden Reifenlatschparameters**

(57) Hauptanspruch: System (10) zur Ermittlung wenigstens eines, eine Abmessung eines Reifenlatsches an einem Reifen (1) eines Rades (3) eines Fahrzeuges charakterisierenden Reifenlatschparameters (L), aufweisend ein an dem Reifen (1) angeordnetes Sensormodul (12) mit

- einem Sensor (14) zur Aufnahme eines von einer mechanischen Reifenbelastung an einer vorbestimmten Messstelle (16) am Reifen (1) abhängigen Sensorsignals (Us), und
- einer ersten Auswerteeinrichtung (18) zur Auswertung des Sensorsignals (Us) und darauf basierender Bereitstellung von Daten (D), welche wenigstens ein Datenelement enthalten, welches wenigstens einen, einen Durchgang der Messstelle (16) durch den Reifenlatsch charakterisierenden Zeitpunkt im Sensorsignal (Us) angibt,

eine zweite Auswerteeinrichtung (34) zur Berechnung des Reifenlatschparameters (L) durch Auswertung der von der ersten Auswerteeinrichtung (18) bereitgestellten Daten (D), wobei die erste Auswerteeinrichtung (18) dazu ausgebildet ist, eine Analyse des Sensorsignals (Us) anhand wenigstens eines vorbestimmten Bewertungskriteriums (S2, S3, S4) betreffend die Signalqualität des Sensorsignals (Us) durchzuführen, um eine die Signalqualität des Sensorsignals (Us) charakterisierende Qualitätsinformation bereitzustellen, wobei als bei der von der ersten Auswerteeinrichtung (18) durchgeführten Analyse verwendetes Bewertungskriterium für die Signalqualität des Sensorsignals (Us) vorgesehen ist, dass ein mittels Frequenzanalyse gewonnenes Frequenzspektrum des Sensorsignals (Us) wenigstens ein vorbestimmtes Frequenzkriterium (S3) erfüllt.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft die Ermittlung wenigstens eines, eine Abmessung eines Reifenlatsches (Reifenaufstand) an einem Reifen eines Rades eines Fahrzeuges charakterisierenden Reifenlatschparameters. Insbesondere betrifft die Erfindung ein System sowie ein Verfahren zur Ermittlung wenigstens eines, eine Abmessung eines Reifenlatsches an einem Reifen eines Rades eines Fahrzeuges charakterisierenden Reifenlatschparameters.

[0002] Ein gattungsgemäßes System und ein gattungsgemäßes Verfahren sind beispielsweise aus der DE 10 2010 016 551 A1 bekannt. Gemäß dieses Stands der Technik erfolgt die Ermittlung einer Latschlänge eines Fahrzeugreifens mittels eines auf der Reifeninnenseite angeordneten Reifenmoduls (Sensormodul). Das Reifenmodul beinhaltet einen Verformungssensor und wertet die Verformung des Fahrzeugreifens bei Eintritt und Austritt aus der Bodenaufstandsfläche aus und bestimmt daraus die Latschlänge des Reifens. Die relevanten Messwerte für die Latschlänge werden zu einer zentralen Empfangseinheit im Fahrzeug übermittelt und dort mit einem Algorithmus ausgewertet, um mittels einer an den Messwerten durchgeführten Langzeitstatistik die Profiltiefe des Reifens zu überwachen.

[0003] Da bei einem gattungsgemäßen Erfassungssystem ein an dem Reifen angeordnetes Sensormodul nicht nur einen Sensor zur Aufnahme eines Sensorsignals, sondern auch eine Auswerteeinrichtung zur Auswertung des Sensorsignals und darauf basierender Bereitstellung von Daten aufweist, ergibt sich z. B. der Vorteil, dass nicht das Sensorsignal als solches für eine weitere Verarbeitung bzw. Verwendung zu einer hierfür vorgesehenen fahrzeugbasierten, z. B. zentralen Steuereinrichtung des Fahrzeuges übermittelt werden muss.

[0004] Vielmehr ist ermöglicht, ein wesentlich geringere Anforderungen an die Bandbreite der Übertragungsstrecke (z. B. Funkverbindung) stellendes, „informationsreduziertes“ Datensignal an eine solche Steuereinrichtung zu übertragen.

[0005] Wesentlich ist bei der gattungsgemäßen Ausgestaltung, dass die vom reifenbasierten Sensormodul beinhaltete „erste Auswerteeinrichtung“ Daten bereitstellt, welche wenigstens ein Datenelement enthalten, welches wenigstens einen, einen Durchgang der Messstelle durch den Reifenlatsch charakterisierenden Zeitpunkt im Sensorsignal angibt. Bei einem gattungsgemäßen System bzw. Verfahren ist somit vorteilhaft eine ressourcenschonende Übertragung der relevanten Daten ermöglicht.

[0006] Im Gegensatz dazu wird z. B. in der EP 2 774 784 A1 eine Reifenlatschermittlung mit ei-

ner Übertragung eines „Rohsignals“ eines am Reifen eines Fahrzeuges angeordneten Sensors beschrieben, was nachteiligerweise eine wesentlich höhere Übertragungskapazität der betreffenden Übertragungsstrecke erfordert.

[0007] Gattungsgemäß ist ferner eine „zweite Auswerteeinrichtung“ vorgesehen, mittels welcher durch Auswertung der von der ersten Auswerteeinrichtung bereitgestellten Daten der wenigstens eine Reifenlatschparameter berechnet wird. Diese zweite Auswerteeinrichtung kann wie die erste Auswerteeinrichtung reifenbasiert sein und hierfür z. B. baulich mit der ersten Auswerteeinrichtung zusammengefasst bzw. als eine weitere Funktionalität einer als Einheit zu betrachtenden und vom reifenbasierten Sensormodul beinhalteten Auswerteeinrichtung realisiert sein. Alternativ ist die zweite Auswerteeinrichtung jedoch separat von der ersten Auswerteeinrichtung vorgesehen, beispielsweise als eine fahrzeugseitige zweite Auswerteeinrichtung oder eine entsprechende Funktionalität einer fahrzeugseitig ohnehin vorgesehenen Einrichtung (z. B. zentrale Steuereinrichtung).

[0008] Da ein ermittelter Reifenlatschparameter (z. B. Latschlänge) insbesondere in modernen Kraftfahrzeugen oftmals dazu verwendet wird, weitere Informationen wie z. B. eine Reifenprofiltiefe oder eine Radlast (und darauf basierend z. B. Fahrzeugbelastung) zu ermitteln, sollten die hierfür zur Verfügung gestellten Messwerte des betreffenden Reifenlatschparameters möglichst verlässlich und genau sein.

[0009] Problematisch sind bei einer derartigen Reifenlatschermittlung jedoch in der Praxis auftretende Störeinflüsse, die verschiedene Ursachen besitzen können (z. B. elektromagnetische Störeinstrahlung, besondere Beschaffenheit, z. B. „Holprigkeit“, des vom Fahrzeug befahrenen Untergrundes, Reifenunwucht, montiertes Reifenzubehör etc.). Derartige Störeinflüsse können das vom Sensor erzeugte Nutzsignal und/oder dessen Verarbeitung zum Datensignal auf verschiedenste Weisen verfälschen. Es besteht dann oftmals die Gefahr, dass die von der ersten (reifenbasierten) Auswerteeinrichtung bereitgestellten Daten für den oder die auf diesen Daten beruhenden Verwendungszwecke untauglich werden.

[0010] Aus der DE 10 2009 057 580 A1 ist eine Auswerteschaltung zum Auswerten eines Sensorsignals eines elektromechanischen Wandlers eines Reifens zum Ermitteln eines Latsch des Reifens bekannt, wobei die Auswerteschaltung einen Sensorsignaleingang aufweist, an dem das zeitabhängige elektrische Sensorsignal des elektromechanischen Wandlers bereitstellbar ist, welches Sensorsignal infolge einer Verbiegung des elektromechanischen Wandlers während eines Latschdurchgangs des Reifens generierbar ist. Die Auswerteschaltung enthält ferner eine Empfindlichkeitseinstelleinrichtung, die ein-

gerichtet ist, eine Eingangsempfindlichkeit der Auswerteschaltung basierend auf einer Stärke des Sensorsignals derart einzustellen, dass mit der eingestellten Eingangsempfindlichkeit das volle Sensorsignal auswertbar ist. Die Auswerteschaltung weist ferner eine Auswerteeinrichtung auf, die eingerichtet ist, bei eingestellter Eingangsempfindlichkeit basierend auf dem bereitgestellten Sensorsignal ein Auswertesignal zu generieren, das für den Latsch des Reifens indikativ ist.

[0011] In der DE 10 2013 102 323 A1 wird ein Verfahren zum Betreiben eines Sensorsystems mit mindestens einer Sensoreinheit vorgeschlagen, welches Signale bereitstellt, bei dem die Signale primäre Messwertsignale umfassen, welche Messwerte der Sensoreinheit sind oder aus Messwerten der Sensoreinheit erzeugt werden, und bei dem die Signale Beiwertsignale umfassen, welche die Messwertgewinnung charakterisieren.

[0012] Aus der US 6 539 295 B1 ist ein Fahrzeugreifenüberwachungssystem bekannt, das erweiterte Informationen über den Kontaktflächen-Schnittstellenbereich zwischen dem Reifen und der darunter liegenden Straßenoberfläche liefert. Das System weist erste, zweite und dritte Sensoren auf, die an einem Reifen angeordnet sind und die erste, zweite und dritte Laufflächenkontaktlängen erfassen, während der Reifen die Bodenfläche berührt. Das System umfasst auch eine Steuerung zum Verarbeiten der ersten, zweiten und dritten Laufflächenkontaktlänge, um eine Charakteristik des überwachten Reifens zu bestimmen.

[0013] Aus der DE 10 2006 041 867 B4 ist ein Verfahren zur Überwachung des Rauschens eines Sensors bekannt, bei dem mittels eines konvolutionalen Verfahrens unter Verwendung verschiedener Granularitäten ein Einfluss spektraler Anteile des Sensorrauschsignals ermittelt und mit Vorgabewerten verglichen wird.

[0014] Aus der DE 10 2006 040 912 A1 ist ein Verfahren bekannt, bei welchem aus Signalen, welche die Raddrehzahlen mehrerer Fahrzeugräder repräsentieren, mindestens ein Referenzwert gebildet wird, wobei aus einem Vergleich eines aktuell bestimmten Referenzwertes mit wenigstens einem Vergleichswert auf einen Druckverlust geschlossen wird, wenn der aktuell bestimmte Referenzwert den Vergleichswert um ein vorgegebenes Maß über- bzw. unterschreitet, und wobei eine Rauschanalyse des/der Referenzwerte (s) vorgenommen wird und eine Anpassung mindestens eines Schwellenwertes in Abhängigkeit von dem Ergebnis der Rauschanalyse durchgeführt wird.

[0015] Aus der DE 10 2008 007 775 A1 ist ein Verfahren bekannt zur Bestimmung einer Änderung der

Aufstandsfläche eines Reifens, auf Grundlage eines der Drehung des Reifens zuordenbaren, von einem Sensor abgegebenen Signal, das einer Beschleunigung entspricht, wobei die Bestimmung durch die folgenden Schritte erfolgt: Aufnehmen mindestens eines der Drehung des Reifens zuordenbaren Beschleunigungssignals; Auslesen eines gespeicherten, der Drehung des Reifens zuordenbaren Referenzbeschleunigungssignals; Bilden einer Differenz aus dem Beschleunigungssignal und dem Referenzbeschleunigungssignal; und Bestimmen der Änderung der Aufstandsfläche des Reifens auf Grundlage der gebildeten Differenz der Beschleunigungssignale.

[0016] Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, bei einem System bzw. einem Verfahren der eingangs genannten Art die Problematik im Hinblick auf die Verlässlichkeit des ermittelten Reifenlatschparameters zu entschärfen.

[0017] Bei dem erfindungsgemäßen System wird diese Aufgabe dadurch gelöst, dass die erste Auswerteeinrichtung ferner dazu ausgebildet ist, eine Analyse des Sensorsignals anhand wenigstens eines vorbestimmten Bewertungskriteriums betreffend die Signalqualität des Sensorsignals durchzuführen, um eine die Signalqualität des Sensorsignals charakterisierende Qualitätsinformation bereitzustellen, wobei als bei der von der ersten Auswerteeinrichtung durchgeführten Analyse verwendetes Bewertungskriterium für die Signalqualität des Sensorsignals vorgesehen ist, dass ein mittels Frequenzanalyse gewonnenes Frequenzspektrum des Sensorsignals wenigstens ein vorbestimmtes Frequenzkriterium erfüllt.

[0018] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird diese Aufgabe dadurch gelöst, dass mittels der ersten Auswerteeinrichtung ferner eine Analyse des Sensorsignals anhand wenigstens eines vorbestimmten Bewertungskriteriums betreffend die Signalqualität des Sensorsignals erfolgt, um eine die Signalqualität des Sensorsignals charakterisierende Qualitätsinformation bereitzustellen, wobei als bei der von der ersten Auswerteeinrichtung durchgeführten Analyse verwendetes Bewertungskriterium für die Signalqualität des Sensorsignals vorgesehen ist, dass ein mittels Frequenzanalyse gewonnenes Frequenzspektrum des Sensorsignals wenigstens ein vorbestimmtes Frequenzkriterium erfüllt.

[0019] Falls Störeinflüsse das Sensorsignal verfälschen, so kann dieser Umstand gemäß der Erfindung durch die Qualitätsinformation vorteilhaft „festgestellt“ werden, so dass insbesondere im Rahmen einer weiteren Verwendung des ermittelten Reifenlatschparameters darauf angemessen reagiert werden kann.

[0020] Die gemäß der Erfindung gewonnene Kenntnis (Qualitätsinformation) über das etwaige Vorliegen von Störeinflüssen besitzt verschiedene Vorteile.

[0021] So kann z. B. in Abhängigkeit von einem Ergebnis der Analyse des Sensorsignals eine an den konkreten Störeinfluss angepasste Störungsunterdrückung am Sensorsignal angewandt werden, bevor aus diesem (störungsreduzierten) Signal die Daten zur Ermittlung des Reifenlatschparameters erzeugt werden.

[0022] Alternativ oder zusätzlich kann in Abhängigkeit von einem Ergebnis der Analyse des Sensorsignals z. B. eine Verwendung des ermittelten Reifenlatschparameters unterbunden oder zumindest teilweise eingeschränkt werden.

[0023] Darüber hinaus, und besonders vorteilhaft, kann das Ergebnis der Analyse des Sensorsignals sogar dazu verwendet werden, für eine Fahrzeugelektronik und/oder den Fahrer Informationen über bestimmte „Fahrbetriebsumstände“ bereitzustellen, wie etwa eine Unwucht an einem Rad, ein Auftreten von Schlupf, ein Auftreten von Aquaplaning, eine unzulässig hohe Geschwindigkeit bei angelegten Schneeketten, und vieles mehr. Im Rahmen der Erfindung können prinzipiell alle Fahrbetriebsumstände erkannt und/oder (genauer, z. B. durch Angabe eines „Ausmaßes“) charakterisiert werden, deren Auftreten zu einer jeweils typischen „Störung“ im Sensorsignal führt, so dass umgekehrt, nämlich durch die Analyse des Sensorsignals, die erwähnte Erkennung und/oder Charakterisierung bewerkstelligt werden kann.

[0024] Bei der Erfindung wird die Analyse, welche zur Bereitstellung der die Signalqualität des Sensorsignals charakterisierenden Qualitätsinformation führt, mittels der ersten und somit reifenbasierten Auswerteeinrichtung durchgeführt. Eine im Gegensatz dazu denkbare (im Rahmen der Erfindung als zusätzliche Maßnahme keineswegs ausgeschlossene) Analyse der Signalqualität des Sensorsignals anhand der durch Auswertung des Sensorsignals bereitgestellten (informationsreduzierten) Daten, z. B. erst in der zweiten Auswerteeinrichtung bzw. einer fahrzeugseitigen zentralen Einrichtung, wäre nicht in der Lage, wie bei der Erfindung eine besonders präzise Qualitätsinformation bereitzustellen. Letzteres erfordert eine wie bei der Erfindung vorgesehene Analyse des Sensorsignals als solchen (z. B. eines ohne nennenswerte Informationseinbuße durch Digitalisierung eines analogen Sensorsignals erzeugten Datensignals).

[0025] Die Erfindung ist insbesondere bei mehrrädri- gen Kraftfahrzeugen vorteilhaft einsetzbar, um damit den Reifenlatschparameter radindividuell, d.h. gesondert für mehrere, insbesondere alle Räder zu ermitteln. Es versteht sich, dass hierfür lediglich „reifen-

basierte“ Systemkomponenten der Räderanzahl entsprechend mehrfach erforderlich sind, wohingegen „fahrzeugseitige“ Komponenten gemeinsam genutzt werden können.

[0026] Die beiden Auswerteeinrichtungen sind bevorzugt durch eine oder zwei programmgesteuerte Einrichtungen implementiert, auf denen entsprechende Auswerteargorithmen ablaufen.

[0027] In einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Systems ist die erste Auswerteeinrichtung ferner dazu ausgebildet, in Abhängigkeit von einem Ergebnis der Analyse eine „Quantifizierung“ der Signalqualität des Sensorsignals durchzuführen. Die Qualitätsinformation enthält in diesem Fall einen oder mehrere Werte zur zahlenmäßigen Charakterisierung der Signalqualität bzw. einzelner Signalqualitätsparameter (z. B. Fremdfrequenzamplituden, Rauschamplituden etc.). Basierend insbesondere z. B. auf diesen Werten kann z. B. die oben bereits erwähnte Erkennung und/oder Charakterisierung von besonderen Fahrbetriebsumständen (Schlechtweg, Unwucht, Schlupf, Aquaplaning, Schneeketten usw.) durchgeführt werden.

[0028] Alternativ oder zusätzlich kann die erste Auswerteeinrichtung ferner dazu ausgebildet sein, eine „Klassifizierung“ der Signalqualität des Sensorsignals in wenigstens eine Qualitätsklasse einer Mehrzahl von vorbestimmten Qualitätsklassen durchzuführen. Hierzu zählt im einfachsten Fall, dass die Qualitätsinformation eine Angabe über die Klassifizierung der Signalqualität entweder in eine Klasse „Signalqualität gut“ oder eine Klasse „Signalqualität schlecht“ enthält. Basierend insbesondere z. B. auf einer derartigen Klassifizierung kann z. B. die oben bereits erwähnte Verhinderung oder zumindest teilweise Einschränkung einer Weiterverwendung des ermittelten Reifenlatschparameters realisiert werden.

[0029] In jedem Fall ermöglicht die erfindungsgemäß bereitgestellte Qualitätsinformation vorteilhaft eine angemessene Reaktion im Falle von Verfälschungen des Sensorsignals bzw. der darin enthaltenen Nutzinformation. Beispielsweise können Ermittlungswerte für einen Reifenlatschparameter auf Basis eines als schlecht bzw. zu schlecht bewerteten bzw. klassifizierten Sensorsignals bei weiteren Auswertungen oder Verwendungen des Reifenlatschparameters „aussortiert“ werden.

[0030] Gemäß einer Ausführungsform wird die Qualitätsinformation, welche die Signalqualität des Sensorsignals charakterisiert, separat von den Daten bereitgestellt, welche das wenigstens eine Datenelement enthalten, welches den wenigstens einen, einen Durchgang der Messstelle durch den Reifenlatsch charakterisierenden Zeitpunkt im Sensorsignal angibt.

[0031] In der Regel bevorzugt ist es jedoch, wenn die erste Auswerteeinrichtung dazu ausgebildet ist, in Abhängigkeit von einem Ergebnis der Analyse eine Aufnahme wenigstens eines, die Signalqualität des Sensorsignals charakterisierenden weiteren Datenelements in die bereitzustellenden Daten zu bewirken. Ein oder mehrere solche weiteren Datenelemente können dann z. B. vorteilhaft zur Codierung der im Rahmen einer Quantifizierung und/oder Klassifizierung anzugebenden Informationen verwendet werden.

[0032] Letztere Ausführungsform ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn zumindest nicht jede Art bzw. jedes Ausmaß an Störungen im Sensorsignal dazu führen soll, die dann aufgenommenen Messwerte für eine fahrzeugseitige weitere Verarbeitung und/oder Verwendung völlig zu verwerfen.

[0033] Eine beispielsweise ohnehin zur Verfügung stehende Übertragungsstrecke (z. B. Funkverbindung) zur Übertragung der von der ersten Auswerteeinrichtung bereitgestellten Daten zu einer fahrzeugseitigen Einrichtung kann bei dieser Ausführungsform vorteilhaft mitgenutzt werden, um die Qualitätsinformation in Form (wenigstens) eines weiteren Datenelements ebenfalls zu übertragen. Die fahrzeugseitige Einrichtung kann sodann selbst betreffend eine Weiterverwendung solcher Messwerte nach Erhalt der betreffenden Daten entscheiden. Außerdem ist eine solche fahrzeugseitige Einrichtung (z. B. zentrale Steuereinrichtung des Fahrzeuges) mit ihrer typischerweise relativ hohen Rechenkapazität oftmals z. B. besonders geeignet, um basierend auf den bereitgestellten Daten die oben bereits erwähnte Erkennung und/oder Charakterisierung von besonderen Fahrbetriebsumständen zu realisieren. In den über die genannte Übertragungsstrecke zu übertragenden Daten kann ggf. auch bereits der berechnete Reifenlatschparameter codiert sein kann (bei reifenbasierter Anordnung der zweiten Auswerteeinrichtung).

[0034] Alternativ oder (in bestimmten Fällen) zusätzlich zu einer Aufnahme wenigstens eines weiteren Datenelements in die von der ersten Auswerteeinrichtung bereitgestellten Daten kommt in Betracht, dass die erste Auswerteeinrichtung ferner dazu ausgebildet ist, in Abhängigkeit von einem Ergebnis der Analyse das Bereitstellen der Daten zu verhindern.

[0035] Wenn bzw. solange die erste Auswerteeinrichtung keine Daten bereitstellt, entfällt die anhand einer Auswertung solcher Daten erfolgende Berechnung des Reifenlatschparameters durch die zweite Auswerteeinrichtung (sei es, dass diese zweite Auswerteeinrichtung reifenbasiert mit der ersten Auswerteeinrichtung zusammengefasst oder separat davon fahrzeugbasiert angeordnet ist).

[0036] Bei der Erfindung liefert der Sensor des reifenbasierten Sensormoduls ein von einer mechanischen Reifenbelastung an einer vorbestimmten Messstelle am Reifen abhängiges Sensorsignal.

[0037] Zur Ausgestaltung dieses Sensors kann im Rahmen der Erfindung vorteilhaft auf Stand der Technik betreffend derartige „Reifenlatschsensoren“ zurückgegriffen werden. Insbesondere können z. B. im Bereich der Messstelle mit einem Reifenmaterial verbundene und z. B. einen Beschleunigungssensor oder einen Schocksensor aufweisende Sensoren bzw. Sensormodule zur Messung einer Beschleunigung (einschließlich „Schock“) oder einer Reifen deformation eingesetzt werden. Auch kann an dieser Stelle ein Dehnungsmessstreifen oder ein so genanntes „bending element“ eingesetzt werden.

[0038] Gemäß einer Ausführungsform ist das Sensormodul an einer Innenseite des Reifens (z.B. Innenseite der Lauffläche des Reifens) angeordnet und der Sensor dazu ausgebildet, das Sensorsignal (z. B. zeitabhängiges analoges Spannungssignal bzw. durch Digitalisierung desselben erzeugtes Digitalsignal) in Abhängigkeit von einer lokalen Reifendeformation und/oder Beschleunigung im Bereich der Anordnungsstelle des Sensormoduls zu erzeugen.

[0039] Alternativ kann z. B. ein Sensor eingesetzt werden, der an einer Felge des Fahrzeugrades angeordnet ist und z. B. in optischer Weise oder z. B. mittels Ultraschall einen radialen Abstand zwischen diesem Sensor und einer Messstelle an der gegenüberliegenden Innenseite des Reifens vermisst und somit ebenfalls ein von einer mechanischen Reifenbelastung (hier: Reifendeformation) an der vorbestimmten Messstelle abhängiges Sensorsignal liefert.

[0040] Wie bereits erläutert, enthalten die auf Basis einer Auswertung des Sensorsignals von der ersten Auswerteeinrichtung bereitgestellten Daten wenigstens ein Datenelement, welches wenigstens einen, einen Durchgang der Messstelle durch den Reifenlatsch charakterisierenden Zeitpunkt im Sensorsignal angibt. In einer Ausführungsform charakterisiert wenigstens ein Datenelement in diesen Daten einen Beginn einer Zeitspanne des Durchganges der Messstelle durch den Reifenlatsch. In einer Ausführungsform charakterisiert wenigstens ein Datenelement in diesen Daten eine Mitte einer Zeitspanne des Durchganges der Messstelle durch den Reifenlatsch.

[0041] In einer Ausführungsform charakterisiert wenigstens ein Datenelement in diesen Daten ein Ende einer Zeitspanne des Durchganges der Messstelle durch den Reifenlatsch.

[0042] Insbesondere wenn z. B. aus anderen Systemen einer Fahrzeugelektronik (z. B. zentrale Steuereinrichtung) eine Information über die momentane

Drehstellung des betreffenden Fahrzeugrades vorliegt, so kann bereits die Charakterisierung eines einzigen der vorgenannten Zeitpunkte durch ein Datenelement ausreichen, um z. B. eine Latschlänge durch das erfindungsgemäße System zu ermitteln.

[0043] Bevorzugt charakterisiert das wenigstens eine Datenelement jedoch zumindest einen Beginn und ein Ende der genannten Durchgangszeitspanne.

[0044] Wenn das Sensormodul z. B. einen an der Messstelle am Reifen angeordneten Beschleunigungs- bzw. Schocksensor, oder einen Dehnungsmessstreifen oder dergleichen aufweist, so kann damit z. B. ein zeitabhängiges Sensorsignal aufgenommen werden, welches beim Auftreffen und Abheben einer Reifenstelle im Bereich des Sensors (Messstelle) jeweils ein ausgeprägtes Signalmaximum aufweist (entsprechend einem Beginn und einem Ende der Zeitspanne des Durchganges der Messstelle durch den Reifenlatsch). Zeitlich betrachtet zwischen diesen Maxima kann das Sensorsignal z. B. ein ausgeprägtes Signalminimum, entsprechend einer Mitte der Reifenlatschdurchgang-Zeitspanne, aufzeigen. Die zwei Maxima mit dem dazwischenliegenden Minimum im Zeitverlauf des Sensorsignals bilden in diesem Beispiel ein „Reifenlatschcharakteristikum“, das im Normalfall mit jeder vollen Umdrehung (360°) des betreffenden Rades im Zeitverlauf des Sensorsignals wiederkehrt. In den Zeitspannen zwischen einem solchen Reifenlatschcharakteristikum kann der Sensor, je nach Ausgestaltung, z. B. ein im Wesentlichen konstantes Sensorsignal liefern.

[0045] Was das wenigstens eine vorbestimmte Bewertungskriterium anbelangt, welches bei der Analyse des Sensorsignals durch die erste Auswerteeinrichtung verwendet wird, so kommen hierfür vielfältige Ausgestaltungen in Betracht.

[0046] Zweckmäßigerweise stellen derartige Bewertungskriterien bei der Bewertung darauf ab, ob und/oder inwieweit der zeitliche Verlauf des vom Sensor aufgenommenen Sensorsignals kompatibel mit einem ohne Störeinflüsse zu erwartenden „idealen“ zeitlichen Sensorsignalverlauf ist. Ein derartiger idealer Signalverlauf kann z. B. experimentell unter „Idealbedingungen“ (ohne Störeinflüsse) ermittelt und als Grundlage für die erfindungsgemäß vorbestimmten Bewertungskriterien herangezogen werden.

[0047] Im Rahmen der Erfindung kann eine Überprüfung auf Erfüllung eines oder mehrerer Bewertungskriterien jeweils sowohl ausschließlich unter Berücksichtigung des Sensorsignals, oder aber unter Mitberücksichtigung einer oder mehrerer weiterer in dem betreffenden Fahrzeug vorliegender (z. B. im Sensormodul gespeicherter) oder ermittelter Informationen (z. B. Reifentyp, Reifendurchmesser, Fahrzeug-

geschwindigkeit, Fahrzeugbeschleunigung, Reifeninnendruck etc.) durchgeführt werden.

[0048] In einer Ausführungsform ist als bei der von der ersten Auswerteeinrichtung durchgeführten Analyse verwendetes Bewertungskriterium für die Signalqualität des Sensorsignals vorgesehen, dass (wenigstens) ein Signal-Rausch-Verhältnis des Sensorsignals (wenigstens) ein vorbestimmtes Signal-Rausch-Verhältniskriterium erfüllt.

[0049] Dieser Ausführungsform liegt die Überlegung zugrunde, dass bestimmte Störeinflüsse (z. B. Unebenheiten des von dem Fahrzeug befahrenen Untergrundes) einen erhöhten Rauschanteil im Sensorsignal erwarten lassen, welcher durch eine Signal-Rausch-Analyse erkennbar ist.

[0050] Ein Signal-Rausch-Verhältnis kann im Allgemeinen als ein Verhältnis eines die Größe eines Signalanteils angehenden Signalparameters und eines die Größe eines Rauschanteils angehenden Signalparameters angesehen werden.

[0051] Als ein Signal-Rausch-Verhältniskriterium kann z. B. vorgesehen sein, dass ein in bestimmter Weise ermitteltes Signal-Rausch-Verhältnis des Sensorsignals innerhalb eines vorbestimmten Bereiches liegt. Zu diesem Zweck kann z. B. ein Signal-Rausch-Verhältnis verwendet werden, welches eine im zeitlichen Bereich des oben erwähnten „Reifenlatschcharakteristikums“ im Sensorsignal gewonnene Signalamplitude (z. B. ein Maximalwert oder eine Differenz zwischen einem Maximalwert und einem Minimalwert) repräsentiert, oder z. B. ins Verhältnis setzt mit einer im zeitlichen Bereich außerhalb des Reifenlatschcharakteristikums (z. B. in der Mitte zwischen aufeinanderfolgenden Reifenlatschcharakteristika) gewonnenen Signalamplitude.

[0052] Erfindungsgemäß ist als bei der von der ersten Auswerteeinrichtung durchgeführten Analyse verwendetes Bewertungskriterium für die Signalqualität des Sensorsignals vorgesehen, dass ein mittels Frequenzanalyse gewonnenes Frequenzspektrum des Sensorsignals wenigstens ein vorbestimmtes Frequenzkriterium erfüllt.

[0053] Dieser erfindungsgemäßen Lösung liegt zum einen die Überlegung zugrunde, dass nach jeder vollen Umdrehung des betreffenden Rades ein Reifenlatschcharakteristikum im Sensorsignal zu erwarten ist, was zu einer gewissen Periodizität dieses Charakteristikums im Zeitverlauf des Sensorsignals führt. Letzteres wiederum ist durch eine Frequenzanalyse am Sensorsignal leicht überprüfbar. In diesem Zusammenhang kommt vorteilhaft hinzu, dass durch die Drehung des Fahrzeugrades nicht nur eine gewisse Periodizität (gleichbedeutend mit einem Maximum im Frequenzspektrum) hinsichtlich des Wieder-

kehrens des Reifenlatschcharakteristikums, sondern auch damit in Beziehung stehende gewisse Periodizitäten bzw. Frequenzkomponenten innerhalb des Reifenlatschcharakteristikums selbst zu erwarten sind. Auch letztere Erwartung kann durch das wenigstens eine vorbestimmte Frequenzkriterium mitberücksichtigt werden.

[0054] Der erfindungsgemäßen Lösung, bei welcher wenigstens ein vorbestimmtes Frequenzkriterium verwendet wird, liegt zum anderen die Überlegung zugrunde, dass bestimmte Störeinflüsse (z. B. Schlechtweg) die Anregung von reifentypischen „Eigenschwingungsmoden“ und somit einen erhöhten Anteil der betreffende(n) Frequenz(en) im Sensorsignal erwarten lassen, was durch eine Frequenzanalyse erkennbar ist. Vor dem Hintergrund, dass je nach Reifeneigenschaften die Eigenfrequenzen des Reifens im Frequenzspektrum mehr oder weniger „verschmiert“ werden, kann zur Erkennung und/oder Charakterisierung dieser Störeinflüsse (bzw. zuordenbarer „Fahrbetriebsumstände“) zusätzlich auch eine Signal-Rausch-Analyse vorteilhaft eingesetzt werden.

[0055] In einer vorteilhaften Weiterbildung der erfindungsgemäßen Lösung, bei welcher wenigstens ein vorbestimmtes Frequenzkriterium verwendet wird, wird bei einer Überprüfung auf Erfüllung des Frequenzkriteriums eine Fahrgeschwindigkeit (Fahrzeughängsgeschwindigkeit) und/oder eine Drehgeschwindigkeit (z. B. Drehwinkelgeschwindigkeit) des betreffenden Rades berücksichtigt. Alternativ oder zusätzlich kann eine Fahrzeugbeschleunigung (z. B. Fahrzeughängsbeschleunigung) und/oder eine Drehbeschleunigung (z. B. Drehwinkelbeschleunigung) des betreffenden Rades berücksichtigt werden.

[0056] Diese Weiterbildung ist ein Beispiel einer im Rahmen der Erfindung generell vorteilhaften Analyse des Sensorsignals unter Mitberücksichtigung weiterer Informationen (hier z. B. Fahrzeughängsgeschwindigkeit und/oder Raddrehgeschwindigkeit bzw. entsprechende Beschleunigungen), die auch von einem anderen, Betriebsparameter des Fahrzeuges erfassenden System (z. B. ABS, ESP etc.) bereitgestellt sein können.

[0057] Insbesondere jedoch was eine Berücksichtigung der Drehwinkelgeschwindigkeit des betreffenden Rades bei einer Überprüfung auf Erfüllung des vorbestimmten Frequenzkriteriums anbelangt, so ist gemäß einer Weiterbildung vorgesehen, dass diese Drehwinkelgeschwindigkeit (alternativ oder zusätzlich zu einer Bereitstellung durch andere Systeme wie ABS, ESP etc.) im Rahmen der Auswertung des Sensorsignals durch die erste Auswerteeinrichtung selbst bereitgestellt wird, indem z. B. als (der Drehwinkelgeschwindigkeit entsprechende) Raddrehfrequenz diejenige Frequenz identifiziert wird, bei welcher sich im

gewonnenen Frequenzspektrum des Sensorsignals ein entsprechendes Maximum zeigt.

[0058] Ein besonderer Vorteil der Weiterbildung, bei der die Fahrzeughängsgeschwindigkeit und/oder eine Raddrehgeschwindigkeit mitberücksichtigt wird, besteht darin, dass bei der Überprüfung des Frequenzkriteriums nicht nur die oben erläuterte zu erwartende Periodizität eines Reifenlatschcharakteristikums im zeitlichen Verlauf des Sensorsignals auf „Vorhandensein“ überprüft werden kann, sondern auch daraufhin, ob der „Wert“ der Periodizität (Periodenlänge bzw. gleichbedeutend Wiederkehrfrequenz) zur Fahrzeughängsgeschwindigkeit bzw. Raddrehgeschwindigkeit „passt“.

[0059] Zusammenfassend kann als ein vorbestimmtes Frequenzkriterium somit insbesondere vorgesehen sein, dass das Frequenzspektrum ein der Raddrehgeschwindigkeit zuordenbares Maximum aufweist und ggf. die Frequenz dieses Maximums plausibel ist (z. B. anhand einer Beurteilung mittels einer erfassten Fahrzeughängsgeschwindigkeit und/oder Raddrehgeschwindigkeit).

[0060] Bei wenigstens einem der verwendeten Bewertungskriterien kann vorgesehen sein, dass dessen Erfüllung dann als gegeben betrachtet wird, wenn ein oder mehrere durch die Auswertung des Sensorsignals aus dem Sensorsignal gewonnene Signalparameter jeweils innerhalb eines den Signalparametern jeweils zugeordneten Wertebereiches liegen.

[0061] Derartige Signalparameter als solche können von der ersten Auswerteeinrichtung z. B. als Angaben im Rahmen der bereits erwähnten „Quantifizierung“ in die Qualitätsinformation betreffend die Sensorsignalqualität aufgenommen werden. Demgegenüber können die Ergebnisse der Überprüfung, ob die Signalparameter jeweils innerhalb des zugeordneten Wertebereiches liegen oder nicht, z. B. als Angaben im Rahmen der bereits erwähnten „Klassifizierung“ oder „Quantifizierung“ (Abweichungsmaß) in die Qualitätsinformation aufgenommen werden.

[0062] Als Signalparameter kommen z. B. die Signalwerte an Maxima und/oder Minima im Sensorsignalverlauf in Betracht. Ferner kann z. B. wenigstens eine Maximum-Minimum-Amplitude und/oder wenigstens ein zeitlicher Mittelwert im Sensorsignal als Signalparameter verwendet werden. Des Weiteren kommen zeitliche Positionen bzw. Positionsabstände von Maxima, Minima etc. in Betracht, soweit diese nicht durch die eigentliche Messung bedingt sind.

[0063] Signalparameter, z. B. der vorstehend erwähnten Art, bzw. deren Bewertung, können anstatt auf dem zeitlichen Verlauf des Sensorsignals auch auf dem Verlauf einer daraus gewonnenen zeitlichen

Ableitung (Änderungsrate) und/oder eines daraus gewonnenen Frequenzspektrums basieren.

[0064] Schließlich können auch mehrere der vorgenannten Signalparameter mathematisch miteinander verknüpft werden, um daraus (wenigstens) einen komplizierteren/zusammengesetzten Signalparameter zu bilden. Ein Beispiel hierfür ist das oben bereits erwähnte Signal-Rausch-Verhältnis, wenn dieses als Quotient zweier Werte gebildet wird.

[0065] Wenn bei der Analyse des Sensorsignals überprüft wird, ob ein Signalparameter innerhalb eines diesem Signalparameter zugeordneten Wertebereiches liegt, so kann gemäß einer Weiterbildung vorgesehen sein, dass wenigstens eine der Grenzen dieses Wertebereiches in Abhängigkeit von Fahrzeugbetriebsparametern wie insbesondere z. B. der Fahrzeuglängsgeschwindigkeit und/oder der Radrehgeschwindigkeit und/oder der betreffenden Radlast und/oder einem betreffenden Reifeninnendruck festgelegt wird.

[0066] Insbesondere der Reifeninnendruck kann bei entsprechender Ausgestaltung des ohnehin vorhandenen Sensormoduls (z. B. zusätzlicher Reifendrucksensor) durch dieses Sensormodul ermittelt werden.

[0067] In einer Ausführungsform ist als bei der Analyse verwendetes Bewertungskriterium vorgesehen, dass eine über einen längeren Zeitraum, also z. B. über eine Vielzahl von Umdrehungen des Rades hinweg, beobachtete Entwicklung von Signalparametern des Sensorsignals wenigstens ein Plausibilitätskriterium betreffend diese zeitliche Entwicklung erfüllt. Ein solches Plausibilitätskriterium kann z. B. darin bestehen, dass eine zeitliche Änderung eines Signalparameters wie z.B. eines Signal-Rausch-Verhältnisses des Sensorsignals normalerweise nicht abrupt erfolgt. Falls doch, so könnte dies z. B. Aufschluss über eine Änderung bestimmter Fahrbetriebsumstände geben, wie z. B. Änderung der Beschaffenheit eines von dem Fahrzeug befahrenen Untergrundes, Auftreten von so genanntem Aquaplaning, oder Montage bzw. Demontage von Reifenzubehör (z. B. Schneeketten oder dergleichen). Das erfindungsgemäße System bzw. Verfahren kann somit wie bereits eingangs erwähnt vorteilhaft zur Erkennung und/oder Charakterisierung derartiger Fahrbetriebsumstände verwendet werden. In einer Ausführungsform erfolgt dies (z. B. wenigstens teilweise, oder ganz) im Sensormodul (unter Verwendung der ersten und/oder ggf. dort befindlichen zweiten Auswerteeinrichtung). In einer anderen Ausführungsform erfolgt dies (wenigstens teilweise, oder ganz) in einer fahrzeugseitigen, z. B. zentralen Steuereinrichtung des Fahrzeuges.

[0068] In einer Weiterbildung der Erfindung erfolgt im Rahmen einer Weiterverarbeitung oder Weiterver-

wendung des von der zweiten Auswerteeinrichtung berechneten Reifenlatschparameters eine Analyse dahingehend, ob die über einen längeren Zeitraum beobachtete Entwicklung des Reifenlatschparameters plausibel ist (z. B. unter Berücksichtigung der zeitlichen Entwicklung der Fahrzeuglängsgeschwindigkeit), oder es zu zeitlichen Änderungen kommt, die auf besondere Fahrbetriebsumstände der oben bereits genannten Art schließen lassen können.

[0069] Die oben für das erfindungsgemäße System erläuterten besonderen Gestaltungen und Ausführungsformen können in analoger Weise, einzeln oder in Kombination, auch als besondere Gestaltungen bzw. Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens eingesetzt werden.

[0070] Neben dem System und dem Verfahren zur Ermittlung wenigstens eines Reifenlatschparameters schlägt die vorliegende Erfindung gemäß eines weiteren Aspekts auch die Verwendung eines derartigen Systems und/oder eines derartigen Verfahrens für eine Erkennung und/oder Charakterisierung (z. B. Quantifizierung) wenigstens eines Fahrbetriebsumstandes vor, z. B. eines oder mehrerer der folgenden Fahrbetriebsumstände:

- Beschaffenheit eines von dem Fahrzeug befahrenen Untergrundes, insbesondere Schlechtweg,
- Unwucht am betreffenden Rad des Fahrzeuges,
- bei dem Fahrzeug montiertes Reifenzubehör, insbesondere Schneekette,
- Schlupf am betreffenden Rad des Fahrzeuges,
- Aquaplaning.

[0071] Alternativ oder zusätzlich kann im Rahmen der Erfindung beispielsweise charakterisiert werden:

- Radlast am betreffenden Rad des Fahrzeuges, und/oder
- Reifenprofiltiefe des Reifens an dem betreffenden Rad des Fahrzeuges.

[0072] Des Weiteren kann im Rahmen der Erfindung z. B. eine Erkennung dahingehend erfolgen, ob das am Reifen angeordnete Sensormodul korrekt angeordnet ist (oder sich z. B. gelockert, verdreht, oder ganz gelöst hat). Auch diese Erkennung lässt sich durch eine Auswertung des Ergebnisses der Sensor-signalanalyse realisieren.

[0073] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen mit Bezug auf die beigefügten Zeichnungen weiter beschrieben. Es stellen dar:

Fig. 1 ein schematisches Blockschaltbild eines Systems zur Ermittlung eines Reifenlatschparameters gemäß eines Ausführungsbeispiels,

Fig. 2 ein schematisches Blockschaltbild eines im System von **Fig. 1** verwendeten Sensormoduls,

Fig. 3 einen beispielhaften Verlauf eines von einem Sensor des Sensormoduls von **Fig. 2** abgegebenen Sensorsignals **Us** in Abhängigkeit von der Zeit t , dargestellt für etwa eine Periodenlänge,

Fig. 4 eine der **Fig. 3** ähnliche Darstellung, jedoch für etwa drei Periodenlängen, wobei zusätzlich ein anhand des Sensorsignals **Us** erzeugtes digitales Reifenlatschsignal **Ud** eingezeichnet ist,

Fig. 5 eine Darstellung ähnlich **Fig. 4**, jedoch für den Fall einer Störung des Sensorsignals **Us** durch eine elektromagnetische Störeinstrahlung,

Fig. 6 eine Darstellung ähnlich **Fig. 4**, jedoch für den Fall einer Störung des Sensorsignals **Us** durch Fahrbahnunebenheiten,

Fig. 7 ein Flussdiagramm eines Verfahrens zur Ermittlung eines Reifenlatschparameters gemäß einer Ausführungsform, und

Fig. 8 ein Flussdiagramm eines Verfahrens zur Ermittlung eines Reifenlatschparameters gemäß eines weiteren Ausführungsbeispiels.

[0074] **Fig. 1** zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Systems **10** zur Ermittlung wenigstens eines, eine Abmessung eines Reifenlatsches an einem Reifen **1** eines Rades **3** eines Fahrzeuges charakterisierenden Reifenlatschparameters.

[0075] Als Reifenlatsch bezeichnet man denjenigen Teil eines Reifens, der Kontakt zum Untergrund (z. B. Straßenoberfläche) hält. Die sich hierbei ergebende Kontaktfläche (Reifenauflandsfläche) wird auch als Reifenlatschfläche bezeichnet und kann z. B. durch eine Abmessung dieser Fläche in Längsrichtung bzw. Abrollrichtung, die Latschlänge, sowie z. B. durch eine Abmessung in Querrichtung, die Latschbreite, charakterisiert werden.

[0076] Im dargestellten Ausführungsbeispiel handelt es sich bei dem Fahrzeug um ein Kraftfahrzeug mit z. B. vier Rädern der in **Fig. 1** dargestellten Art, wobei das System **10** zur radindividuellen Ermittlung einer Latschlänge **L** und ggf. weiterer Radbetriebsparameter (z. B. Reifeninnendruck, Temperatur etc.) der einzelnen Räder dient.

[0077] Diese Ermittlung wird nachfolgend am Beispiel des in **Fig. 1** dargestellten Rades **3** erläutert, wobei hier detailliert nur auf die Ermittlung der

Latschlänge **L** (als zu ermittelndem Reifenlatschparameter) eingegangen wird.

[0078] Das System **10** umfasst ein reifenbasiertes, d. h. an dem Reifen **1** angeordnetes Sensormodul **12**, welches an einer Innenseite des mit einem Druckmedium (typischerweise Luft oder Stickstoff) gefüllten Reifens **1** angeordnet ist, beispielsweise batteriebetrieben und auswechselbar in einer Tasche an der Innenseite der Reifenlauffläche aufgenommen.

[0079] Wie in **Fig. 2** dargestellt, umfasst das Sensormodul **12** einen Sensor **14** zur Aufnahme eines von einer mechanischen Reifenbelastung an einer vorbestimmten Messstelle **16** am Reifen **1** abhängigen Sensorsignals **Us** (vgl. auch **Fig. 3** bis **Fig. 6**) und eine erste Auswerteeinrichtung **18** zur Auswertung des Sensorsignals **Us**. Basierend auf dieser Auswertung stellt die erste Auswerteeinrichtung **18** Daten **D** bereit, welche wenigstens ein Datenelement enthalten, welches wenigstens einen, einen Durchgang der Messstelle **16** durch den Reifenlatsch charakterisierenden Zeitpunkt im Sensorsignal **Us** angibt.

[0080] Schließlich umfasst das Sensormodul **12** im dargestellten Beispiel eine Sendeeinrichtung **20**, um die von der ersten Auswerteeinrichtung **18** bereitgestellten Daten **D** an eine, hier fahrzeugseitig angeordnete Empfangs- und Auswerteeinrichtung **30** des Systems **10** zu übertragen.

[0081] Die Sendeeinrichtung **20** ist im dargestellten Beispiel als ein Sender zur drahtlosen Übertragung der Daten **D**, z. B. mittels eines Funksignals **22** gemäß eines digitalen Übertragungsprotokolls, ausgebildet.

[0082] **Fig. 3** zeigt in Abhängigkeit von der Zeit t einen beispielhaften Verlauf des Sensorsignals **Us**, welches bei einer Drehung (vgl. Pfeil **5**) des Rades **3** von dem Sensor **14** des reifenbasierten Sensormoduls **12** aufgenommen wird. Das von dem hier z. B. auf Beschleunigungen empfindlichen Sensor **14** aufgenommene Sensorsignal **Us** besitzt folgende aus **Fig. 3** ersichtliche Signalcharakteristika: Solange sich die Messstelle **16** außerhalb des Reifenlatsches befindet, ist das Sensorsignal **Us** im Wesentlichen konstant, entsprechend einer im Wesentlichen konstanten auf den Sensor **14** wirkenden Zentrifugalbeschleunigung. Wenn die Messstelle **16** jedoch den Reifenlatsch passiert, so ergeben sich signifikante Änderungen des Sensorsignals **Us**, aus denen insbesondere ein Aufschlagen der Messstelle **16** auf dem vom Fahrzeug befahrenen Untergrund sowie das nachfolgende Abheben der Messstelle **16** von diesem Untergrund abgelesen werden können. Diese beiden Vorgänge führen zu zwei ausgeprägten Maxima im Signalverlauf, die in **Fig. 3** etwa bei den Zeitpunkten $t = 125,39$ s und $t = 125,41$ s zu erkennen sind. Letztere Zeitpunkte charakterisieren

somit einen Beginn und ein Ende einer Zeitspanne des Durchganges der Messstelle **16** durch den Reifenlatsch.

[0083] Zeitlich betrachtet zwischen diesen beiden Maxima ergibt sich, in **Fig. 3** etwa bei $t = 125,40$ s, ein ausgeprägtes Minimum im Signalverlauf, welches charakteristisch für eine Mitte der Reifenlatschdurchgang-Zeitspanne ist.

[0084] Die im reifenbasierten Sensormodul **12** enthaltene erste Auswerteeinrichtung **18** stellt im dargestellten Beispiel die Daten **D** mit Datenelementen bereit, die für die abhängig von der Fahrgeschwindigkeit mehr oder weniger periodisch auftretenden Signalcharakteristika der in **Fig. 3** dargestellten Art sich ergebenden Beginn- und End-Zeitpunkte der Reifenlatschdurchgänge angeben.

[0085] Die fortlaufend oder z. B. zur Energieeinsparung nur von Zeit zu Zeit von der Sendeinrichtung **20** gesendeten Daten **D** enthalten somit eine Information über die Latschlänge **L**, welche nämlich z. B. bei Kenntnis der Radumfangsgeschwindigkeit (z. B. aus der Fahrzeuglängsgeschwindigkeit) aus der Differenz zwischen den Beginn- und End-Zeitpunkten für jeden Reifenlatschdurchgang berechnet werden kann. Alternativ oder zusätzlich zu einer Nutzung einer anderweitig ermittelten Raddrehgeschwindigkeit bzw. Radumfangsgeschwindigkeit kann bei dieser Berechnung z. B. auch der zeitliche Abstand aufeinanderfolgender Reifenlatschdurchgänge ausgewertet werden, um die Raddrehgeschwindigkeit bzw. Radumfangsgeschwindigkeit aus den Daten **D** selbst zu ermitteln.

[0086] Durch die mittels der ersten Auswerteeinrichtung **18** durchgeführte Auswertung des Sensorsignals und Bereitstellung der Daten **D** mit zur Ermittlung des wenigstens einen betreffenden Reifenlatschparameters (hier Latschlänge **L**) relevanten, und mittels der Datenelemente codierten Informationen ergibt sich vorteilhaft ein wesentlich geringerer Energiebedarf für die Realisierung der Informationsübertragung zur fahrzeuggesteuerten Empfangs- und Auswerteeinrichtung **30**, verglichen mit einer Übertragung einer das Sensorsignal **Us** vollständig charakterisierenden Information („Rohsignal“).

[0087] Zurückkommend auf **Fig. 1** umfasst die fahrzeugseitige, hier z. B. stationär bezüglich einer Fahrzeugkarosserie angeordnete Empfangs- und Auswerteeinrichtung **30** eine Empfangseinrichtung **32** zum Empfangen des Funksignals **22** und zum Bereitstellen der daraus demodulierten Daten **D** sowie eine zweite Auswerteeinrichtung **34** zur Berechnung der Latschlänge **L** durch Auswertung der von der sensormoduleseitigen ersten Auswerteeinrichtung **18** stammenden und im dargestellten Beispiel mittels der

Empfangseinrichtung **32** an die zweite Auswerteeinrichtung **34** übertragenen Daten **D**.

[0088] Um eine weitere Verwendung der somit ermittelten Latschlänge **L** in einer zentralen Steuereinrichtung **36** des Fahrzeuges zu ermöglichen, steht die zweite Auswerteeinrichtung **34** über ein Bussystem **38**, z. B. nach einem herkömmlichen Standard wie z. B. CAN etc., in Kommunikationsverbindung mit der zentralen Steuereinrichtung **36**.

[0089] Abweichend von dem in **Fig. 1** dargestellten Ausführungsbeispiel könnte die zweite Auswerteeinrichtung **34** auch als eine Funktionalität der im Fahrzeug ohnehin vorhandenen zentralen Steuereinrichtung **36** implementiert werden, wobei in diesem Fall lediglich eine Kommunikationsverbindung (z. B. mittels des Bussystems **38**) zwischen der Empfangseinrichtung **32** und der zentralen Steuereinrichtung **36** vorzusehen wäre.

[0090] Des Weiteren könnte abweichend vom dargestellten Ausführungsbeispiel die zweite Auswerteeinrichtung **34** auch in das reifenbasierte Sensormodul **12** verlegt und hierfür z. B. baulich mit der dort ohnehin vorhandenen ersten Auswerteeinrichtung **18** zusammengefasst sein. In diesem Fall könnten die beiden Auswerteeinrichtungen **18**, **34** als jeweilige Teilfunktionalitäten einer (einzigen) Gesamtauswerteeinrichtung implementiert sein. Bei einer derartigen Modifikation des Systems **10** könnte die sensormoduleseitige Sendeinrichtung **20** dann zweckmäßigerweise Daten enthaltend wenigstens ein Datenelement senden, welches die bereits sensormoduleseitig berechnete Latschlänge **L** angibt, wobei die fahrzeugseitige Empfangseinrichtung **32** die Daten dann z. B. unmittelbar an die zentrale Steuereinrichtung **36** kommuniziert.

[0091] **Fig. 4** ist eine der **Fig. 3** ähnliche beispielhafte Darstellung eines zeitlichen Verlaufes des Sensorsignals **Us** (gestrichelte Linie) für drei aufeinanderfolgende Reifenlatschdurchgänge, wobei zusätzlich ein digitales Reifenlatschsignal **Ud** (durchgezogene Linie) eingezeichnet ist, mit welchem für dieses Beispiel die Ermittlung der Beginn- und End-Zeitpunkte der Reifenlatschdurchgänge anhand des Sensorsignals **Us** veranschaulicht ist. Beruhend auf den mit Bezug auf **Fig. 3** bereits beschriebenen Eigenschaften des Sensorsignals **Us** lässt sich durch einen geeigneten, hier z. B. die vorerwähnten Signalmaxima detektierenden Algorithmus das digitale Reifenlatschsignal **Ud** berechnen, welches jeweils zu Beginn eines Reifenlatsches von logisch „0“ auf logisch „1“ wechselt und am Ende des Reifenlatsches wieder von logisch „1“ auf logisch „0“ wechselt. Die mehr oder weniger periodisch wiederkehrenden Zeitspannen, in denen das Signal **Ud** den Wert „1“ besitzt, sind wie oben bereits erläutert charakteristisch für die Latschlänge **L** bzw. können wie erläutert in die

Latschlänge **L** der betreffenden Reifenlatschdurchgänge umgerechnet werden.

[0092] Das in **Fig. 4** gezeigte digitale Reifenlatschsignal **Ud** wird sensormoduleseitig durch Auswertung des Sensorsignals **Us** von der ersten Auswerteeinrichtung **18** erzeugt. Es enthält Informationen über die Beginn- und Endzeitpunkte der Reifenlatschdurchgänge und wird im Rahmen einer Weiterverarbeitung durch die Auswerteeinrichtung **18** dazu verwendet, um die an die Sendeeinrichtung **20** bereitzustellenden Daten **D** zu erzeugen. Wie bereits erwähnt geben hierzu in den Daten **D** enthaltene Datenelemente diese die Reifenlatschdurchgänge charakterisierenden Zeitpunkte an.

[0093] In dem in **Fig. 4** gezeigten, unter weitgehend störungsfreien Bedingungen aufgenommenen Verlauf des Sensorsignals **Us** sind die jeden Reifenlatschdurchgang jeweils charakterisierenden zwei Maxima sowie das dazwischenliegende Minimum sehr deutlich ausgebildet. Daher kann durch den von der ersten Auswerteeinrichtung **18** programmgesteuert durchgeführten Auswerteargorithmus der jeweilige Eintritt und Austritt der Messstelle **16** beim Reifenlatschdurchgang sehr verlässlich ermittelt und mittels der betreffenden Datenelemente in den bereitgestellten Daten **D** codiert werden. Der von der zweiten Auswerteeinrichtung **34** durchgeführte Berechnungsalgorithmus kann somit zuverlässig und genau die Latschlänge **L** berechnen.

[0094] Problematisch sind jedoch Situationen, in denen Störeinflüsse auf den Reifen **1** oder das an dem Reifen **1** angeordnete Sensormodul **12** einwirken, so dass das Sensorsignal **Us** bzw. die darin enthaltene Nutzinformation verfälscht wird. In solchen Situationen kann die Zuverlässigkeit bzw. Qualität der Reifenlatschermittlung beeinträchtigt werden. Derartige Beeinträchtigungen können von vielen verschiedenen äußeren Einflüssen abhängig sein. Mit Bezug auf die **Fig. 5** und **Fig. 6** werden nachfolgend zwei Beispiele einer Störung der Sensorsignalaufnahme bzw. des darauf basierenden Verfahrens zur Reifenlatschermittlung erläutert.

[0095] **Fig. 5** zeigt in einer der **Fig. 4** entsprechenden Darstellung wieder den zeitlichen Verlauf eines vom Sensor **14** aufgenommenen Sensorsignals **Us** (gestrichelte Linie) sowie eines mit demselben Auswerteargorithmus hierfür erzeugten digitalen Reifenlatschsignals **Ud** (durchgezogene Linie), allerdings für eine Situation, bei welcher das Fahrzeug durch Befahren einer Straße in der Nähe von Wechselstrom führenden Freileitungen einer elektromagnetischen Störeinstrahlung einer Frequenz von hier z. B. 50 Hz ausgesetzt ist. Diese Störeinstrahlung kann unter Umständen wie aus **Fig. 5** ersichtlich dazu führen, dass dem Sensorsignal **Us** gewissermaßen eine 50 Hz-Schwingung (Störsignalanteil) aufmodu-

liert wird. Infolge dieses Störsignalanteils im Sensorsignal **Us** vermag der Auswerteargorithmus augenscheinlich kein digitales Reifenlatschsignal **Ud** mehr zu liefern, welches für eine sinnvolle Berechnung der Latschlänge **L** taugt. Bereits im digitalen Reifenlatschsignal **Ud** ist keine eindeutige Identifizierung der einzelnen Reifenlatschdurchgänge mehr möglich. Im Rahmen der Erfindung denkbar ist in diesem Fall jedoch, dass basierend auf einer „50 Hz-Störungs-Erkennung“ eine daran angepasste Störungsunterdrückung (hier: „Wegfiltern“ der 50 Hz-Schwingung) am Sensorsignal angewandt wird, bevor die Daten **D** zur Ermittlung des Reifenlatschparameters (hier: Latschlänge **L**) erzeugt werden. Analoges gilt für andere erkannte Störungen, d. h. es kann darauf basierend eine jeweils gezielte Verringerung der Störungen im Signal (Störungsunterdrückung) vorgenommen werden.

[0096] **Fig. 6** zeigt in einer den **Fig. 4** und **Fig. 5** entsprechenden Darstellung ein weiteres, besonders praxisrelevantes Beispiel, bei welchem nämlich das Sensorsignal **Us** während des Befahrens eines unebenen Untergrundes (hier: nicht geteerte Straße) oder eines anderen „Schlechtweges“ aufgenommen wurde. Auch hier weist das Sensorsignal **Us** eine starke Verfälschung auf, welche, wie an dem mittels des Auswerteargorithmus erzeugten digitalen Reifenlatschsignals **Ud** in **Fig. 6** erkennbar, eine eindeutige Reifenlatscherkennung bzw. Berechnung der Latschlänge **L** unter Umständen unmöglich macht.

[0097] Im Rahmen der Erfindung kann in diesem Fall jedoch z. B. basierend auf einem Ergebnis der Signalanalyse vorteilhaft eine Erkennung und/oder Charakterisierung des konkret befahrenen Untergrundes realisiert werden.

[0098] Beispielsweise können hierzu zuvor experimentell ermittelte und sodann im erfindungsgemäßen Verfahren abrufbare „Signalstörungsklassen“ entsprechend den jeweils ursächlichen „Untergrundklassen“ (z. B. Asphaltfläche, Feldweg, Kopfsteinpflaster etc.) bei einer Auswertung von durch die Signalanalyse erhaltenen Signalqualitätsparametern (z. B. bestimmte Signal-Rausch-Verhältnisse, Eigenschaften des Rauschfrequenzspektrums und/oder des Signalfrequenzspektrums etc.) verwendet werden.

[0099] Neben den oben mit Bezug auf die **Fig. 5** und **Fig. 6** veranschaulichten Störeinflüssen gibt es in der Praxis noch viele andere äußere Einflüsse, welche die unter „Idealbedingungen“ sich abhängig unter anderem von dem verwendeten Sensor und der Fahrgeschwindigkeit des Fahrzeuges sich ergebende „ideale“ Signalcharakteristik verändern (gegebenenfalls auch unter Mitberücksichtigung von Reifenbetriebsparametern wie einem Reifeninnendruck und einer Reifentemperatur und weiteren Fahrzeug-

betriebsparametern wie der Beladung bzw. der Radlast am betreffenden Rad).

[0100] Ein Beispiel für solche Störeinflüsse sind an den Rädern des Fahrzeuges angebrachte Schneeketten, Schlupf, Aquaplaning oder dergleichen.

[0101] Bei einer Ermittlung der Latschlänge **L** in der bis hierher für das System **10** beschriebenen Art und Weise besteht daher grundsätzlich die Gefahr, dass das Ergebnis der Reifenlatschberechnung aufgrund von Störeinflüssen der erläuterten Art ungenau, unzuverlässig oder sogar völlig unbrauchbar wird, so dass auf dem betreffenden Reifenlatschparameter beruhende Weiterverarbeitungen bzw. Verwendungen desselben, z. B. in der zentralen Steuereinrichtung **36**, in Mitleidenschaft gezogen werden.

[0102] Diese Problematik wird bei dem System **10** bzw. dem damit durchgeführten Verfahren zur Reifenlatschermittlung jedoch durch eine Besonderheit der ersten Auswerteeinrichtung **18** vermieden, die darin besteht, dass diese eine Analyse des Sensorsignals **Us** anhand wenigstens eines vorbestimmten Bewertungskriteriums betreffend die Signalqualität des Sensorsignals **Us** durchführt, um (als ein Ergebnis dieser Analyse) eine die Signalqualität des Sensorsignals **Us** charakterisierende „Qualitätsinformation“ bereitzustellen.

[0103] Durch die somit innerhalb des Systems **10** bereitgestellte Qualitätsinformation können je nach dem oder den verwendeten Bewertungskriterien eine Vielzahl von Störeinflüssen detektiert und in sämtlichen der Analyse des Sensorsignals nachfolgenden Verfahrensschritten (einschließlich der ebenfalls auf dem Sensorsignal **Us** beruhenden Auswertung dieses Sensorsignals **Us** zur Bereitstellung der Daten **D**) vorteilhaft in vielfältiger Weise berücksichtigt werden und/oder sogar zur Gewinnung weiterer nützlicher Informationen wie z. B. betreffend die bereits erwähnten Fahrbetriebsumstände genutzt werden.

[0104] Insbesondere kann die erste Auswerteeinrichtung z. B. in Abhängigkeit von einem Ergebnis der Analyse eine Quantifizierung der Signalqualität des Sensorsignals **Us** durchführen, beispielsweise durch Aufnahme des Wertes eines am Sensorsignal **Us** ermittelten Signal-Rausch-Verhältnisses in die bereitgestellte Qualitätsinformation. Alternativ oder zusätzlich kann auch eine Klassifizierung der Signalqualität des Sensorsignals **Us** in wenigstens eine Qualitätsklasse einer Mehrzahl von vorbestimmten Qualitätsklassen durchgeführt werden, beispielsweise eine Klassifizierung in eine Klasse „Signalqualität gut“ oder eine Klasse „Signalqualität schlecht“ (und/oder z. B. in drei Klassen „Untergrund eben“, „Untergrund uneben“, „Untergrund sehr uneben“ etc.).

[0105] Eine derartige Quantifizierung und/oder Klassifizierung lässt sich dadurch realisieren, dass die von der ersten Auswerteeinrichtung **18** bereitgestellte Qualitätsinformation einen oder mehrere Quantifizierungswerte bzw. eine oder mehrere Quantifizierungsangaben (z. B. als so genannte „Flags“ in einem digitalen Datenelement) beinhaltet. Abhängig von diesen Informationsanteilen in der Qualitätsinformation kann z. B. die zentrale Steuereinrichtung **36** des Fahrzeuges entscheiden, ob ein betreffender Reifenlatschparameter (im Beispiel die Latschlänge **L**) für darauf basierende Verwendungen tatsächlich genutzt wird bzw. eine Auswahl treffen, wonach in Abhängigkeit von der Qualitätsinformation, insbesondere einer Quantifizierung und/oder Klassifizierung, bestimmte Verwendungen aus einer Mehrzahl von bei einwandfreier Signalqualität vorgesehenen Verwendungen tatsächlich realisiert werden oder nicht.

[0106] In einer Ausführungsform bewirkt die erste Auswerteeinrichtung **18** in Abhängigkeit von einem Ergebnis der Analyse des Sensorsignals **Us** eine Aufnahme wenigstens eines, die Signalqualität des Sensorsignals **Us** charakterisierenden weiteren Datenelements in die von der ersten Auswerteeinrichtung bereitzustellenden Daten **D**. Damit kann die Qualitätsinformation z. B. in einfacher Weise im Gesamtsystem weiterkommuniziert werden, da die Daten **D** ohnehin z. B. der zweiten Auswerteeinrichtung **34** bereitgestellt werden. Die „Unterbringung weiterer Datenelemente“ in den ohnehin bereits Datenelemente enthaltenden Daten erfordert also keinen zusätzlichen Kommunikationspfad, was z. B. insbesondere dann von großem Vorteil ist, wenn die zweite Auswerteeinrichtung **38** wie dargestellt nicht im reifenbasierten Sensormodul **12**, sondern an anderer Stelle des Fahrzeuges (fahrzeugseitig) angeordnet ist und eine drahtlose Übertragungsverbindung (z. B. Funkverbindung) verwendet wird.

[0107] Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass jeder der ersten Auswerteeinrichtung **18** nachgeordneten Einrichtung, welche die Daten **D** erhält, hier also z. B. die zentrale Steuereinrichtung **36** des Fahrzeuges, selbst entscheiden kann, wie mit dem Ergebnis der Reifenlatschmessung umzugehen ist. So können z. B. auf einer „suboptimalen“ Signalqualität beruhende Ermittlungsergebnisse unter Umständen für nicht sicherheitsrelevante Verwendungen noch nutzbar sein.

[0108] Alternativ oder zusätzlich zu der Aufnahme eines die Signalqualität des Sensorsignals **Us** charakterisierenden weiteren Datenelements kann vorgesehen sein, dass in Abhängigkeit von einem Ergebnis der Analyse das Bereitstellen der Daten **D** durch die erste Auswerteeinrichtung **18** verhindert wird. In diesem Fall, der z. B. bei „besonders schlechter“ Signalqualität (angegeben z. B. anhand der genannten Quantifizierung oder Klassifizierung) vorge-

sehen sein kann, erhält die zweite Auswerteeinrichtung **34** folglich (zeitweise) keine Daten bereitgestellt. Folglich wird in diesen betreffenden Situationen auch die Latschlänge **L** nicht berechnet. Damit kann in einfacher Weise jegliche Verwendung eines unzuverlässig berechneten Reifenlatschparameters verhindert werden.

[0109] Die beiden vorstehenden Varianten, einerseits einer Verhinderung der Bereitstellung der Daten und andererseits der Aufnahme wenigstens eines weiteren Datenelements in die bereitzustellenden Daten, werden nachfolgend beispielhaft mit Bezug auf die **Fig. 7** und **Fig. 8** erläutert.

[0110] **Fig. 7** ist ein Flussdiagramm eines Verfahrens zur Ermittlung wenigstens eines Reifenlatschparameters, wie es z. B. von einem System der oben mit Bezug auf die **Fig. 1** bis **Fig. 6** bereits beschriebenen Art durchgeführt werden kann.

[0111] In einem Schritt **S1** erfolgt die Aufnahme des von einer mechanischen Reifenbelastung an einer vorbestimmten Messstelle am Reifen abhängigen Sensorsignals **Us**.

[0112] In einem Schritt **S2** erfolgt eine Analyse des Sensorsignals **Us** anhand eines ersten Bewertungskriteriums betreffend die Signalqualität des Sensorsignals **Us**, hier z. B. anhand eines Signal-Rausch-Verhältniskriteriums. Nur wenn dieses Signal-Rausch-Verhältniskriterium erfüllt ist, was bei einem in bestimmter Weise ermittelten und „relativ großen (guten)“ Signal-Rausch-Verhältnis der Fall sein soll, so wird die Analyse mit einem Schritt **S3** fortgesetzt. Andernfalls schreitet die Verarbeitung zurück zum Schritt **S1**, so dass die Analyse an dieser Stelle beendet wird.

[0113] Bei dem Signal-Rausch-Verhältniskriterium könnte mit Bezug auf den Signalverlauf in **Fig. 3** z. B. überprüft werden, ob (zumindest bei im Wesentlichen konstanter Fahrzeuglängsgeschwindigkeit) die Höhe des Sensorsignals **Us** vor dem ersten Maximum etwa der Höhe des Sensorsignals **Us** nach dem zweiten Maximum entspricht. Diese Überprüfung kann z. B. durch einen Schwellwertvergleich der Differenz der genannten Signalthöhen realisiert sein.

[0114] Abgesehen von den vorstehend erwähnten Beispielen für ein verwendbares Signal-Rausch-Verhältnis können hierfür auch andere Verhältnisse gebildet werden, die in geeigneter Weise z. B. eine mittlere Leistung des Nutzsignalsanteils mit einer mittleren Rauschleistung in Beziehung setzen.

[0115] In dem Schritt **S3** wird überprüft, ob ein weiteres Bewertungskriterium für die Signalqualität des Sensorsignals **Us**, hier z. B. ein Frequenzkriterium erfüllt ist. Nur falls das Frequenzkriterium erfüllt ist,

schreitet die Verarbeitung weiter zu einem Schritt **S4**. Andernfalls schreitet die Verarbeitung zurück zum Schritt **S1** und beendet somit die Analyse.

[0116] Bei dem in Schritt **S3** verwendeten Frequenzkriterium kann es sich insbesondere um ein Kriterium handeln, welches durch ein mittels Frequenzanalyse gewonnenes Frequenzspektrum des Sensorsignals **Us** zu erfüllen ist. Zu diesem Zweck kann z. B. mittels FFT („fast Fourier transform“) das Frequenzspektrum des Sensorsignals **Us** berechnet werden, um dieses auf Vorhandensein bestimmter Frequenzkomponenten hin zu untersuchen. Beispielsweise ist klar, dass bei konstanter Fahrgeschwindigkeit (aber auch bei nicht allzu großen Beschleunigungen oder Verzögerungen des Fahrzeuges) eine deutliche Frequenzkomponente im Sensorsignal **Us** erkennbar sein sollte, welche der Raddrehfrequenz entspricht.

[0117] Im Falle eines Reifenlatschcharakteristikums wie in **Fig. 3** dargestellt, sollte sich außerdem eine erkennbare Frequenzkomponente bei einer demgegenüber höheren Frequenz ergeben, welche der Frequenz der in **Fig. 3**, Mitte, erkennbaren „Schwingung“ des Sensorsignals **Us** (zwei Maxima und ein dazwischenliegendes Minimum) beim Reifenlatschdurchgang entspricht.

[0118] Darauf basierend ist eine weitere Möglichkeit einer Überprüfung im Rahmen eines Frequenzkriteriums, ob das Verhältnis der beiden vorgenannten Frequenzen in einem vorbestimmten Bereich liegt. Dem liegt die Überlegung zugrunde, dass sowohl die Raddrehfrequenz als auch die Frequenz der von den beiden Maxima und dem dazwischen liegenden Minimum gebildeten Schwingung proportional zur Fahrgeschwindigkeit sind, gleichbedeutend mit einem festen Verhältnis dieser beiden Frequenzen.

[0119] Aus diesem Beispiel wird ersichtlich, dass bei der Überprüfung eines Frequenzkriteriums auch vorteilhaft die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit und/oder eine Drehgeschwindigkeit des betreffenden Rades berücksichtigt werden kann. In diesem Fall kann nämlich nicht nur das Vorhandensein der beiden Frequenzkomponenten und deren Verhältnis zueinander überprüft werden, sondern auch deren Stimmigkeit bezüglich der Fahrzeuglängsgeschwindigkeit bzw. Raddrehgeschwindigkeit. Für eine solche Überprüfung erforderliche Radparameter wie insbesondere der Durchmesser bzw. Umfang des betreffenden Rades können z. B. vorteilhaft im Sensormodul vorab gespeichert hinterlegt sein.

[0120] Ferner kann ein am Sensorsignal **Us** gewonnenes Frequenzspektrum z. B. auch auf ein Vorhandensein einer oder mehrerer typischer „Störfrequenzen“ (z. B. 50 Hz) überprüft werden. Nach einer Bestimmung solcher bestimmten Störeinflüssen zuzurechnenden Frequenzanteile könnten diese sogar

gezielt aus dem Sensorsignal **Us** herausgefiltert werden, um die Qualität der Bereitstellung von Daten zu erhöhen. Auch können im Frequenzspektrum z. B. für einen betreffenden Reifen typische Eigenfrequenzen identifiziert und z. B. anhand deren Intensität zur Erkennung und/oder Klassifizierung von Fahrbetriebsumständen herangezogen werden.

[0121] Schließlich kann die Gewinnung eines Frequenzspektrums des Sensorsignals **Us** auch vorteilhaft dazu genutzt werden, einen erhöhten Rauschanteil im Sensorsignal **Us** aufzuzeigen. In diesem Fall kann die Überprüfung des Frequenzspektrums auch im Rahmen der Überprüfung auf Erfüllung eines Signal-Rausch-Verhältniskriteriums (Schritt **S2** in **Fig. 7**) genutzt werden.

[0122] In dem Schritt **S4** erfolgt sodann noch eine Überprüfung des Sensorsignals anhand eines noch weiteren Bewertungskriteriums, welches sich ebenfalls auf die Signalqualität des Sensorsignals **Us** bezieht. Mit Bezug auf das in **Fig. 3** gezeigte Beispiel eines Reifenlatschcharakteristikums im Sensorsignal **Us** könnte in Schritt **S4** z. B. die Form der beiden Maxima daraufhin überprüft werden, ob diese der unter Idealbedingungen sich ergebenden Form entspricht (z. B. anhand Signalparametern wie einer Breite der Maxima bezogen z. B. auf deren Höhe und/oder anhand anderer aus dem Signalverlauf ermittelter Parameter).

[0123] Nur wenn auch dieses dritte Bewertungskriterium im Schritt **S4** als erfüllt festgestellt wird, schreitet die Verarbeitung weiter zu einem Schritt **S5**. Andernfalls schreitet die Verarbeitung zurück zum Schritt **S1**, so dass die Analyse beendet wird.

[0124] Insbesondere bei Einsatz wenigstens eines Signal-Rausch-Verhältniskriteriums und/oder wenigstens eines vorbestimmten Frequenzkriteriums in den Schritten **S2** bis **S5** kann auch vorgesehen sein, mittels einer im Rahmen der Analyse des Sensorsignals **Us** vorgenommenen Mustererkennung eine Erkennung und/oder Charakterisierung vorbestimmter Betriebsumstände zu realisieren. Beispielsweise können bestimmte Untergrundbeschaffenheiten (z. B. geteerte Straße, Kopfsteinpflaster, Feldweg, verschneite Fahrbahn etc.) bestimmte, z. B. vorab experimentell bestimmbare Charakteristika im Sensorsignal **Us** hervorrufen. Durch Mustererkennung können derartige Charakteristika erkannt und gegebenenfalls genauer spezifiziert (charakterisiert) werden. Dies als Teil der von der ersten Auswerteeinrichtung bereitgestellten Qualitätsinformation.

[0125] In dem Schritt **S5** erfolgt ein Auswerten des aufgenommenen Sensorsignals **Us** und darauf basierend ein Bereitstellen von Daten **D** mit wenigstens einem Datenelement, welches wenigstens einen, einen Durchgang der Messstelle durch den Rei-

fenlatsch charakterisierenden Zeitpunkt im Sensorsignal **Us** angibt. Diese Auswertung wird mittels derselben Auswerteeinrichtung durchgeführt, welche auch die Erfüllung der vorgenannten Bewertungskriterien prüft.

[0126] Sodann erfolgt in einem Schritt **S6** schließlich ein Berechnen (bzw. Aktualisieren) des wenigstens einen Reifenlatschparameters durch Auswerten der im Schritt **S5** bereitgestellten Daten mittels einer zweiten Auswerteeinrichtung, die jedoch auch baulich mit der ersten Auswerteeinrichtung zusammengefasst sein kann.

[0127] Im Schritt **S5** erfolgt gegebenenfalls auch das Übertragen (z. B. drahtloses Senden) der Daten an die zweite Auswerteeinrichtung, falls diese separat von der ersten Auswerteeinrichtung angeordnet ist.

[0128] Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 7** ist somit vorgesehen, dass mehrere Bewertungskriterien (hier: drei Bewertungskriterien) betreffend die Sensorsignalqualität überprüft werden, und für den Fall, dass wenigstens ein Bewertungskriterium nicht erfüllt ist, die Datenbereitstellung verhindert wird.

[0129] **Fig. 8** ist ein Flussdiagramm eines alternativen Verfahrens zur Ermittlung wenigstens eines Reifenlatschparameters, wie es z. B. von einem System der oben mit Bezug auf die **Fig. 1** bis **Fig. 6** bereits beschriebenen Art durchgeführt werden kann.

[0130] Gemäß dieses Verfahrens vorgesehenen Schritte **S1** bis **S6** sind abgesehen von einer kleinen Modifikation im Prinzip genauso wie bei dem Beispiel gemäß **Fig. 7** vorgesehen. Die Modifikation besteht lediglich darin, dass bei den Schritten **S2**, **S3** und **S4**, also der jeweiligen Überprüfung auf Erfüllung eines vorbestimmten Bewertungskriteriums, im Falle der Nichterfüllung des jeweiligen Bewertungskriteriums die Verarbeitung nicht zurück zum Schritt **S1** schreitet, sondern wie in **Fig. 8** dargestellt zu einem jeweiligen Folgeschritt **S2'**, **S3'** bzw. **S4'**, in welchem ein das Ergebnis der betreffenden Teilanalyse angegebendes „weiteres Datenelement“ erzeugt (berechnet) und zwischengespeichert wird. Derartige weitere Datenelemente können somit z. B. insbesondere eine Quantifizierung und/oder Klassifizierung der Sensorsignalqualität hinsichtlich eines vom betreffenden Bewertungskriterium überprüften Signalqualitätsparameters codieren. Außerdem schreitet die Verarbeitung nach Durchführung dieser Folgeschritte **S2'**, **S3'** und **S4'** ebenfalls nicht zurück zum Schritt **S1**, sondern wie in **Fig. 8** ersichtlich, zu dem jeweils nachfolgenden Überprüfungsschritt **S3** bzw. **S4**, bzw. im Falle des letzten Folgeschrittes, hier dem Schritt **S4'**, weiter zum Schritt **S5**.

[0131] Gemäß des Beispiels von **Fig. 8** wird somit in Abhängigkeit von einem Ergebnis der von der ers-

ten Auswerteeinrichtung durchgeführten Analyse bedarfsweise wenigstens ein weiteres Datenelement in die im Schritt **S5** bereitgestellten Daten aufgenommen.

[0132] Für beide vorstehenden Ausführungsvarianten gemäß der **Fig. 7** und **Fig. 8** gilt: Bei der Analyse des Sensorsignals **Us** durch die erste Auswerteeinrichtung kann z. B. ein „gleitendes Zeitfenster“ umfassend eine Vielzahl von Reifenlatschdurchgängen als Grundlage für die Anwendung der betreffenden Bewertungskriterien bzw. Auswertelgorithmen verwendet werden.

[0133] Die hier verwendeten Begriffe „Frequenzanalyse“ und „Frequenzspektrum“ sollen nicht zwingend bedeuten, dass der betreffende Bewertungsalgorithmus das Spektrum mathematisch gesehen im „Frequenzraum“ untersucht. Als Variante hierzu kommt auch in Betracht, eine solche Untersuchung im „Zeitraum“ auszuführen, also z. B. zu verifizieren, ob für eine gemessene oder anderweitig ermittelte Fahrgeschwindigkeit die gegenseitigen zeitlichen Abstände zwischen den im Sensorsignal **Us** detektierten Reifenlatschcharakteristika den „richtigen“ zeitlichen Abstand besitzen (Alle 360° der Raddrehung ist ein Reifenlatschcharakteristikum im Sensorsignal **Us** zu erwarten). Alle Detektionen zwischen solchen mehr oder weniger periodisch (mit jeder 360°-Umdrehung des Rades) zu erwartenden Signalcharakteristika wären nicht plausibel und könnten z. B. eine Bereitstellung der Daten verhindern oder bei der Datenerzeugung entsprechend „herauskorrigiert“ werden oder (z. B. in einer quantifizierten bzw. klassifizierten Form) in weitere Datenelemente der bereitzustellenden Daten codiert werden.

[0134] Ferner kann bei der Analyse des Sensorsignals **Us** z. B. auch eine gemessene oder anderweitig ermittelte Fahrzeugbeschleunigung berücksichtigt werden. Da z. B. für das Signalbeispiel von **Fig. 3** der Signalverlauf, insbesondere die Höhe der beiden Maxima von der Fahrgeschwindigkeit abhängig ist, kann für jede Fahrgeschwindigkeit ein plausibler Wertebereich definiert werden und überprüft werden, ob die am Sensorsignal **Us** bestimmten Maximalwerte in diesem Wertebereich liegen. Alternativ oder zusätzlich kann auch für den Wert des Minimums eine solche Überprüfung anhand eines entsprechenden Wertebereiches durchgeführt werden.

[0135] Eine weitere Möglichkeit besteht darin, eine Plausibilisierung der zeitlichen Entwicklung des Sensorsignals **Us** bzw. daran detektierter Signalcharakteristika mit der Zeit vorzunehmen, und gegebenenfalls auch eine solche Plausibilisierung auf Basis der zeitlich sich entwickelnden berechneten Reifenlatschparameter vorzunehmen. Falls z. B. das Fahrzeug nicht rapide beschleunigt, sollten sich die berechneten Latschlängen **L** mehr oder weniger stetig

und nur mit vergleichsweise kleiner Steigung über die Zeit ändern.

[0136] Bei einer derartigen Untersuchung der zeitlichen Entwicklung bestimmter Größen, sei es von Größen, die in der Qualitätsinformation enthalten sind, oder der betreffende Reifenlatschparameter selbst, können z. B. auch „Ausreißer“ (einzelne unplausible Messergebnisse) im Rahmen der Analyse des Sensorsignals **Us** eliminiert werden, bevor die Bereitstellung bzw. Berechnung der Daten erfolgt.

[0137] Zusammenfassend stellt die Erfindung ein vorteilhaftes System sowie Verfahren zur Ermittlung wenigstens eines Reifenlatschparameters, insbesondere z. B. einer Latschlänge bereit. Mit einer Bewertung der Signalqualität auf Sensorebene kann insbesondere z. B. bewirkt werden, dass nur für eine jeweilige Verwendung geeignete Werte aus einer Reifenlatschmessung an weitere Funktionen einer Steuereinrichtung im Fahrzeug übergeben werden. Besonders vorteilhaft kann die Bewertung der Signalqualität hierbei besonders präzise erfolgen. Eine nachträgliche Bewertung der Zuverlässigkeit des Reifenlatschparameters anhand lediglich der mit einem einfachen Auswertelgorithmus berechneten Reifenlatschparameter wäre nicht möglich, da in dem informationsreduzierten Datensignal nicht mehr die Detailliertheit an Informationen vorliegt, wie dies auf Sensorebene der Fall ist. Eine bevorzugte Verwendung ist die Erkennung und/oder Charakterisierung von Fahrbetriebsumständen (z. B. Schneekette, Schlechtweg, Schlupf etc.).

Bezugszeichenliste

1	Reifen
3	Rad
5	Drehung (des Rades)
10	System
12	Sensormodul
14	Sensor
16	Messstelle
18	erste Auswerteeinrichtung
20	Sendeeinrichtung
22	Funksignal
30	Empfangs- und Auswerteeinrichtung
32	Empfangseinrichtung
34	zweite Auswerteeinrichtung
36	zentrale Steuereinrichtung
38	Bussystem
L	Latschlänge

Us Sensorsignal
Ud Reifenlatschsignal
D Daten

Patentansprüche

1. System (10) zur Ermittlung wenigstens eines, eine Abmessung eines Reifenlatsches an einem Reifen (1) eines Rades (3) eines Fahrzeuges charakterisierenden Reifenlatschparameters (L), aufweisend ein an dem Reifen (1) angeordnetes Sensormodul (12) mit

- einem Sensor (14) zur Aufnahme eines von einer mechanischen Reifenbelastung an einer vorbestimmten Messstelle (16) am Reifen (1) abhängigen Sensorsignals (Us), und

- einer ersten Auswerteeinrichtung (18) zur Auswertung des Sensorsignals (Us) und darauf basierender Bereitstellung von Daten (D), welche wenigstens ein Datenelement enthalten, welches wenigstens einen, einen Durchgang der Messstelle (16) durch den Reifenlatsch charakterisierenden Zeitpunkt im Sensorsignal (Us) angibt,

eine zweite Auswerteeinrichtung (34) zur Berechnung des Reifenlatschparameters (L) durch Auswertung der von der ersten Auswerteeinrichtung (18) bereitgestellten Daten (D),

wobei die erste Auswerteeinrichtung (18) dazu ausgebildet ist, eine Analyse des Sensorsignals (Us) anhand wenigstens eines vorbestimmten Bewertungskriteriums (S2, S3, S4) betreffend die Signalqualität des Sensorsignals (Us) durchzuführen, um eine die Signalqualität des Sensorsignals (Us) charakterisierende Qualitätsinformation bereitzustellen, wobei als bei der von der ersten Auswerteeinrichtung (18) durchgeführten Analyse verwendetes Bewertungskriterium für die Signalqualität des Sensorsignals (Us) vorgesehen ist, dass ein mittels Frequenzanalyse gewonnenes Frequenzspektrum des Sensorsignals (Us) wenigstens ein vorbestimmtes Frequenzkriterium (S3) erfüllt.

2. System (10) nach Anspruch 1, wobei die erste Auswerteeinrichtung (18) ferner dazu ausgebildet ist, in Abhängigkeit von einem Ergebnis der Analyse eine Quantifizierung der Signalqualität des Sensorsignals (Us) durchzuführen.

3. System (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die erste Auswerteeinrichtung (18) ferner dazu ausgebildet ist, eine Klassifizierung der Signalqualität des Sensorsignals (Us) in wenigstens eine Qualitätsklasse einer Mehrzahl von vorbestimmten Qualitätsklassen durchzuführen.

4. System (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die erste Auswerteeinrichtung (18) ferner dazu ausgebildet ist, in Abhängigkeit von einem Ergebnis der Analyse eine Aufnahme wenig-

tens eines, die Signalqualität des Sensorsignals (Us) charakterisierenden weiteren Datenelements in die bereitzustellenden Daten (D) zu bewirken.

5. System (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die erste Auswerteeinrichtung (18) ferner dazu ausgebildet ist, in Abhängigkeit von einem Ergebnis der Analyse das Bereitstellen der Daten (D) zu verhindern.

6. System (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Sensormodul (12) an einer Innenseite des Reifens (1) angeordnet ist und der Sensor (14) dazu ausgebildet ist, das Sensorsignal (Us) in Abhängigkeit von einer lokalen Reifendeformation und/oder Beschleunigung im Bereich der Anordnungsstelle des Sensormoduls (12) zu erzeugen.

7. System (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das wenigstens eine Datenelement in den von der ersten Auswerteeinrichtung (18) bereitgestellten Daten (D) einen Beginn, eine Mitte und/oder ein Ende einer Zeitspanne des Durchganges der Messstelle (16) durch den Reifenlatsch im Sensorsignal (Us) charakterisiert.

8. System (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei als bei der von der ersten Auswerteeinrichtung (18) durchgeführten Analyse verwendetes Bewertungskriterium für die Signalqualität des Sensorsignals (Us) zudem vorgesehen ist, dass ein Signal-Rausch-Verhältnis des Sensorsignals (Us) wenigstens ein vorbestimmtes Signal-Rausch-Verhältniskriterium (S2) erfüllt.

9. System (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die erste Auswerteeinrichtung (18) ferner dazu ausgebildet ist, bei einer Überprüfung auf Erfüllung des vorbestimmten Frequenzkriteriums (S3) eine Fahrzeuglängsgeschwindigkeit und/oder eine Drehgeschwindigkeit des betreffenden Rades (3) zu berücksichtigen.

10. Verfahren zur Ermittlung wenigstens eines, eine Abmessung eines Reifenlatsches an einem Reifen (1) eines Rades (3) eines Fahrzeuges charakterisierenden Reifenlatschparameters (L), umfassend: Aufnehmen eines von einer mechanischen Reifenbelastung an einer vorbestimmten Messstelle (16) am Reifen (1) abhängigen Sensorsignals (Us) mittels eines Sensors (14) eines an dem Reifen (1) angeordneten Sensormoduls (12), Auswerten des aufgenommenen Sensorsignals (Us) und darauf basierendes Bereitstellen von Daten (D) mit wenigstens einem Datenelement, welches wenigstens einen, einen Durchgang der Messstelle (16) durch den Reifenlatsch charakterisierenden Zeitpunkt im Sensorsignal (Us) angibt, mittels einer von dem Sensormodul (12) beinhalteten ersten Auswerteeinrichtung (18),

Berechnen des Reifenlatschparameters (L) durch Auswerten der von der ersten Auswerteeinrichtung (18) bereitgestellten Daten (D), mittels einer zweiten Auswerteeinrichtung (34),

wobei mittels der ersten Auswerteeinrichtung (18) ferner eine Analyse des Sensorsignals (Us) anhand wenigstens eines vorbestimmten Bewertungskriteriums betreffend die Signalqualität des Sensorsignals (Us) erfolgt, um eine die Signalqualität (Us) des Sensorsignals charakterisierende Qualitätsinformation bereitzustellen, wobei als bei der von der ersten Auswerteeinrichtung (18) durchgeführten Analyse verwendetes Bewertungskriterium für die Signalqualität des Sensorsignals (Us) vorgesehen ist, dass ein mittels Frequenzanalyse gewonnenes Frequenzspektrum des Sensorsignals (Us) wenigstens ein vorbestimmtes Frequenzkriterium (S3) erfüllt.

11. Verwendung eines Systems (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 9 und/oder eines Verfahrens nach Anspruch 10 für eine Charakterisierung und/oder Erkennung von Fahrbetriebsumständen, insbesondere

- Beschaffenheit eines von dem Fahrzeug befahrenen Untergrundes, insbesondere Schlechtweg,
- Unwucht am betreffenden Rad (3) des Fahrzeuges,
- bei dem Fahrzeug montiertes Reifenzubehör, insbesondere Schneekette,
- Schlupf am betreffenden Rad (3) des Fahrzeuges,
- Aquaplaning,
- Radlast am betreffenden Rad (3) des Fahrzeuges,
- Reifenprofiltiefe des Reifens (1) an dem betreffenden Rad (3) des Fahrzeuges, und/oder
- korrekte Anordnung des an dem Reifen (1) angeordneten Sensormoduls (12).

12. Computerprogrammprodukt aufweisend einen Programmcode, der, wenn auf einer programmgesteuerten ersten Auswerteeinrichtung (18) in einem System (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 9 ausgeführt, zumindest alle mittels dieser ersten Auswerteeinrichtung (18) gemäß Anspruch 10 durchzuführenden Schritte durchführt.

13. Fahrzeug, ausgestattet mit einem System (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 9.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

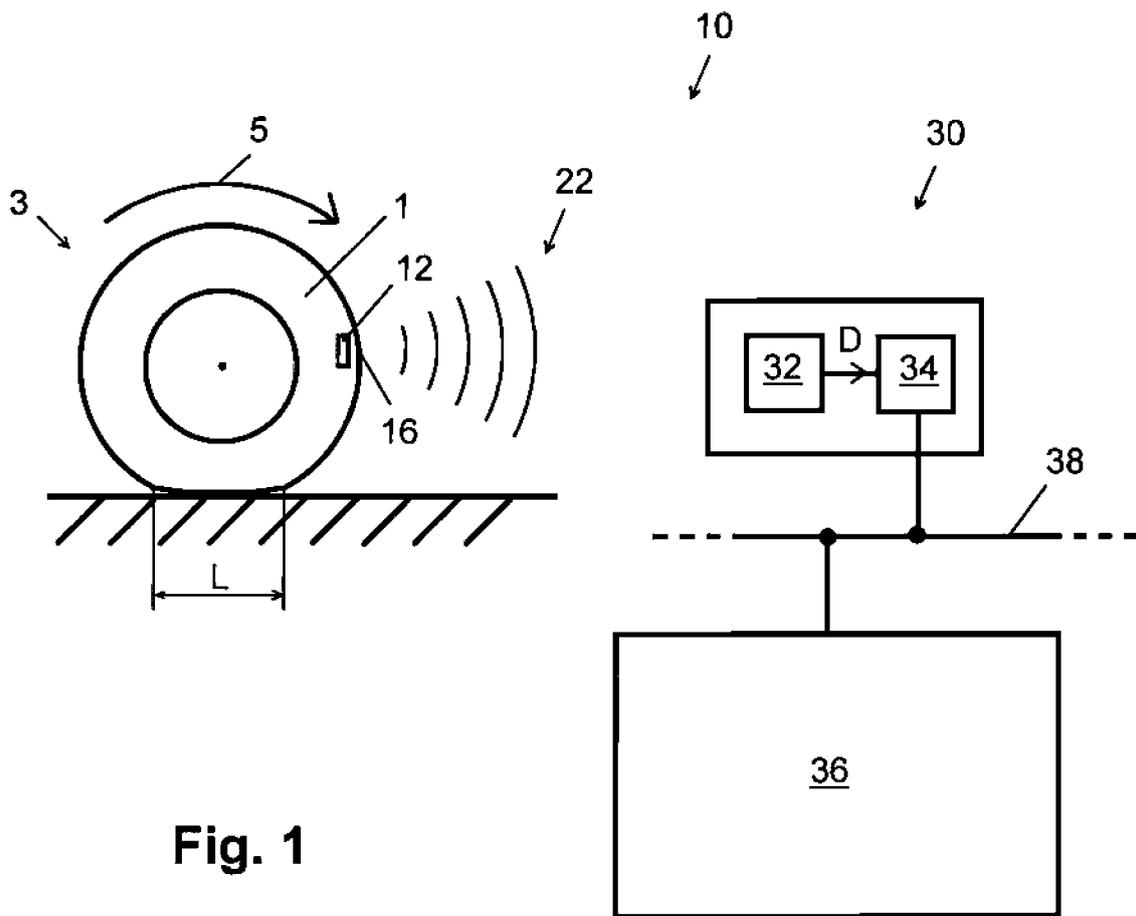


Fig. 1

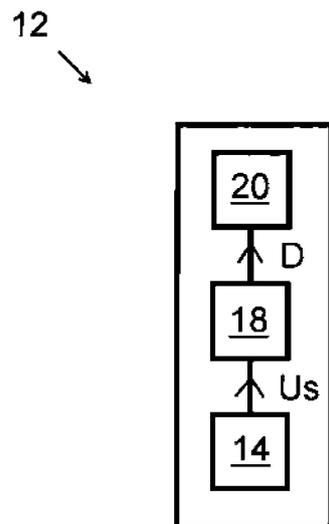


Fig. 2

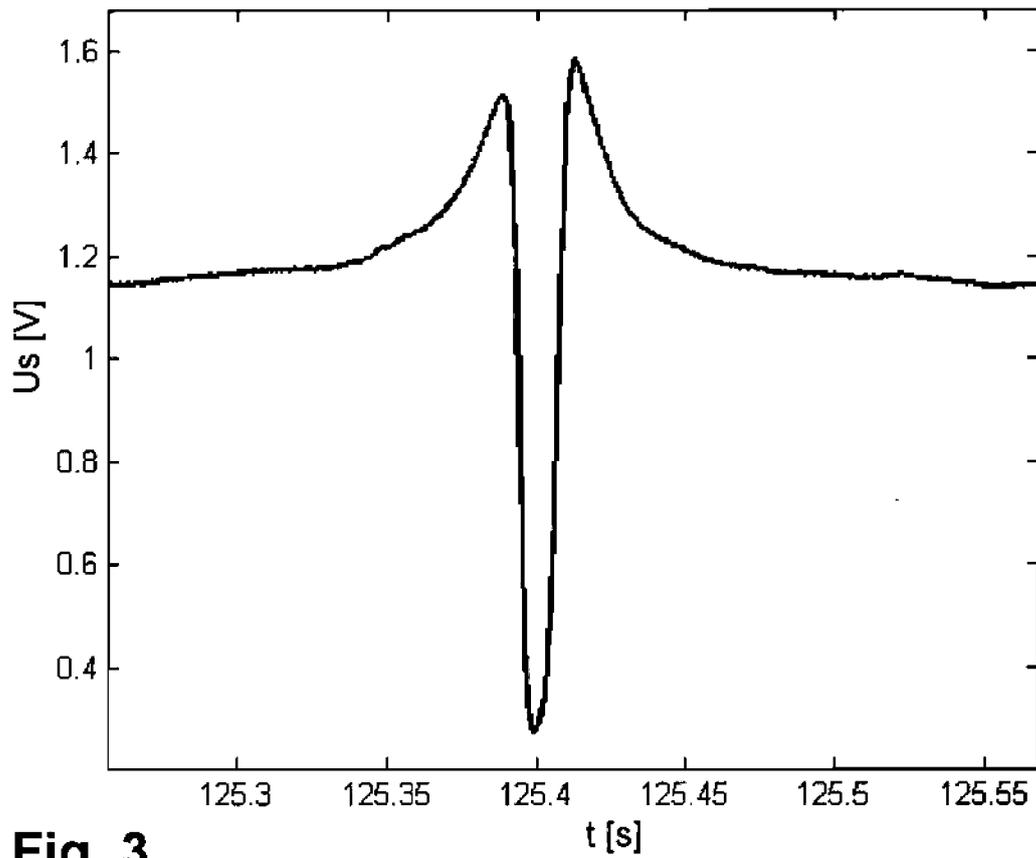


Fig. 3

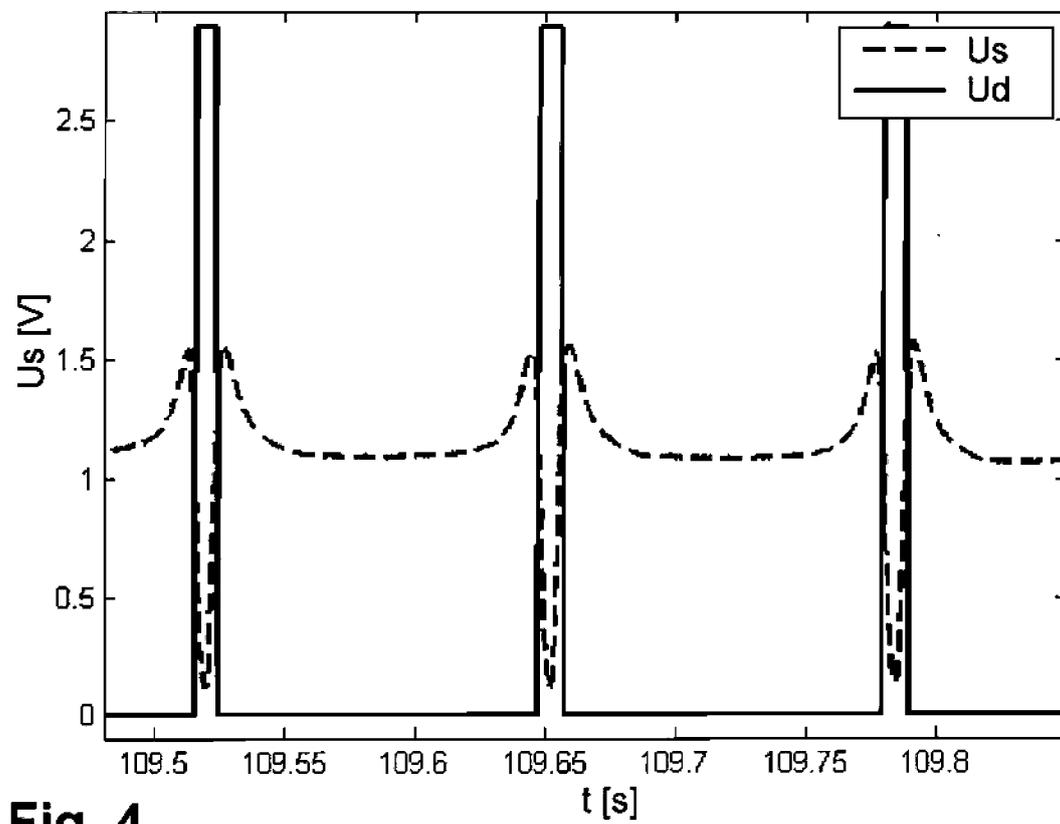


Fig. 4

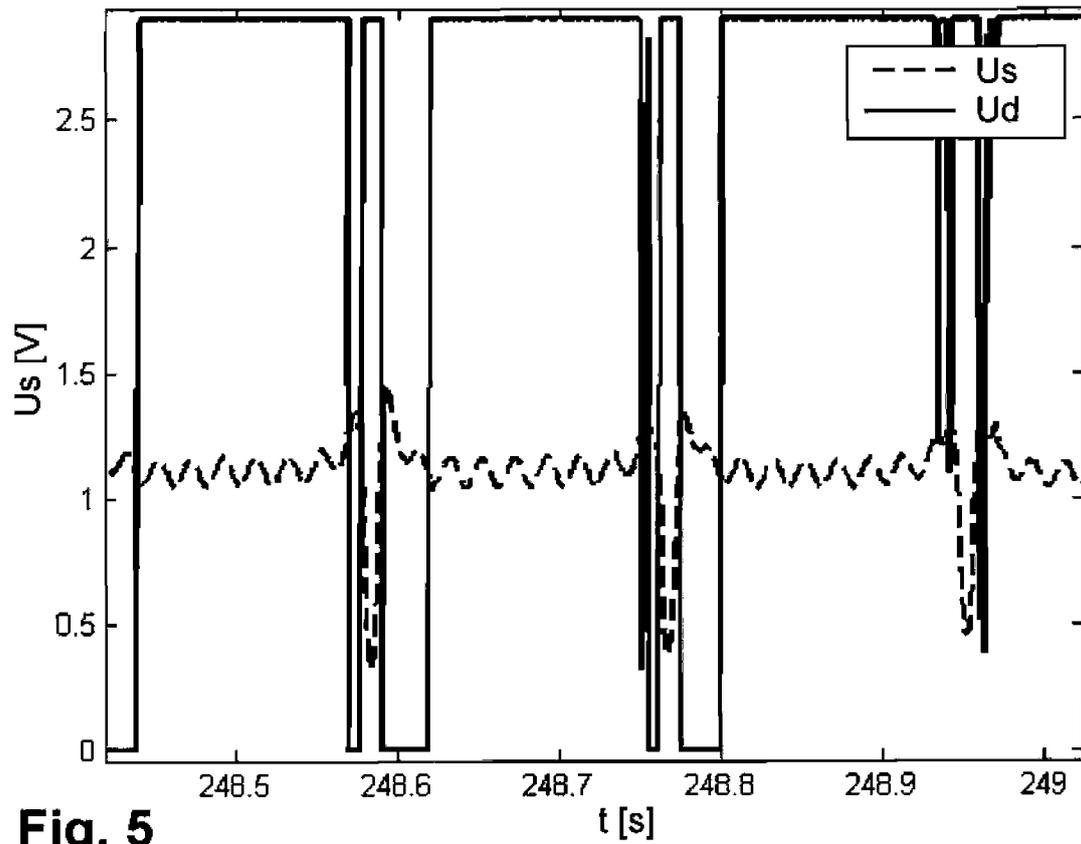


Fig. 5

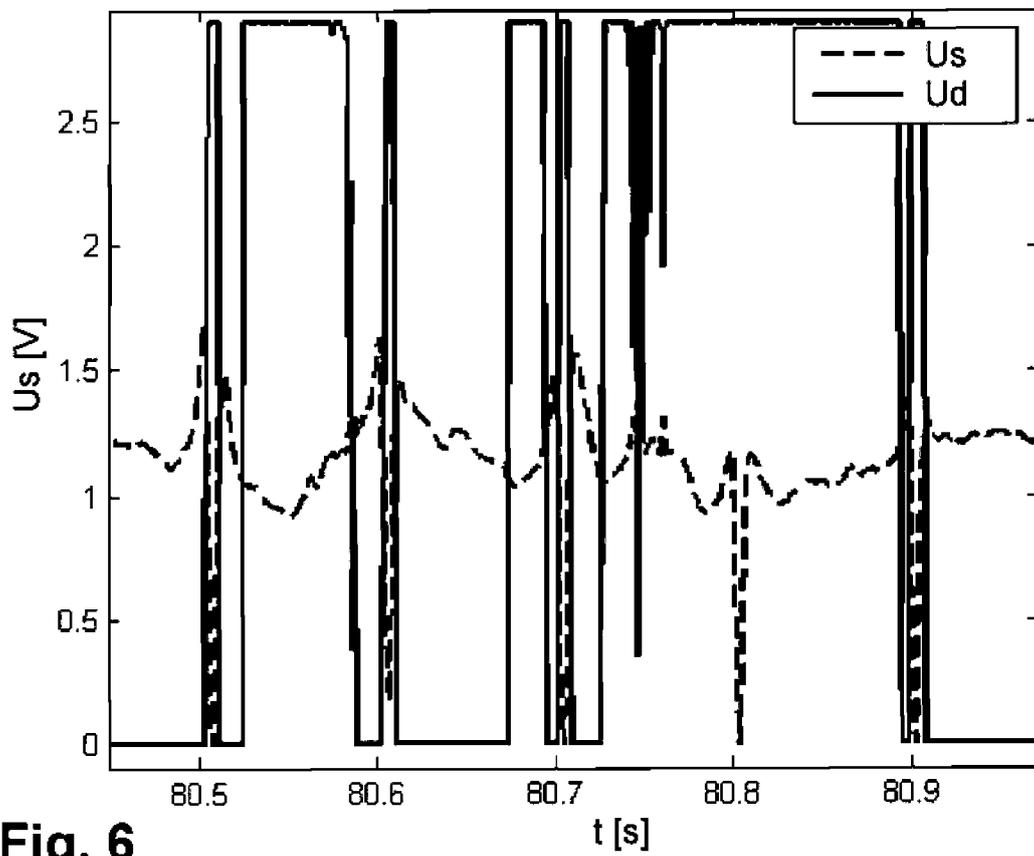


Fig. 6

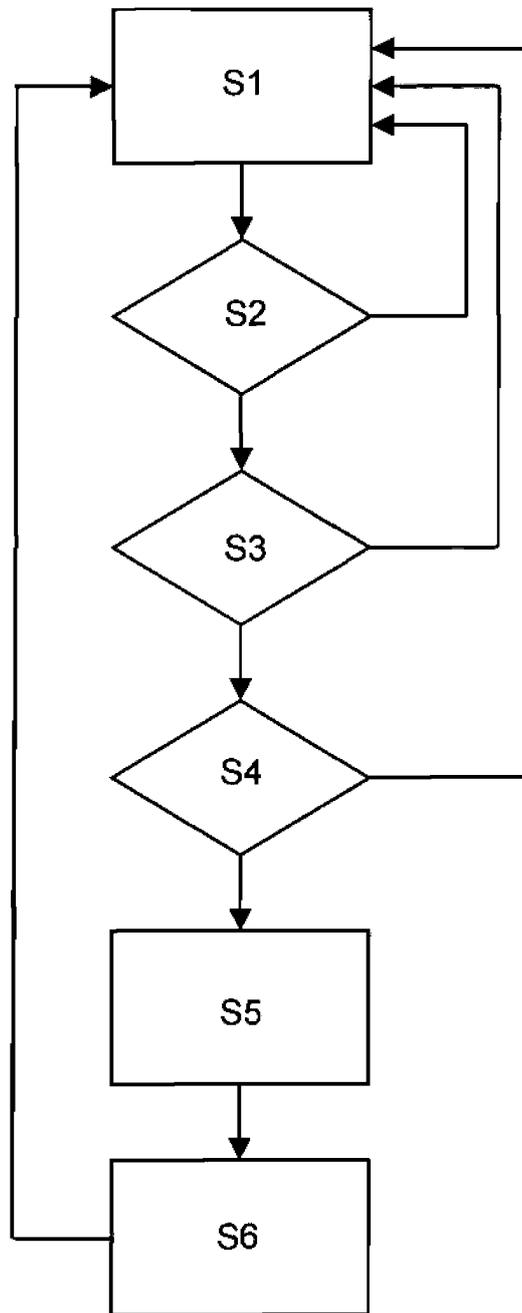


Fig. 7

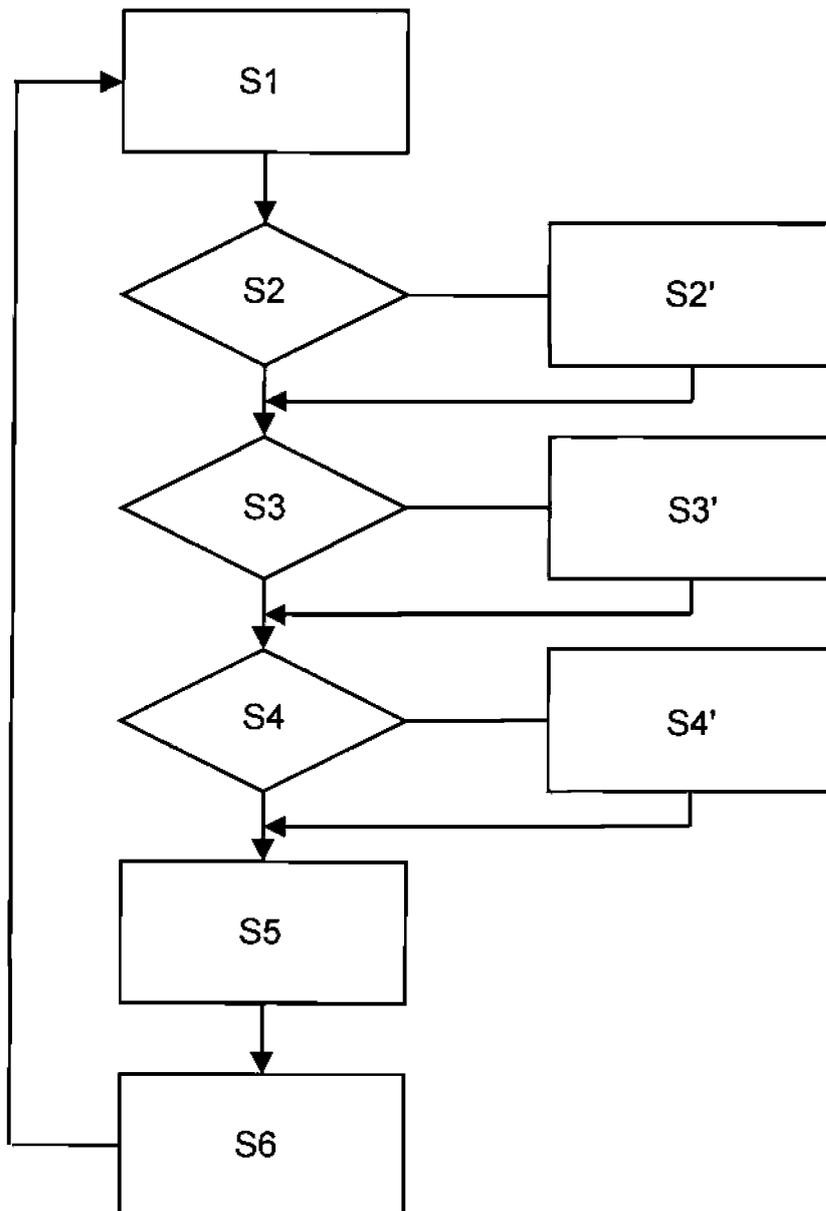


Fig. 8